

TARTU ÜLIKOOL
MATEMAATIKA-INFORMAATIKA TEADUSKOND
Matemaatilise statistika õppetool

Snežana Ševtsova

EESTI HOBUSTE TÕURAAMATU ANDMETE ANALÜÜS

Bakalaureusetöö

Juhendaja Tanel Kaart

TARTU 2008

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Eesti hobune ja tema aretus	4
1.1. Eesti hobuse ajalugu	4
1.2. Eesti hobuse aretus	5
1.3. Tõuraamat	6
1.4. Eesti hobuste tõuraamatu andmebaas	6
1.4.1. Vigade parandus täkkude andmetes	7
1.4.2. Vigade parandus märade andmetes	8
1.4.3. Vigade parandus ühises andmetabelis	8
2. Eesti hobuste fenotüüp	10
2.1. Kehamõõtmed	10
2.2. Mõõtmed andmebaasi alusel	11
2.2.1. Hobuste arvu ja kehamõõtmete analüüs	11
2.2.2. Täkkude ja märade kehamõõtmete võrdlus	14
2.3. Värvus	17
2.3.1. Värvuse muutumine ajas	20
3. Eesti hobuste geneetiline analüüs põlvnemisandmete alusel	21
3.1. Sugulus- ja inbriidingukoefitsient	21
3.1.1. Suguluskoefitsient	21
3.1.2. Inbriidingukoefitsient	22
3.2. Põlvnemisandmete haldamise ja analüüsimise tarkvara Pedigree Viewer	22
3.3. Eesti hobuste tõuraamatu sugupuuandmete analüüs	25
3.3.1. Eesti hobuste sugupuu	25
3.3.2. Inbriiding eesti hobuste populatsioonis	27
4. Tänapäeval kasutatavad olulisemad täkuliinid	30
4.1. Kehamõõtmed erinevates liinides	30
4.1.1. Turja kõrgus	31
4.1.2. Rinna ümbermõõt	31
4.1.3. Kämbla ümbermõõt	32
4.2. Värvuse erinevus liinides	32
4.3. Täkuliinide omavaheline sugulus ja inbriiding	33
Kokkuvõte	35
Summary	37
Lisa. Erinevatesse liinidesse kuuluvate täkkude ja märade kehamõõtmed	38
Kasutatud kirjandus	40

Sissejuhatus

Eesti tõugu hobune kuulub põhja metsahobuste rühma. Ta on hästi kohanenud siinsete söötmis- ja pidamistingimustega ning paistab silma vähenõudlikkuse, hea söödakasutuse ja vastupidavuse poolest. Eesti hobune on kuulus suhteliselt suure veojõu ja kiiruse poolest.

Hobuse väärtuse hindamise üheks aluseks on tema välimik. Tüübilt kuulub eesti hobune sammuhobuste rühma. Eesti hobune on madalajalgne, pika kere ning kuiva ja tugeva kehaehitusega. Suuruselt sobib ta poniklassi. Värvuselt on eesti hobused enamasti kõrvid, raudjad ja mustad. Tema selga ehib tihti tume jutt. Eesti hobuse iseloom on elav, elurõõmus ja asjalik. Ta on energiline ja hea liikumisega, stabiilne ja kergesti alluv.

Eesti hobune on nii põllumajandusloom kui ka osa bioloogilisest mitmekesisusest ja meie kultuuripärandist. Just nimelt bioloogilise mitmekesisuse säilimiseks on hädatarvilik säilitada oma asukohamaa oludega kohanenud aborigeenseid tõuge.

Väikesearvulise, hea kuulsuse ja omadustega eesti hobuse tõu säilitamiseks ning sihikindlaks aretuseks on vajalik kirjeldada tõu eripärasid, uurida eesti hobuse kehaehitust, mõõtmeid, värvust ning nende tunnuste soolisi erinevusi ja muutumist ajas.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on kirjeldada eesti hobuse eksterjööri, analüüsida eesti hobuste värvust, esitada tunnuste soolised erinevused ning nende muutumine ajas. Peale selle võrrelda tänapäeval kasutatavate olulisemate liinide hobuste mõõtmeid ja värvust ning uurida täkuliinide omavahelist sugulust ja inbriidingut.

Bakalaureusetöö koosneb neljast osast.

1. Üldine eesti hobuse ajaloo ja aretuse kirjeldus, tõuraamatu ja selle elektroonilise andmebaasi olemuse tutvustus.
2. Eesti hobuste välimiku kirjeldus, värvuste analüüs.
3. Eesti hobuste geneetiline analüüs põlvnemisandmete alusel. Sugulus- ja inbriidingukoefitsiendi tutvustus.
4. Olulisemate täkuliinide omavaheline võrdlus.

Töö lähtematerjaliks on 2007. aastal eesti hobuste tõuraamatute baasil koostatud mahukas elektrooniline andmebaas. Lisaks sellele kasutati Eesti Hobusekasvatajate Seltsi poolt paberandjal välja antud Eesti hobuste tõuraamatut.

Andmete analüüsimiseks kasutati tabelarvutusprogrammi *Microsoft Excel* ning põlvnemisandmete haldamise ja analüüsimise tarkvara *Pedigree Viewer*.

1. Eesti hobune ja tema aretus

1.1. Eesti hobuse ajalugu

Eesti hobune on iidse põlvnemisega tõug, mis on nii vana, et selle päritolu kohta puuduvad täpsed andmed, kuid teada on see, et eesti hobune oli tuntud juba enne-muistsetel aegadel.

Esimesed kirjalikud märkmed eesti hobuste kohta pärinevad 11. saj maade-uurijalt Bremeni Adamilt, kes tõstab oma reisikirjeldustes eestlasi esile rikkuse ja heade hobuste poolest (Põllumajandusministeerium, 2007).

Eesti hobune oli kõrgelt hinnatud Novgorodi ja Pihkva kaupmeeste hulgas, kes vedasid 12. saj eesti hobuseid Venemaale eelkõige kohalike hobuste tõu parandamiseks. Massiline väljavedu ja sõjaväe kehvemate hobuste väljavahetamine – mahajätmine sõdade ajal nõrgestasid eesti hobuse tõukoosseisu nii tugevalt, et 1414. aastal keelas Liivimaa Ordu hobuste väljaveo Eestist (VTA a).

Eestist pärit Kaasani ülikooli professor C. Blumberg kirjutas 1887. aastal oma raamatu „Eesti hobune” sissejuhatuses: „Niipalju on meil teada, et eestlastel 12. aastasajaks, s.o sel ajal, kui sakslased meie maale tulivad, palju häid hobuseid oli.” (Põllumajandusministeerium, 2007).

Ka Läti Hendrik kiidab oma kroonikas „Saaremaa hobuseid”: „Vanad eestlased ei läinud kunagi ilma hobuseta sõtta! Lätlased korraldasid eestlaste maadele sõjaretki, et viia saagina kaasa siinseid hobuseid.” (Põllumajandusministeerium, 2007).

Kuni 18. saj oli eesti hobune Liivi- ja Eestimaa talupoegade ainus hobusetõug. Oma tugeva veojõu, vastupidavuse ja vähenõudlikkuse tõttu omandas ta kuulsuse ka väljaspool Eestit (VTA a).

19. saj keskpaigast hakati pidama talupoegade hobuste sõidu- ja võimekus-võistlusi. Kuna seni oli otsustatud hobuste veojõu üle üksnes välimuse järgi, siis ei osatud arvatagi, et väikesel hobusel võib olla nii suur jõud. Toris sündinud kõrb täkk Vapsikas, kes oli 141 cm kõrge ja 401 kg raske, vedas 1865. aastal Riias munakiviteel 358 puudast ehk pea kuue tonnist koormat. Hea esinemise tõttu saadeti Vapsikas 1867. aastal tsaaririigi kulul Pariisi rahvusvahelisele näitusele, kus ta vedas koormat kaaluga 6160 kg. See koorem oli enam kui 15 korda raskem kui hobune ise! Selle vägiteoga teenis Vapsikas esimese koha ja auhinnaks hõberaha (Põllumajandusministeerium, 2007).

Eesti hobune on osa eestlaste rahvaloomingust, milles peegeldub ühelt poolt karm loodus, teisalt meie esivanemate hoolsus, püüdlikkus ja tarkus loomadega ümberkäimisel. Kõik see väljendub eesti hobuse tugevuses ning tema kujutamises nii esemetel kui rahvaluules.

1.2. Eesti hobuse aretus

Kohalikud tingimused on aastasade vältel kujundanud eesti hobuse tõu selliseks, nagu me tänapäeval teda tunneme. Ta on kasvult väike, elava loomuga, väle, vastupidav, vähenõudlik, pika ea ja suure sigivusega.

19. saj keskel, kui talude päriseks ostmisega tekkis vajadus tugevama veojõuga hobuste järele, kerkis päeva-korda Eesti kohaliku hobusetõu parandamine ja täiustamine. Teadliku hobusekasvatuse alguseks peetakse Eestis 1855. aastat, kui Liivimaa aadlikonvendi koosolekul tõstatati üles küsimus, kuidas päästa eesti hobust hävingust. Otsustati, et eesti hobuse säilitamiseks ja tema omaduste parandamiseks tuleb asutada hobusekasvandused. Aasta hiljem asutati Tori hobusekasvandus (Põllumajandusministeerium, 2007).

1921. aastal asutati Eesti Hobusekasvatajate Selts (tollase nimetusega "Eesti Maahobuse Kasvatajate Selts"), mille ülesandeks sai "eesti hobuse tõuparandamine puhtsugutuse põhimõttel kodumaa põllumajandusele ja oludele vastavaks hobusetõuks, hobusekasvatuse kultuuri tõstmine ja suguhobuste ostu ja müügi korraldamine" (VTA b). Samal aastal avati tõuraamat. Algas eesti hobuse sihikindlam aretamine. Iseseisvas Eestis aretati eesti hobuse baasil kaks uut kohalikku tõugu: tori ja eesti raskeveo hobune. Päevakorras oli eesti hobuse muutmise suuremaks ja tüsedamaks, hobune oli peamine veojõud põllumajanduses. Verelisamise eesmärgil otsustati kasutada suuremakasvulist soome hobust, kes on eesti hobusele sugulastõug (EHKÜ a).

Veojõu, kehakaalu ja kõrguse suurendamiseks toodi aastail 1921-1938 Soomest kokku 13 tätku, kellest väljapaistvamate liinide rajajaks kujunesid Vuhti 136 E, Taru 149 E ja Lari 23 E. Kohalikest, aborigeenise põlvnemisega täkkudest on tänaseni aretuses Ahti 228 E, Rospel 70 E, Taube 60 E ja Eni 8 E liin. Soome tække kasutati sisestavaks ristamiseks väga intensiivselt, mille tagajärjel suurenesid eesti hobuse mõõdud (VTA a).

1973. aastal alustati tõuaretusprogrammiga, mis määratles eesti hobuse aretusmeetodiks puhasaretuse. Kasutusele võeti araabia tõugu täkk Posol, kellega 1975. aastal alustati "veretilga" lisamist (VTA b).

1993. aastal määrati FAO klassifikatsiooni järgi eesti hobune kategooriasse „ohustatud tõug”. Seitse aastat hiljem 2000. aastal kanti eesti hobune kategooriasse „ohustatud-säilitav tõug” (VTA b). Tagamaks eesti hobuse püsimist Eestimaal, tema genofondi säilimist, selle hobusetõu teadvustamist ning väärtustamist, asutati 2000. aasta augustis Eesti Hobuse Kaitse Ühing. Ühing seisab eesti hobuse puhasaretuse eest, korraldab teabeüritusi ning koostab temaatilisi trükiseid (Põllumajandusministeerium, 2007).

2003. aastal kinnitati Eesti Hobusekasvatajate Seltsi üldkoosolekul eesti hobuse säilitus-aretusprogramm aastateks 2003-2010. Säilituse ja tõuaretuse eesmärk on kohaliku aborigeenise hobuse säilitamine koos sellele omase kindla põlvnemise, välimiku ja mitmekülgse töövõimelisusega (VTA c).

Tänapäeval, mil hobuse osatähtsus veoloomana põllumajanduses on muutunud olematuks, on hakatud teda aretama tagasi endiseks väikesekasvuliseks ja kergematüübiliseks. Eesti hobust kasutatakse üha enam meelelahutuslikul eesmärgil – ratsaspordikoolides, ratsaturismitaludes, vaba aja veetmisel (EHKÜ a).

1.3. Tõuraamat

1921. aastal alustati eesti tõugu hobuste tõuraamatu (*edaspidi "tõuraamat"*) pidamist. Tõuraamat on andmekogu, kuhu kantakse asjaomase tõu aretusprogrammis ettenähtud aretuslooma põlvnemise andmed, aretuslooma aretaja ja omaniku andmed ning aretuslooma jõudluse ja geneetilise väärtuse andmed koos tema eellaste nimetamisega (eRT, 2007). Tõuraamatut peab Eesti Hobusekasvatajate Selts, kes vastutab sissekannete eest. Tõuraamatut täidetakse ja algdokumente säilitatakse Eesti Hobusekasvatajate Seltsi büroos (EHS a).

Tõuraamat jaotatakse tõuraamatu põhiosadeks (*eeltõuraamat, tõuraamat ja peatõuraamat*) ning lisaks (*register*). Peatõuraamatu ja tõuraamatu osasse kantakse sugulises kasutuses olevad täkud ja märad. Tõuraamatu erinevatesse osadesse kantakse hobused, kes vastavad antud osa nõuetele (EHS b).

Tõuraamatu põhiosa jaguneb:

- täkkude peatõuraamat ja tõuraamat;
- märade peatõuraamat ja tõuraamat;
- eeltõuraamat (EHS b).

Tõuraamatu eeskirjade kohaselt peavad tõuraamatus olema iga hobuse kohta järgmised andmed:

- aretaja ja omaniku nimi ja aadress;
- sünniaeg, sugu, värvus ja märgised;
- individuaalnumber (nn tõuraamatunumber);
- vähemalt neli esivanemate põlvkonda;
- tõuraamatusse sissekandmise ja sissekannete muutuste otsused;
- väljamineku kuupäev ja põhjus;
- kõik teadaolevad jõudluskontrolli tulemused ja aretusväärtuse määramine;
- tõuaretusalane näitus ja toimumisaeg;
- tema järglaskond;
- DNA valem (soovituslik) (EHS a).

1.4. Eesti hobuste tõuraamatu andmebaas

2007. aastal koostas Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi magistrant Liina Lasn andmebaasi paber kandjail olevate eesti hobuste riiklike tõuraamatute baasil *Microsoft Exceli* failina (Joonis 1). Andmebaas on jagatud kahte

eraldi ossa – täkud ja märad. Iga hobuse kohta on esitatud nimi, tõuraamatunumber, sünniaeg, värvus, märgised, kehamõõtmed ja mõlema vanema nimi ja tõuraamatunumber. Kehamõõtmetest on teada turja kõrgus, rinna übermõõt ja kämbla übermõõt. Täkke on andmebaasis 784 ja märasid 3976.

Nagu „toorete“ andmestike puhul tavaline, ei olnud ka hobuste andmebaas korrektne, mistõttu tuli läbi viia hulga vigade parandusi ja täiendada andmeid analüüsimist hõlbustavate veergudega. Esmalt parandati leitud vead eraldi täkkude ja märade andmetabeleis. Seejärel moodustati kahest andmetabelist üks, mille käigus tekkisid uued korrigeerimist vajavad probleemid.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Täkud														
2	Jrk nr	Nimi	Nr	Sünni kp	värvus	erimärgised	Tk	Ru	Ku	isa nimi	ema nimi	nr			
3	1	Niks	1 E	01.01.1918	punane		146		20	teadmata		teadmata			
4	2	Mikk	2 E	01.01.1913	raudjas		153		21	teadmata		teadmata			
5	3	Poiss	3 E	01.01.1917	hall	märgisteta	141		18	teadmata		teadmata			
6	4	Halli	4 E	01.01.1918	hall	märgisteta	140		18	takk - tumehall		mära - must			i. Takk - must, e. Mära
7	5	Juss	5 E	01.01.1914	hall	märgisteta	139		18	Eesti takk - must-hall		Eesti mära - valge			
8	6	Poiss	6 E	01.01.1916	raudjas		142		18	Eesti takk		Eesti mära			
9	16	Juku	7 E	01.01.1916	must	märgisteta	136		19	Eesti takk		Eesti mära			
10	8	Eni	8 E	01.01.1910	punane		143		19,5	Eesti takk		Eesti mära			
11	9	Ägar	9 E	01.01.1941	punane	parem silm sõrasilm	136		19,5	Juku	16 E	Eesti mära			
12	10	Paavel	10 E	01.01.1919	punane		135		18	Eesti takk		Eesti mära			
13	11	Miku	11 E	01.01.1919	must		135		18	Eesti takk		Eesti mära			
14	12	Joki	12 E	01.01.1919	kõrb	must jutt seljal	146		19	Eesti takk		Eesti mära			
15	13	Aug	13 E	01.01.1920	tumeraudjas		139		18,5	Eesti takk		Eesti mära			
16	14	Aali	14 E	01.01.1920	raudjas		134		17	Eesti takk		Eesti mära			
17	15	Aeska-Juku	15 E	01.01.1920	tume-kollane		140		18	Eesti takk - kollane		Minni	136 E		
18	15	Juku	16 E	01.01.1911	helekõrb	must jutt seljal	142		19	Eesti takk		Eesti mära			
19	17	Liinan-Viisa	17 E	01.01.1914	punane	lakk ja saba heledad	148		20	Reipas	498	Liinu	282 IK		
20	18	Klepper	18 E	01.01.1918	kõrb		143		19	Eesti takk		Eesti mära			
21	30	Mihkel	19 E	01.01.1918	kõrb	valgeid karvu kuberna	151		19,5	Eesti takk		Eesti mära			
22	20	Sutt	20 E	01.01.1939	mustjaskõrb	märgisteta	138		19	Eesti takk		Eesti mära			
23	21	Kross	21 E	01.01.1918	raudjas	jutt seljal	141		18	Eesti takk		Eesti mära			
24	22	Santeri	22 E	01.01.1915	raudjas	lakk ja saba heledad	153			Patruuna	1114	Suoma	730 VSL		
25	23	Lari	23 E	01.01.1916	raudjas	lakk ja saba hall	152			Veiko	366	Liinu	362		
26	24	Hermes	24 E	01.01.1911	punane	linalakk	150			Veiko	661	Liina	390 HL		
27	25	Jim	25 E	01.01.1910	raudjas	märgisteta	150		20	Hippos	124	Hippa	115 IK		

Joonis 1. Eesti hobuste tõuraamatu andmebaasi ekraanipilt.

1.4.1. Vigade parandus täkkude andmetes

Täkkude andmetabelis esines vigu juba esimeses, järjekorranumbrite veerus (osad numbrid topelt, osad vahelt puudu). Kuna aga see veerg analüüsis ja loomade edasises identifitseerimises olulist rolli ei mänginud, jäi see nii, nagu ta oli. Nimede uurimisel jäid silma mõned täkud, kelle nime lahtrisse oli lisatud värvus. Et värvused on välja toodud eraldi tulbas, tuli see liigne info kustutada. Nii mõnelgi takul esines kaks nime, näiteks Põllu-Poiss või Vend Voitka. Nimede ühtluse huvides eeldati, et nimes tühikuid ei esine, seetõttu tühikud kustutati ja sidekriipsud ”-” asendati alakriipsudega ”_”.

Eesti hobuste tõuraamatunumbrid kujutavad enesest mitte arvulist suurust, vaid koodi hobuse numbrist ja tähest ”E” – näiteks 15 E. Tõuraamatunumbrite veerus esines 12 korral tõuraamatunumbri ees ülakoma, näiteks 1 E, mis oli andmesisestaja poolt trükitud garanteerimaks numbril õiget esitust *MS Excelis*. Probleem sai lahendatud lahtri formaadi muutmise ja üleliigsete ülakomade kustutamisega.

Kämbla übermõõt oli ühel takul absurdsest väike (2 cm), mis tuli kustutada. Samuti esines üks ülakomaga väärtus.

Kuna täku vanemate andmetele on eraldatud kaks veergu nime ja tõuraamatu-
numbri tarvis, siis ülejäänud info on lahtrisse "nimi" kuhjatud, näiteks on nimele lisatud
ka värvus. Kuigi taolisi lisaandmeid ei saa otseselt sisestusveaks lugeda, tuli need siiski
parandada, jättes nime-veergu alles üksnes hobuse nime. Täkkude isadel esines
mainitud juhtumeid vähem kui emadel. Analoogselt täkkude nimedega kustutati ka
täkkude vanemate nimedest tühikud ja asendati sidekriipsud alakriipsudega.

Kokku tuli täkkude andmetes parandada 165 viga.

1.4.2. Vigade parandus märade andmetes

Erinevalt täkkude andmetest olid märade andmetes järjekorranumbrid üldsegi puudu.
Nimedes tuli ette tühikute ja sidekriipsude asendamist. Märade tõuraamatunumbrite
puhul tuli parandada 24 esimest numbrit, kuhu oli lisatud punkt takistamiseks *MS Excelil*
tõlgendada neid koodi automaatselt kellaegadena. Probleemist vabaneti veeru
formaadi muutmisega.

Kehamõõtmete hulgas esines ülakomaga väärtuseid, samuti olid segi aetud
punktid ja komad. Üksikute vigade puhul oli võimalik vale väärtus õigega asendada,
näiteks rinna übermõõdu väärtuse 17,5 korral eeldati, et tegu on väärtusega 175.
Mõned vigased väärtused tuli aga lihtsalt kustutada. Näiteks Eesti Põllumajandus-
ülikooli Loomakasvatuseinstituudi aretusosakonna tudengi Hanna Tamsalu
magistriväitekirjast „Eesti hobuse välimik ja mõõtmed” (Tamsalu, 2001) nähtub, et
aastatel 1921-2000 oli eesti hobuste kämbla übermõõt vahemikus 17-19 cm. Seega
andmebaasis toodud kämbla übermõõdu väärtused 7, 7,5, 8, 30 ja 42 ei ole kuidagi
võimalikud ning need tuli kustutada.

Vanemate nime lahtris esines kahel juhul isa nimena "Eesti mära". Ema tulbas
oli kolm ema nimega "Eesti täkk". Teada olevate ema nimede hulgas oli 10%-l (183)
värvus teada. Nimede kirjaipildi ühtlustamiseks tuli eemaldada tühikuid ja asendada
sidekriipse.

Märade andmetes oli üllatavalt vähe vigu. Kokku leidsid parandamist 21 viga,
ülejäänud juhtumeid ei saa vigadeks lugeda.

1.4.3. Vigade parandus ühises andmetabelis

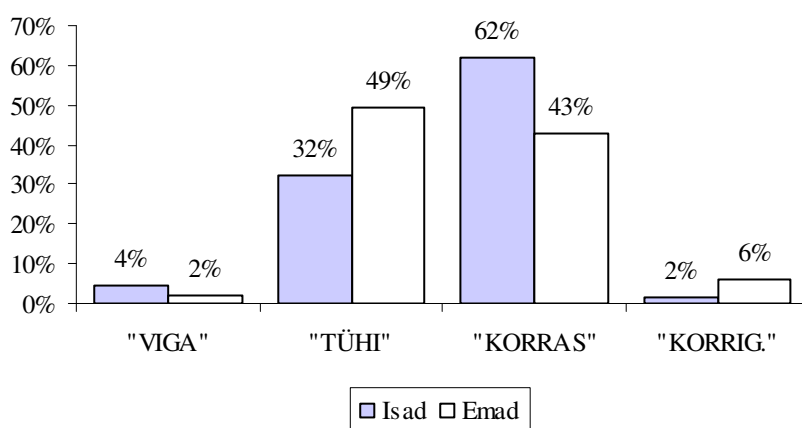
Täkkude ja märade andmetabelite ühendamine ja edasine analüüsimine tõi kaasa
andmete täiendava korrigeerimise ja mitmete täiendavate veergude lisamise. Näiteks
peetakse eesti hobuste tõuraamatus eraldi arvet täkkude ja märade üle, mistõttu saavad
mõlemat sugu hobuste tõuraamatunumbrid alguse koodist „1 E“. Andmete ühendamise
järgselt tekkis seega täiendav vajadus loomade üheseks identifitseerimiseks. Selleks
täiendati andmestikku uue tulbaga, kuhu ühendati looma tõuraamatunumber ja nimi
kujul "number_nimi", tekitades selliselt igale loomale omase kordumatu koodi. Lisaks

kaotati tühikud tõuraamatunumbris looma numbriga ja eesti hobust tähistava tähe „E“ vahelt.

Eristamiseks omavahel täkke ja märasid, lisati andmetabelisse veerg „sugu“, kus iga hobuse sugu tähistati tähtedega vastavalt M (*male*) ja F (*female*). Sünniajale lisaks tekitati eraldi tulp loomade sünniaastatega.

Kuna hobuste värvused olid andmetabelis esitatud väga erinevalt (näiteks märade tabelis esines 81 erinevat värvuse nimetust), tekkis vajadus need grupeerida. Kirjanduses esineb palju erinevaid värvuste liigitusi. Värvuste grupeerimisel võeti aluseks Eesti Hobusekasvatajate Seltsi poolt välja antud raamatu „Eesti hobuste tõuraamat, Märad 3160-3965“ (Eesti Hobusekasvatajate Selts, 2007) värvuste liigitus, milleks oli: albiino, hall, hiirjas, kimmel, kollane, kõrb, must, punane, raudjas ja võik, millele omaltpoolt lisati veel „muu“. Analoogne probleem tekkis ka hobuste erimärgistega, mida märadel esines näiteks 151 erinevas sõnastuses. Et eesti hobusele peetakse omaseks jutt seljal, sorteeriti käesoleva töö tarvis välja just need hobused, kellel oli jutt seljal. Kokku esines jutt 396 hobusel.

Analoogselt täkkudele ja märadele moodustatud kordumatutele koodidele tekitati originaalkoodid ka isadele ja emadele, ühendades tõuraamatu numbriga looma nimega. Selle tegevuse järgselt tuli välja veel hulk vigu isade ja emade nimedes ning tõuraamatunumbrites. Isade veerus oli 43 eesti takku, kes ise mingil põhjusel tõuraamatunumbrit ei omanud, aga kelle kohta oli tabelisse täiendava infona lisatud teave nende tõuraamatunumbri isade ja/või emade kohta. Hobuste põlvnemisandmete täielikkuse huvides lisati taolised takud andmetabeli lõppu. Kokkuvõttes oli hobuste lõpparv 4803. Isade tulbas oli vigu 4% ja 32% isadest oli teadmata. Emade tulbas oli 2% vigu ja 49% emadest oli teadmata (Joonis 2). Täiendavalt toodi eraldi veergudesse välja isade ja emade tõud ja värvused.

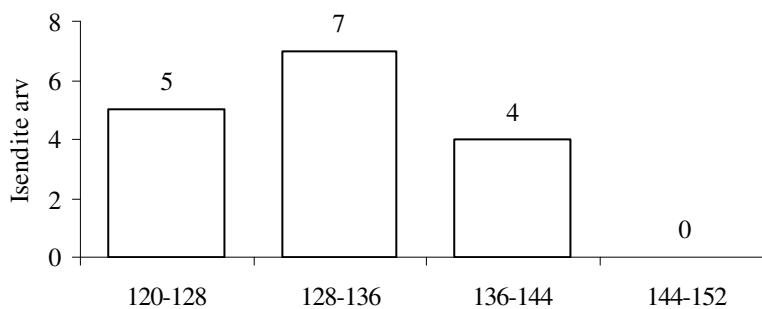


Joonis 2. Korrektuuride osakaal vanemate tulpades.

2. Eesti hobuste fenotüüp

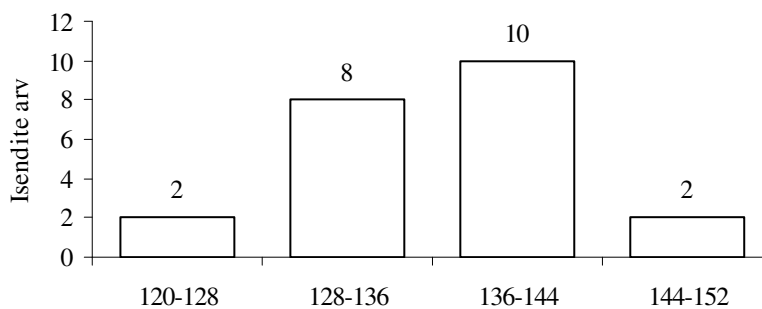
2.1. Kehamõõtmed

Eesti muinas- ja keskaegsete hobuste turja kõrguste kohta on andmeid suhteliselt vähe, siiski jääb mulje, et hobuste turja kõrgus on aja jooksul suurenenud. Joonis 3 näitab, et muinasaja lõpul oli enim hobuseid turja kõrgusega 128-136 cm (EHKÜ b).



Joonis 3. Hobuste turja kõrgused (cm) muinasaegsetes materjalides (EHKÜ b).

Jooniselt 4 on näha, et kuigi küllalt suur hulk keskaegseid hobuseid on turja kõrgusega 128-136 cm on suurima osakaaluga turja kõrguste vahemik 136-144 cm (EHKÜ b). Seega võib järeldada, et turja kõrgus on kasvanud.



Joonis 4. Hobuste turja kõrgused (cm) keskaegsetes materjalides (EHKÜ b).

Hilisema dateeringuga materjalides on antud turja kõrguse vahemikud (128-136 cm ja 136-144 cm) võrdselt esindatud. See ei pruugi siiski tähendada seda, et pärast keskaega oleks hobuste keskmine turja kõrgus uuesti vähenema hakanud, vaid on ilmselt põhjustatud sellest, et uuritud materjali kogus on olnud väga väike, segavaks teguriks võib olla osutunud ka erinevate luude kasutamine. Analoogetel põhjustel ei saa ka muinas- ja keskaegsete hobuste turja kõrgusi täiesti usaldusväärseteks pidada. Lisaks tuleb järelduste tegemisel arvestada asjaoluga, et osa luid, eriti need, mis on pärit keskaegsetest materjalidest, ei pruugi kuuluda eesti kohalikule hobusele, vaid võivad olla pärit sissetoodud loomadelt või nende otsestelt järglastelt (EHKÜ b).

Eesti tõugu hobuste säilitus- ja aretusprogrammi alusel on hobuste soovitusli-
kuks turja kõrguseks 138-148 cm. Kuigi otsesed nõudmised rinna mõõtudele puuduvad,
on soovituslikud omadused sügav ja lai rind ning kumer (VTA c).

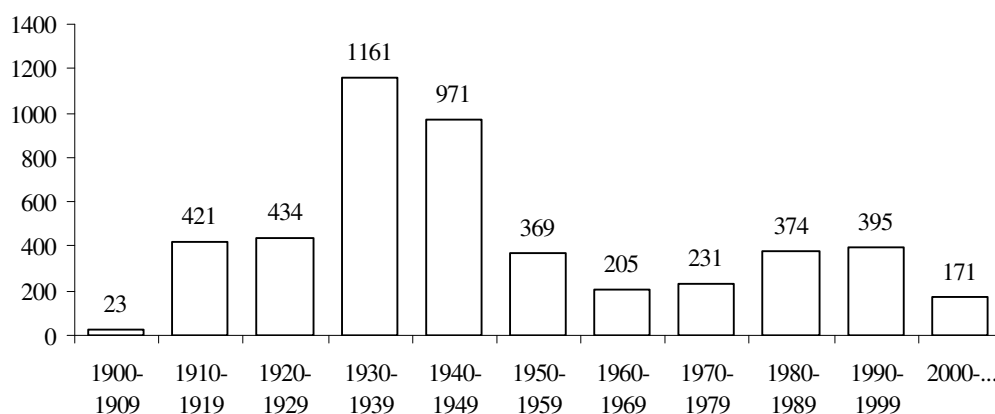
2.2. Mõõtmed andmebaasi alusel

2.2.1. Hobuste arvu ja kehamõõtmete analüüs

Andmebaasis on esindatud kolm hobuste kehamõõtu: turja kõrgus, rinna ümbermõõt ja
kämbla ümbermõõt. Järgnevalt uuriti, kuidas on need mõõdud ja ka lihtsalt hobuste arv
viimase 100 aasta jooksul muutunud. Parema ülevaate saamiseks grupeeriti hobused
sünniaasta järgi aastakümnete kaupa rühmadesse.

Hobuste arv

Joonis 5 kirjeldab tõuraamatusse kantud hobuste arvu muutumist sünniaastate lõikes.
Aastatel 1930-1949 oli sündinud suurim osa tõuraamatusse kantud hobustest, 1930.
aastatel vastavalt 1161 ja 1940. aastatel 971 looma. Peale seda toimus langus, mis oli
tingitud üldistest muutustest maaelus ja põllumajanduses. Vähehaaval on eesti hobuste
hulk suurenenud jälle alates 1980. aastatest.



Joonis 5. Tõuraamatusse kantud hobuste arvu muutumine sünniaastate lõikes.

Turja kõrgus

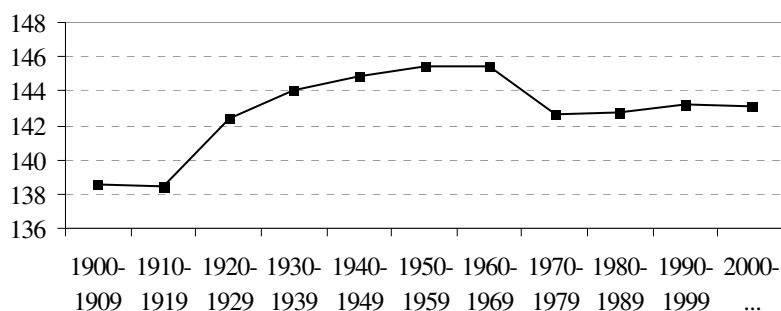
Teada on, et eesti hobune on väike. 19.sajandi allikad annavad eesti hobuse turja
kõrguseks 129,5-150 cm, sealjuures hobuse keskmiseks turja kõrguseks loeti 140 cm
(EHKÜ c). Andmebaasis oli turja kõrgus teada 97%-l hobustest, keskmine turja kõrgus
oli 143,4 cm. Sünniaastakümnete kaupa varieerus hobuste turja kõrgus vahemikus

138,3-148,5 cm. Seega on turja kõrgus 20. sajandil suurenenud võrreldes 19. sajandiga. Eesti hobuse tõu parandamiseks kasutatud väikesekasvuline šetlandi poni pärandas oma kasvu ka tõuraamatusse kantud järglastele, mistõttu on vähim andmetes esinev turja kõrgus kõigest 117 cm (Tabel 1).

Joonis 6 annab ülevaate igal aastakümnel sündinud hobuste keskmiste turja kõrguste muutumiste kohta. Nähtub, et hobuste turja kõrgus on võrreldes 20. sajandi alguse andmetega kasvanud. Aastatel 1900-1919 sündinud hobuste keskmised turja kõrgused olid vahemikus 138-139 cm, mis sarnaneb keskaegsetest materjalidest pärit hinnangutele toleaegsete hobuste turja kõrgustele. Tänu aretustegevusele alates 1920. aastatest kuni aastateni 1960 kasvasid mõõdud suuruseni 145 cm, seejärel toimus mõõtude märgatav vähenemine. Alates 1970. aastatest on turja kõrgus püsinud vahemikus 142-144 cm.

Min	117,0
Max	164,0
Mediaan	144,0
Keskm.	143,4
Std	5,1

Tabel 1. Turja kõrguse arvukarakteristikud.



Joonis 6. Hobuste keskmise turja kõrguse muutumine ajas.

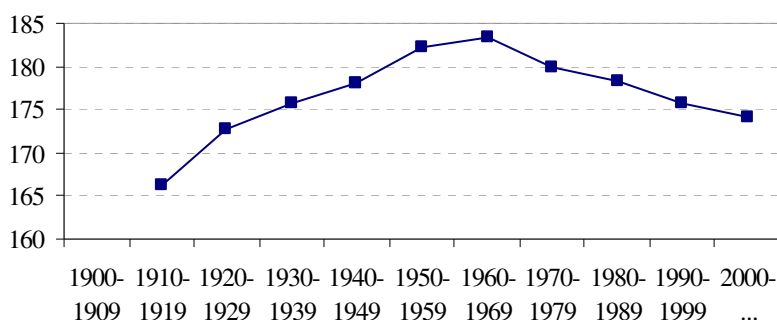
Rinna ümbermõõt

Hobuste rinna ümbermõõdule otsesed nõuded puuduvad. Eesti tõugu hobuste säilitus- ja aretusprogrammi kohaselt peaks rind olema sügav, lai ja kumera roietekaarega. Andmebaasi kantud hobustest oli rinna ümbermõõt teada 87% hobustel, keskmiseks rinna ümbermõõduks oli 177,3 cm (Tabel 2).

Joonis 7 annab ülevaate hobuste keskmistest rinna ümbermõõtudest aastakümnete kaupa. Aastatel 1900-1909 sündinud hobuste kohta andmed puudusid. Sarnaselt turja kõrgusega hobuste rinna ümbermõõdud suurenesid kuni 70.-ndate aastateni, olles maksimaalsed aastail 1960-1969 sündinud hobustel keskmiselt 183 cm. Alates 1970. aastatest võib märgata suuruse pidevat vähenemist. Viimaste aastate andmete kohaselt oli keskmine rinna ümbermõõt 174 cm.

Min	142,0
Max	228,0
Mediaan	177,0
Keskm.	177,3
Std	8,9

Tabel 2. Rinna
ümbermõõtude
arvkarakteristikud.



Joonis 7. Hobuste keskmise rinna ümbermõõdu muutumine ajas.

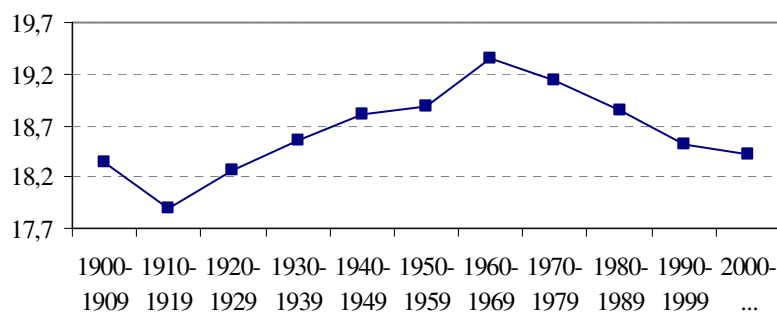
Kämbla ümbermõõt

Säilitus- ja aretusprogrammi kohaselt peaksid jäsemed soovitatavalt olema hästi musklis, kuivad, selgelt väljendunud liigestega. Soovitavaid kämbla ümbermõõdu väärtusi ei ole fikseeritud. Eesti hobuste tõuraamatu andmebaasi alusel oli hobuste keskmine kämbla ümbermõõt 18,6 cm, varieerudes vahemikus 13,8-22 cm (Tabel 3).

Joonis 8 iseloomustab hobuste kämbla ümbermõõdu muutumist ajas. Kui jätta välja möödunud sajandi esimesel kümnendil sündinud hobused (neist oli kämbla ümbermõõt teada ka vaid 13-1), siis on tendents analoogne turja kõrguse ja rinna ümbermõõdu muutumisega.

Min	13,8
Max	22,0
Mediaan	18,5
Keskm.	18,6
Std	1,0

Tabel 3. Kämbla
ümbermõõdu
arvkarakteristikud.

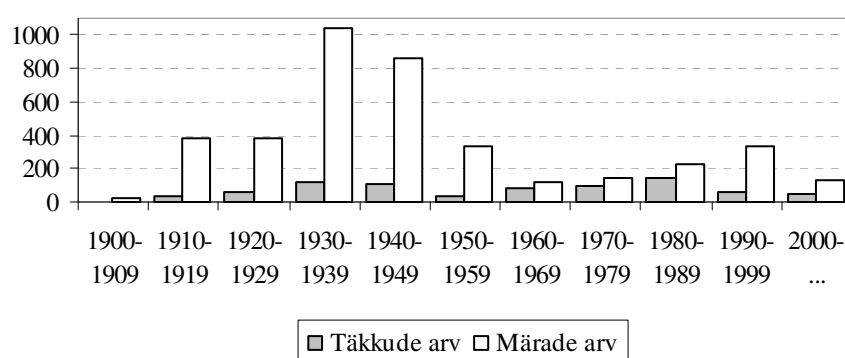


Joonis 8. Hobuste keskmise kämbla ümbermõõdu muutumine ajas.

2.2.2. Täkkude ja märade kehamõõtmete võrdlus

Hobuste arv

Joonis 9 illustreerib suurt erinevust täkkude ja märade arvus. Andmed aastatel 1900-1909 sündinud täkkude arvu kohta puudusid. Võrreldes märadega on täkkude arv olnud järjepidevalt üsna madal, kümnenäi jooksul on sündinud 34-122 täkku. Samas on märade arv muutunud hüppeliselt, kõikudes vahemikus 23-1039 sündinud mära kümnenäi kohta. Maksimum sündinud märade arvus saavutati aastatel 1930-1939.



Joonis 9. Täkkude ja märade arvu muutumine aastate lõikes.

Turja kõrgus

Läbi aegade on Eesti hobune jäänud stabiilselt väikehobuseks, kuigi juba 1953. aastal esitas O. Nuut oma töös “Hobuste aretuse alused Eesti NSV-s” järgmised eesti hobuse keskmised turja kõrgused:

täkkud: tk 146,0;

märad: tk 143,5 (Metsmaker, 2001).

Viimased mõõtmisandmed 2001. aastast (dots. H. Peterson, magistrant H.Tamsalu) näitavad, et eesti tõug on püsiva eksterjööriga:

täkkud: tk 144,2;

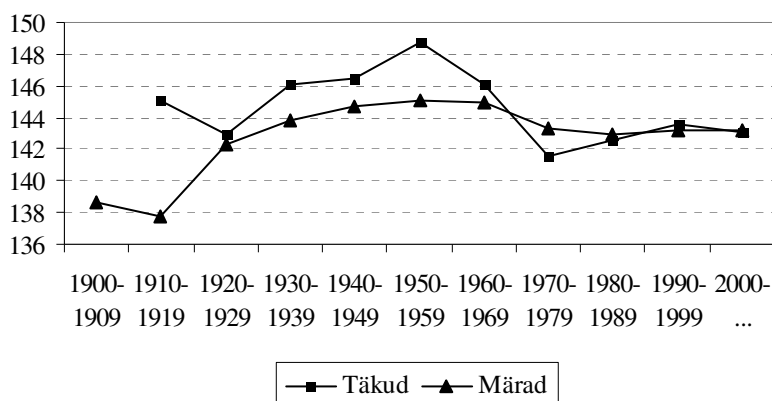
märad: tk 141,9 (Metsmaker, 2001).

Tabel 4 näitab, et uuritava ajavahemikul oli täkkude keskmine turja kõrgus 144,5 cm. Märade turja kõrgused varieerusid vahemikus 138,1-148,3 cm, keskmise väärtusega 143,2 cm.

Jooniselt 10 on näha, et täkkude keskmine turja kõrgus kasvas ajavahemikul 1920-1950, saavutades maksimumi 149 cm. Märade turja kõrgus on samuti aja jooksul suurenenud, kasvades 139 cm-lt 143 cm-ni. 2000. aastateks oli täkkude ja märade turja kõrgus ühtlustunud väärtuseni 143 cm.

Tabel 4. Turjakõrgusi iseloomustavad arvarakteristikud.

TK	Täkkud	Märad
Keskm.	144,5	143,2
Std	5,2	5,1



Joonis 10. Takkude ja märade keskmised turjakõrgused aastate lõikes.

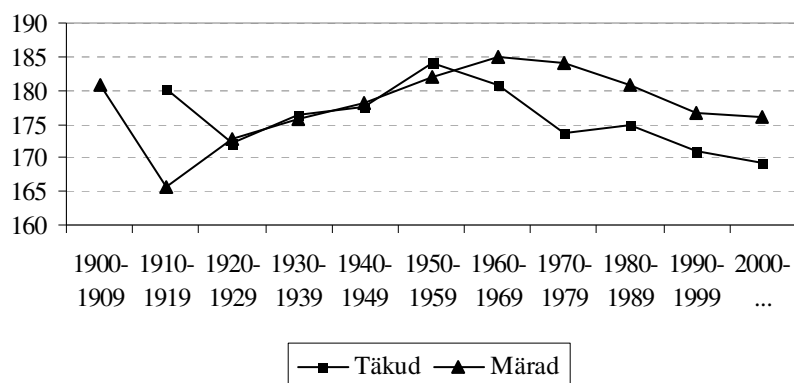
Rinna ümbermõõt

1950. aastatel oli täkkude rinna ümbermõõduks mõõdetud 175 cm ning märadel 172 cm (Metsmaker, 2001). Andmebaasis oli rinna ümbermõõt teada 91% täkkudel ja 87% märadel. Keskmise rinna ümbermõõt oli märadel suurem kui täkkudel – vastavalt 177,6 cm ja 175,9 cm. (Tabel 5).

Joonis 11 näitab, et kui aastatel 1910-1959 olid täkkude ümbermõõdud suuremad kui märadel, siis alates 1960. aastatest on märade rind laiem, võrreldes täkkude omaga. Märade vähim keskmine rinna ümbermõõt, 166 cm, oli aastatel 1910-1919 sündinutel, peale seda toimus mõõdu kasv. Täkkude rinna ümbermõõt on võrreldes 1950. aastatega vähenenud.

Tabel 5. Hobuste rinna ümbermõõte iseloomustavad arvarakteristikud.

RÜ	Täkkud	Märad
Keskm.	175,9	177,6
Std	9,0	8,9



Joonis 11. Täkkude ja märade keskmine rinna ümbermõõt aastate lõikes.

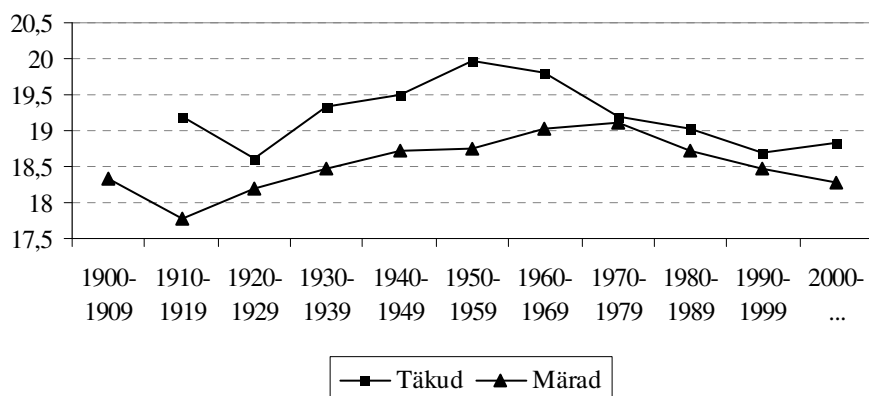
Kämbla ümbermõõt

2001. aastast pärinevate mõõtmistulemuste alusel oli kämbla ümbermõõt täkkudel keskmiselt 18,9 cm ja märadel 18,4 cm (Metsmaker, 2001). Andmebaasi andmetest leitud täkkude ja märade keskmised kämbla ümbermõõdud erinesid toodud väärtustest 0,7 cm võrra, olles vastavalt 19,2 cm ja 18,5 cm (Tabel 6).

Joonis 12 näitab, et üldiselt on täkkude kämmal jämedam kui märadel. Täkkude kämbla ümbermõõt suurenes ajavahemikul 1920-1959 väärtuseni 20 cm, peale seda toimus langus. Märade kämbla ümbermõõt suurenes ajavahemikul 1920-1979 väärtuseni 19,1 cm. 2000. aastatel sündinud täkkude ja märade keskmised kämbla ümbermõõdud olid vastavalt 18,8 ja 18,3 cm, mis vastavad üsna täpselt eelnevalt mainitud 2001. aasta mõõtmistulemustele (erinevus on vaid 0,1 cm).

Tabel 6. Kämbla ümbermõõtude arvarakteristikud.

KÜ	Täkkud	Märad
Keskm.	19,2	18,5
Std	1,0	1,0

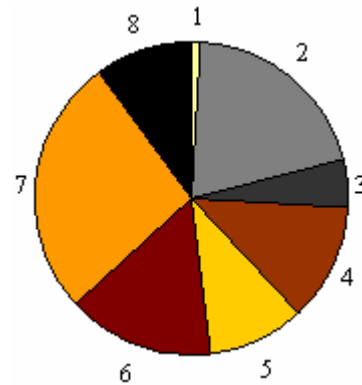


Joonis 12. Täkkude ja märade keskmine kämbla ümbermõõt aastate lõikes.

2.3. Värvus

Tõule omast värvust eesti hobusel ei ole. Keskmiselt 25,8% eesti hobustest on kõrvid, 20,5% hallid, 15,3% raudjad ja punased, 11,6% võigud, 11,1% mustad, 10,0% kollased, 5,3% hiirjad ja 0,5% albiinod. Aborigeense tunnuseks on eesti hobusel tume vööt seljal ja laudjal (VTA a).

1. Albiino (1%)
2. Hall (20%)
3. Hiirjas (5%)
4. Võik (12%)
5. Kollane (10%)
6. Raudjas (15%)
7. Kõrb (27%)
8. Must (10%)



Joonis 13. Värvuste osakaal tõuraamatu andmete põhjal (EHKÜ b).

Joonisel 13 on kujutatud Eesti Hobuse Kaitse Ühingu poolt avaldatud värvuste skaala, mis kirjeldab praeguste puhtatõuliste hobuste värvuste jaotumist. Joonis näitab, et enim levinud värv eesti hobustel on kõrb, 27%, sellele järgnevad hall ja raudjas, vastavalt 20% ja 15%. Esindatud on ka võik, must, kollane ja hiirjas värvus. Albiino värvus esineb vaid 1%-l eesti hobustel.

Eesti hobuste tõuraamatu andmebaasis oli värvus teada, 99% hobustel. Kuna erinevaid värvusi oli algandmetes veidi alla saja, siis grupeeriti andmed kümnesse enam levinud värvigrupi: albiino, hall, hiirjas, kimmel, kollane, kõrb, must, punane, raudjas ja võik. Peale selle tekitati lisaks värvusegrupp "muu", millesse kuulusid värvused põdrakarva ja kärlasinine.

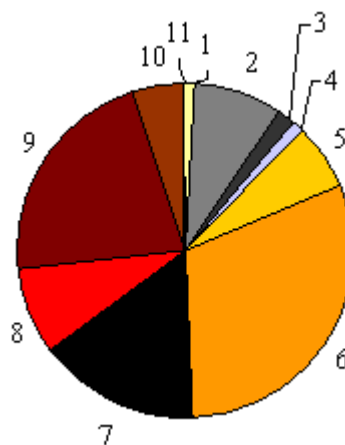
Tabel 7 näitab värvuste jagunemist kõikidel hobustel kokku ning täkkudel ja määradel eraldi. Kokku oli värvus teada 4739 hobusel. Enam levinud värvus eesti hobuste hulgas oli kõrb, mis oli omane 1433 hobusele, moodustades 30% kõikidest värvustest. Osakaalult teisel kohal oli raudjas värvus (22%). Musta värvust esines 727 tõuraamatu hobusel. Värvusegrupi "muu" alla kuulus vaid kaks värvust, mis esinesid vaid kahel määral, seetõttu oli ka esinemise osakaal ~0%.

Tabel 7. Värvuste jaotus.

Värvus	Kokku		Täkid		Märad	
	n	%	n	%	n	%
Albiino	58	1%	3	0%	55	1%
Hall	405	9%	72	9%	333	8%
Häärjas	80	2%	17	2%	63	2%
Kimmel	54	1%	8	1%	46	1%
Kollane	298	6%	61	8%	237	6%
Kõrb	1433	30%	192	24%	1241	31%
Must	727	15%	146	19%	581	15%
Punane	401	8%	67	9%	334	8%
Raudjas	1040	22%	177	23%	863	22%
Võik	241	5%	41	5%	200	5%
Muu	2	0%	0	0%	2	0%
Kokku	4739	100%	784	100%	3955	100%

Värvuste jagunemist kõigi hobuste hulgas kirjeldab järgnev joonis 14. Kui võrrelda andmebaasi andmete põhjal saadud värvuste jagunemist Eesti Hobuse Kaitse Ühingu poolt avaldatud andmetega (Joonis 13), siis võib näha küllaltki suurt sarnasust. Erinevusi on värvuste hall, raudjas ja võik osakaaludes. Samas võivad erinevused olla teatud määral tingitud erinevast värvuste gruppide arvust.

1. Albiino (1%)
2. Hall (9%)
3. Häärjas (2%)
4. Kimmel (1%)
5. Kollane (6%)
6. Kõrb (30%)
7. Must (15%)
8. Punane (8%)
9. Raudjas (22%)
10. Võik (5%)
11. Muu (0%)

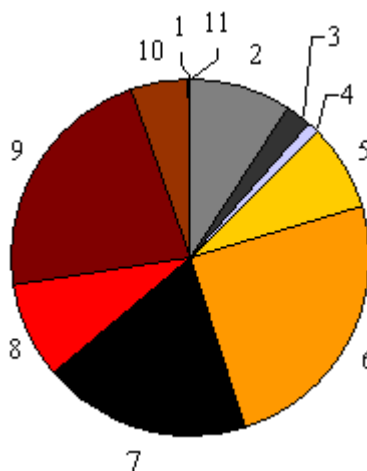


Joonis 14. Hobuste värvuste jaotus andmebaasi andmete põhjal.

Uurides täkke ja märasid eraldi, selgus, et täkkudest oli värvus teada kõigil, kui mitte võtta arvesse 43 andmete lõppu täielikuma põlvnemise huvides lisatud täkku, kellel värvus puudus. Seega esinesid puuduvad andmed vaid tõuraamatu märade värvustes.

Joonisel 15 on näha, et täkkudel esines kõige sagedamini kõrvi ja raudjat värvust, vastavalt 24% ja 23%. Samuti oli laialt levinud must värvus (19%). 784-st tõuraamatu täkust olid vaid kolm albiino värvusega.

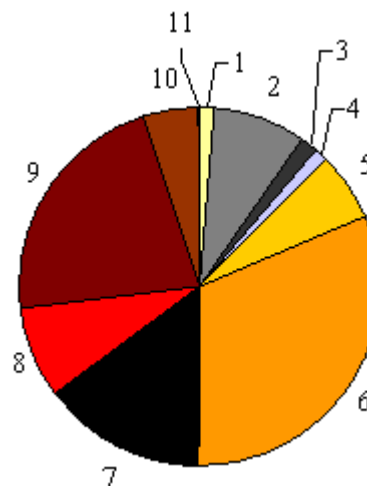
1. Albiino (0%)
2. Hall (9%)
3. Hiirjas (2%)
4. Kimmel (1%)
5. Kollane (8%)
6. Kõrb (24%)
7. Must (19%)
8. Punane (9%)
9. Raudjas (23%)
10. Võik (5%)
11. Muu (0%)



Joonis 15. Täkkude värvuste jaotus.

Märade värvusi analüüsid selgus, et vaid 1% märadel oli värvus teadmata. Samas on näha, et järgnev joonis 16 on peaaegu identne täkkude ja märade ühise värvuste jagunemise joonisega. Sarnasus tuleneb märade suurest arvust võrreldes täkkude arvuga. Värvus kõrb on märade hulgas ülekaalukalt enam levinud (31%). 3955-st teadaoleva värvusega märist 22% esindavad raudjat (863 mära) ning 15% musta (581 mära) värvust. Küllaltki haruldased on kimmel ja albiino värvus, kumbagi on andmebaasis vaid 1%. Kahel märial esinesid värvusegrupi "muu" alla liigitatud kärlasinine ja põdrakarva värvused.

1. Albiino (1%)
2. Hall (8%)
3. Hiirjas (2%)
4. Kimmel (1%)
5. Kollane (6%)
6. Kõrb (31%)
7. Must (15%)
8. Punane (8%)
9. Raudjas (22%)
10. Võik (5%)
11. Muu (0%)



Joonis 16. Märade värvuste jaotus.

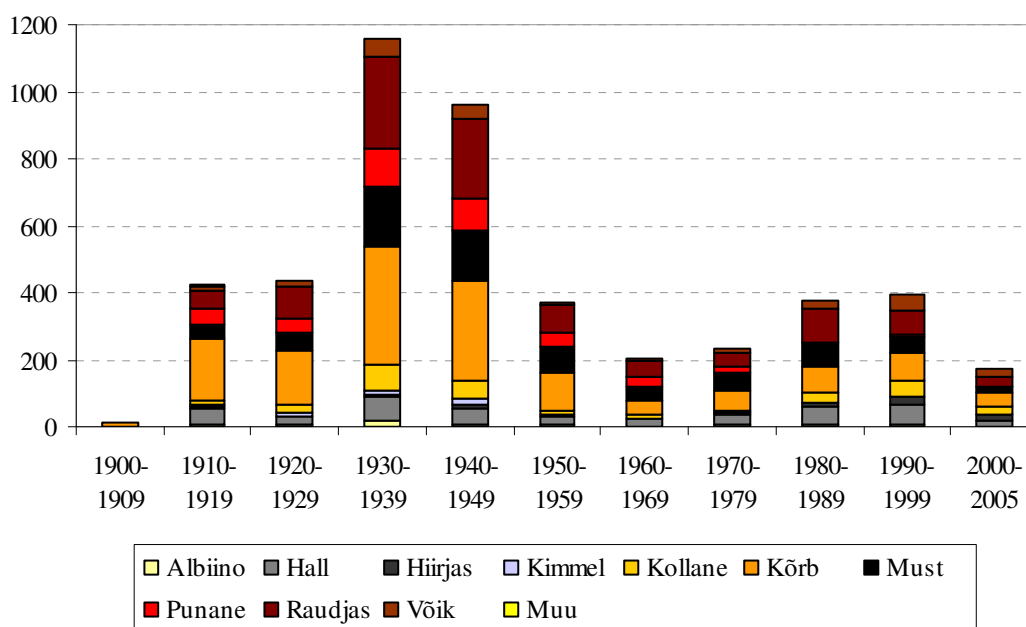
Eesti hobustele on iseloomulik tume jutt seljal. Andmebaasis esines taoline märgis 396 hobusel (so 8%).

2.3.1. Värvuse muutumine ajas

Nii sünniaeg kui ka värvus oli teada 98% hobustel. Kuna tõuraamatut hakati pidama alates 1921. aastast, siis on andmeid hobuste värvuste kohta sajandi algusaastatel minimaalselt. Aastatel 1930-1949 oli hobuste arv kõige suurem, mistõttu on neist aastaist ka enim andmeid värvuste kohta.

Jooniselt 17 on näha, et igal aastakümnel esines enim värvust kõrb. Kuni 1950. aastateni ei langenud sündinud hobuste hulgas kõrvide osatähtsus alla 31%. Näiteks sünniaastatega 1900-1909 tõuraamatusse kantud 13 hobusest olid tervelt 8 hobust kõrvide. Raudjas värvus on eesti hobuste hulgas samuti küllalt levinud, varieerudes aastate 1910-2005 jooksul vahemikus 13-27%. Kui möödunud sajandi keskel oli punane värvus veel eesti hobuste hulgas esindatud, siis viimastel aastatel esines seda aina vähem (alates 1980. aastast on tõuraamatusse kantud kõigest 4 punase värvusega hobust).

Üldiselt on näha, et kuigi eesti hobusel ei ole välja kujunenud päris kindlat nn oma värvust, on enam levinud siiski kõrb ja raudjas värvus.



Joonis 17. Hobuste värvuste muutumine ajas.

3. Eesti hobuste geneetiline analüüs põlvnemisandmete alusel

3.1. Sugulus- ja inbriidingukoefitsient

3.1.1. Suguluskoefitsient

Geneetilises suguluses olevaks loetakse need indiviidid, kellel on üks või mitu ühist eellast. Sellised indiviidid on genotüübilt sarnasemad (omavad rohkem samu allele¹) kui antud populatsiooni indiviidid keskmiselt, sest nende geenid pärinevad ühis(t)elt eellas(t)elt (Teinberg, 1978).

Kahe indiviidi X ja Y geneetilist sugulust mõõdab suguluskoefitsient e aditiiv-geneetilise suguluse kordaja a_{XY} , mis näitab nende indiviidide päritolult identsete alleelide² arvu proportsiooni kõigi alleelide arvuga võrreldes ehk päritolult identsete alleelide suhtelist sagedust.

Olgu indiviididel X ja Y üks ühine esivanem W , kusjuures põlvkondade arv W -st X -ni on n ja W -st Y -ni m . Arvestades, et tõenäosus pärida sama alleel kahaneb iga põlvkonnaga 2 korda, on tõenäosus, et ühiselt esivanemalt W hakkas päranduma sama alleel ja et see alleel on välja jõudnud indiviidideni X ja Y , esitatav valemiga

$$a_{XY} = (1/2)^{n+m}.$$

Näiteks sama isa aga erineva ema järglaste vaheline suguluskoefitsient avaldub kujul $(1/2)^{1+1} = 1/4$, sest kaugus ühisest esivanemast (isast) on mõlemal järglasel 1.

Kui ühiseid eellasi on indiviididel X ja Y mitu ja/või on sama alleeli pärandumine ühiselt eellaselt võimalik mitut teed (rada) mööda, tuleb kõik need võimalused arvesse võtta ka suguluskoefitsiendi arvutamisel. Et alleelide pärandumise näol on tegu sõltumatute sündmustega³, tuleb suguluskoefitsiendi arvutamisel kõikvõimalikud samade alleelide indiviidide X ja Y genotüüpi jõudmise variandid summeerida:

$$a_{XY} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{k_i} (1/2)^{nij+mij},$$

kus l tähistab indiviidide X ja Y ühiste eellaste arvu, k_i erinevate radade arvu indiviididest X ja Y ühise i . eellasi W_i , n_{ij} ja m_{ij} tähistavad lõikude (põlvkondade) arvu vastavalt indiviidide X ja W_i ning Y ja W_i vahelisel j -l rajal. Näiteks sama isa ja ema järglaste vaheline suguluskoefitsient avaldub kujul $(1/2)^{1+1} + (1/2)^{1+1} = 1/2$.

¹ alleel – geeniteisend, geeni esinemisvorm; üks kahest või mitmest alternatiivsest geenivariandist (Viikmaa, 2008).

² Kaks alleeli on päritolult identsed, kui nad on sama eellasalleeli keemilised koopiad, st replikatsioonid samast DNA molekulist, võibolla läbi vahepealsete DNA koopiate.

³ See, milline alleel pärandus vanemalt ühele järglasele, ei määra mingilgi määral seda, milline alleel pärandub teisele järglasele, ega ka seda, millised alleelid päranduvad teiselt vanemalt.

3.1.2. Inbriidingukoefitsient

Indiviidi inbriidingukoefitsiendiks (tähist. F) nimetatakse tõenäosust, et tema suvalises fikseeritud lookuses on alleelid päritolult identsed. See tõenäosus ei olene alleelidest ja lookusest, kuid oleneb sellest, missugustes sugulussidemetes on indiviidi eellased omavahel, sest sama alleel saab päranduda nii emalt kui ka isalt üksnes siis, kui leidub vähemalt üks ühine esivanem – ema ja isa on omavahel suguluses.

Üldine valem vanemate X ja Y järglase O inbriidingukoefitsiendi leidmiseks on järgmine (Teinberg, 1978):

$$F_O = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{k_i} (1/2)^{nij+mij+1} (1+F_{Wi}),$$

kus l tähistab indiviidi O vanemate X ja Y ühiste eellaste arvu, k_i erinevate radade arvu indiviididest X ja Y ühise i . eellaseni W_i , n_{ij} ja m_{ij} tähistavad lõikude arvu vastavalt indiviidide X ja W_i ning Y ja W_i vahelisel j -l rajal ning F_{W_i} on i . ühise eellase W_i inbriidingukoefitsient.

Võimalus, et ühise eellase genotüübi moodustavad alleelid on samuti päritolult identsed, on arvesse võetav ka suguluskoefitsiendi arvutamisel. Vastavalt definitsioonile on indiviidi inbriidingukoefitsient võrdne poolega tema vanemate vahelisest suguluskoefitsiendist, mille tõttu on indiviidide X ja Y vaheline suguluskoefitsient arvutatav valemist

$$a_{XY} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{k_i} (1/2)^{nij+mij} (1+F_{W_i}).$$

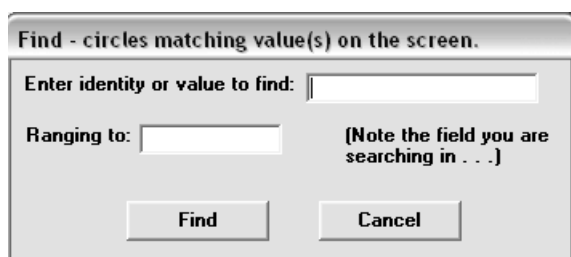
3.2. Põlvnemisandmete haldamise ja analüüsimise tarkvara Pedigree Viewer

Internetist tasuta alla laaditav programm *Pedigree Viewer* (Kinghorn, 2005) võimaldab väga mitmekülgset hallata ja ekraanil esitada nii suuri kui ka väikeseid sugupuid, arvutada indiviidide vahelisi suguluskoefitsiente ja hinnata dispersioonanalüüsi segamudelite abil aretusväärtuseid. Programmiga kaasneb ka lühike abifail.

Programmi tööks vajalik andmetabel peab kindlasti sisaldama kolme veergu järjekorras: 'Indiviid' - 'Isa' - 'Ema', millele võivad järgneda veel täiendavad uuritavaid indiviide iseloomustavad näitajad (sugu, vanus, pikkus jne). Indiviidid, isad ja emad peavad olema üheselt identifitseeritavad kas siis nime, numbriga või mingi koodi alusel. Ridade (indiviidide) järjekord andmetabelis on vaba. *Pedigree Vieweris* avatav andmetabel peab enesest kujutama fikseeritud veergude eraldajaga (koma, tühik jne) tekstifaili, milles kümnendkohtade eraldajana on kasutatud punkti ja mille nime laiend peab olema 'ped' – näiteks sobib faili nimeks 'hobune.ped'. Ka programmi töö tulemusena modifitseeritud andmetabel on salvestav kindla veergude eraldajaga tekstifailina.

Pedigree Viewer järjestab avatavas andmetabelis sisalduvad individid genealoogiliselt⁴, jagab nad generatsioonidesse ja kujutab sugupuud skemaatiliselt (vt näitena eesti hobuste sugupuu joonist 22 peatükis 3.3.1).

Üksiku indiviidi selekteerimiseks sugupuust on lihtsaim viis klikkida hiire parempoolse klahviga soovitud. Kombineerides omavahel klaviatuuri klahve 'Ctrl', 'Shift' ja 'Alt' ning hiire parem- ja vasakpoolset klahvi, on võimalik ekraanil kuvada ühe või mitme indiviidi erineva taseme sugulasi. Selekteeritud indiviidi vanemate, järglaste või kõigi 2. taseme sugulaste kuvamiseks vajalikud käsud on ka menüüdest valitavad. Suurte sugupuude puhul on andmeid konkreetse indiviidi hiirega klikkides valimiseks liiga palju, alternatiivina on võimalik sisse lülitada funktsioon, mis tõstab esile parajasti hiire kursoriga üle libistatava indiviidi nime või koodi, lisaks on võimalik lasta ka programmil enesel üles otsida teatud tingimusi rahuldavad individid (joonis 18).



Joonis 18. Huvipakkuvate (konkreetse nimega, sünniaastaga, sooga jne) individide otsimise aken programmis *Pedigree Viewer*.

Programmi menüürea all paikneva nupurea (Joonis 19) abil on võimalik muuta sugupuu paigutust ekraanil, teksti fondi suurust ning vanemaid ja järglasi ühendavate joonte kuju. Väga kasulik on kas siis kogu sugupuu või sellest välja valitud väiksema osa optimeerimise ehk nn korrastamise võimalus (Joonis 20). Võimalik on ka hiirega välja valitud sugupuu osa suurendamine ja vähendamine ning sugupuus iga indiviidi kohta vaikimisi kuvatava nime või koodi asendamine mõne teise väärtusega (näiteks võib skeemil kuvada iga indiviidi juures tema isa või sugu, kui viimane on andmestikus olemas).

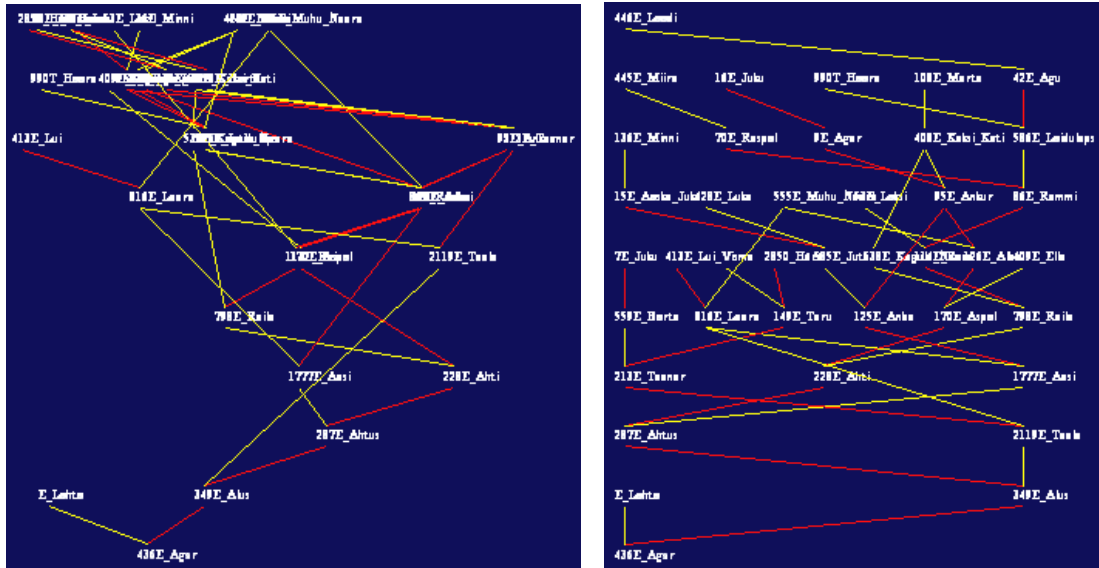
Menüüdest on täiendavalt valitavad andmete kontrollimise ja kokkuvõtliku statistika funktsioonid. Muuta saab teksti fonti ja joonise värvilahendust eraldi nii ekraanil kuvamiseks kui ka välja printimiseks.

Võttes arvesse kogu sugupuu andmed on võimalik välja arvutada mistahes kahe indiviidi vaheline suguluskoefitsient (Joonis 21), kõigi individide inbriidingukoefitsiendid ning aretusväärtused eelnevalt valitud tunnusele (nii aretusväärtused kui ka inbriidingukoefitsiendid lisatakse eraldi veergudena sugupuu aluseks olevasse andmetabelisse).

⁴ vanemad paiknevad eespool järglasi



Joonis 19. Programmi *Pedigree Viewer* menüü- ja nupuriba.



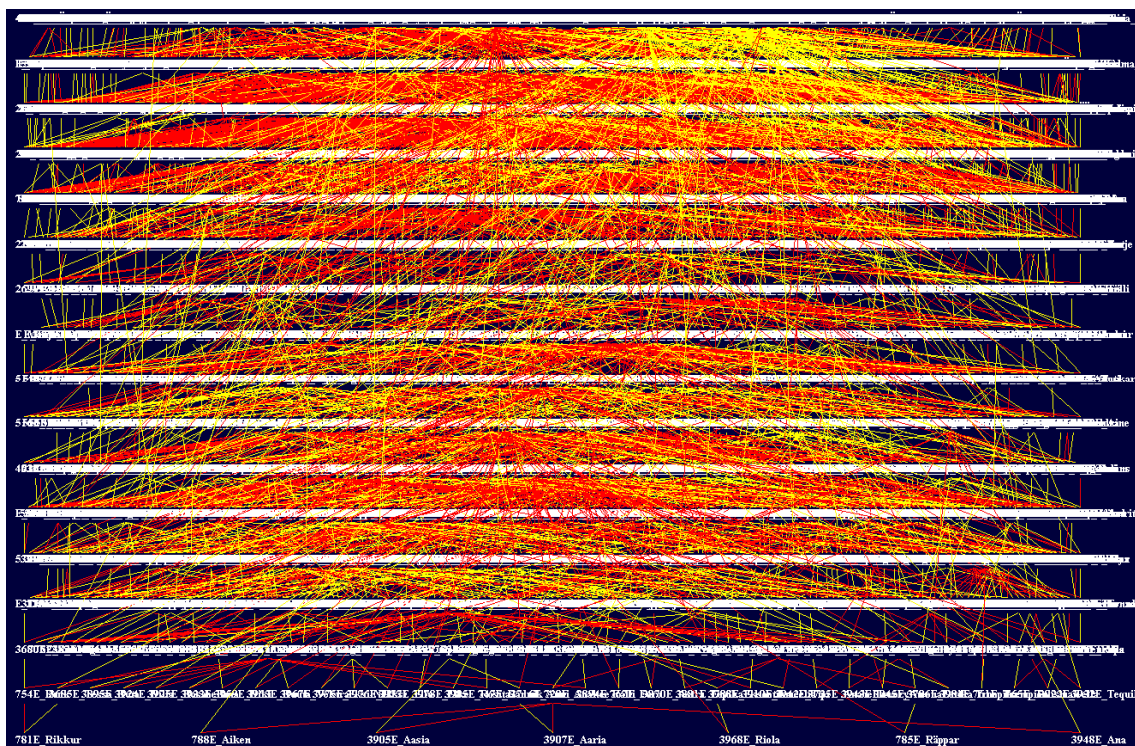
Joonis 20. Esialgne ja korrastatud sugupuu *Pedigree Vieweris*.

Joonis 21. Indiviidide vahelise suguluskoefitsiendi arvutamise aken.

3.3. Eesti hobuste tõuraamatu sugupuuandmete analüüs

3.3.1. Eesti hobuste sugupuu

Eesti hobuste sugupuu, välja joonistatuna programmi *Pedigree Viewer* abil kogu tõuraamatu andmebaasi alusel, on kujutatud joonisel 22. Kui esialgne andmebaas sisaldas kokku 4803 hobust, siis koos kõigi üksnes isade või emadena esinenud loomadega koosneb sugupuu 5384 hobusest. Nagu nähtub programmi *Pedigree Viewer* kokkuvõtlikust statistikast (Joonis 23), ei olnud antud andmebaasi loomadest tõuraamatusse kantud ja esineb üksnes ema rollis 517 mära ja üksnes isa rollis 64 takku. Kokku on andmebaasis järglasi 1322 märalt ja 450 takult. Kuna sugupuu välja joonistamisel jagunevad loomad 17-sse generatsiooni, on maksimaalne teadaolev eellaspõlvkondade arv hobuse kohta 16. Kõigist sugupuusse kantud loomadest on mõlemad vanemad teadmata 1992-l (so 37,0%), üksnes ema on teada 139-l ja üksnes isa 949-l hobusel. Mõlemad vanemad on teada 2303 hobusel (45,3%). Kõige vanemad registreeritud sünniaastaga hobused on sündinud 1900. aastal ja kõige nooremad 2005. aastal.



Joonis 22. Eesti hobuste sugupuu, kus punased liinid pärinevad isadelt ja kollased liinid emadelt.

Statistics ...				
Filename		C:\Pedigree Viewer\esthobu.PE2		
Number of records in file		4803		
Number of unlisted fathers		64		
Number of unlisted mothers		517		
Total number of fathers		450		
Total number of mothers		1322		
Maximum paternal family size		88		
Maximum maternal family size		67		
Total number of individuals		5384		

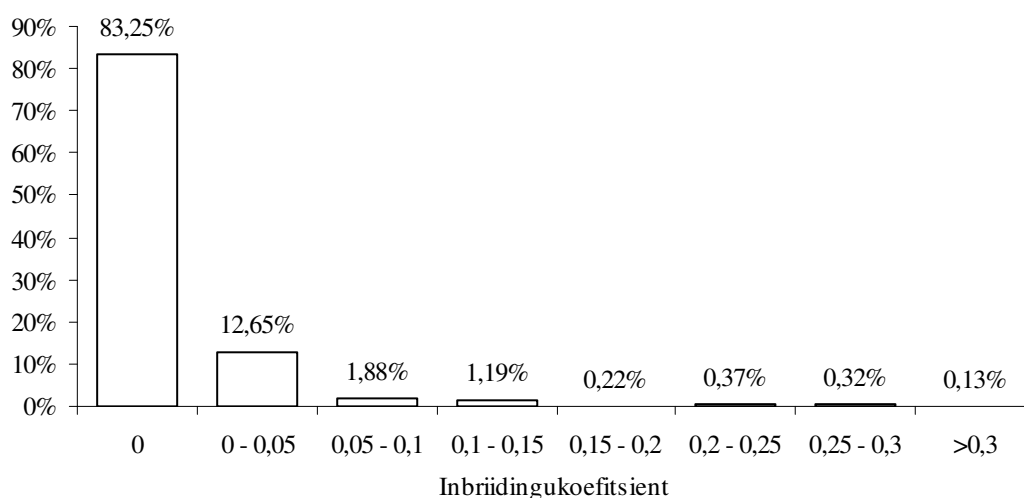
TIER	INDIVIDUALS	FIELD	MIN	MAX
1	1474	Sugu	0	1
2	403	Sünniaasta	1900	2005
3	570	v.grupp	0	1
4	660			
5	446			
6	277			
7	125			
8	127			
9	150			
10	162			
11	196			
12	255			
13	222			
14	189			
15	88			
16	33			
17	7			

OK

Joonis 23. Programmi *Pedigree Viewer* kokkuvõtlik statistika eesti hobuste andmebaasi kohta.

3.3.2. Inbriiding eesti hobuste populatsioonis

Inbriidingu uurimiseks eesti hobuste populatsioonis kasutati programmi *Pedigree Viewer*, mis väljastas igale hobusele inbriidingukoefitsiendi. Nagu arvata võis, oli suuremal osal hobustel (83%) inbriiding võrdne nulliga, mis näitab, et vastava hobuse esivanemad ei ole omavahel suguluses. Üle 0,1 oli inbriidingukoefitsiendi väärtus vaid 2,2%-l hobustest (Joonis 24). Keskmine inbriiding oli andmete põhjal 0,007.



Joonis 24. Eesti hobuste jaotumine inbriidingukoefitsiendi järgi.

Suurim andmetes esinev inbriiding on 0,39 täkul koodiga 426E_Esto. Joonisel 25 on kujutatud nimetatud täku põlvnemine skemaatiliselt, sama *Pedigree Vieweri* esituses pluss *Pedigree Vieweri* poolt arvatud ja esitatud inbriidingukoefitsiendid. Joonistest 25 (b) ja (c) nähtub ka, et *Pedigree Viewer* ei ole eriti sobilik omavahel ristatud lähisugulaste sugupuu kujutamiseks – mõistmine, kes on kelle ema või isa, nõuab joonise põhjalikumat uurimist.

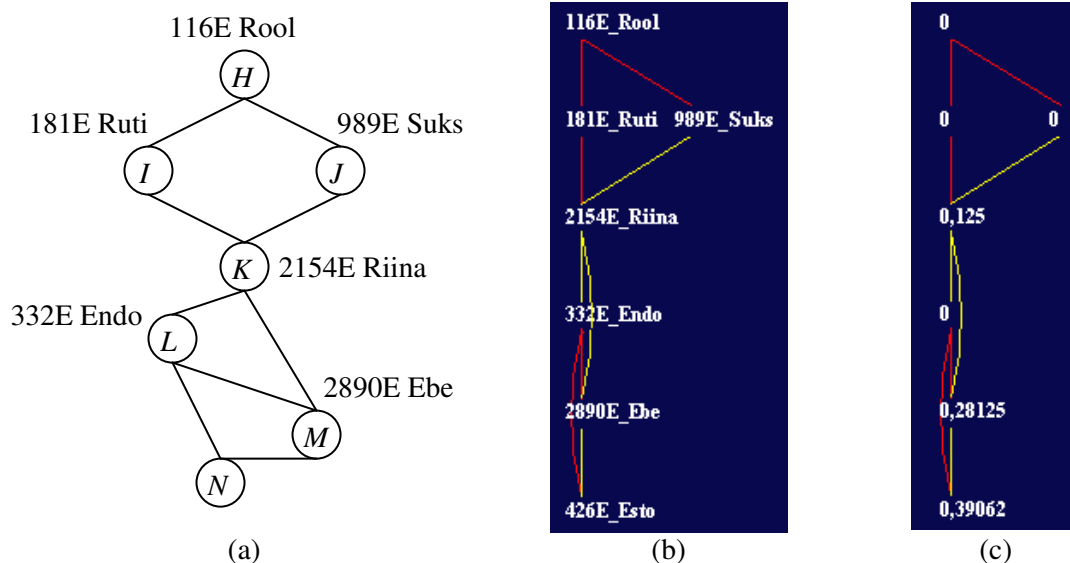
Illustreerimaks inbriidingukoefitsiendi arvutamist peatükis 3.1 toodud valemi abil, on mugav koondada arvutused tabelisse (Falconer, 1996). Võtame aluseks joonisel 25 (a) kujutatud sugupuu ja paneme kirja kõikvõimalikud hobuse N (426E Esto) vanemate vahelised rajad, radade pikkused $n + m$ ja ühise eellase inbriidingukoefitsiendid F :

Rada	n_i+m_{ij}	F_i	F_N liidetav
<i>LM</i>	1	0	$(\frac{1}{2})^2$
<i>LKM</i>	2	$F_K = \frac{1}{4}$	$(\frac{1}{2})^3(1 + \frac{1}{4})$

Hobuse K (2154E Riina) inbriidingukoefitsient on $\frac{1}{4}$, sest tema emal ja isal on omakorda ühine isa. Kokkuvõttes saame, et hobuse N inbriidingukoefitsient on

$$F_N = (\frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{2})^3(1 + \frac{1}{4}) \approx 0,39,$$

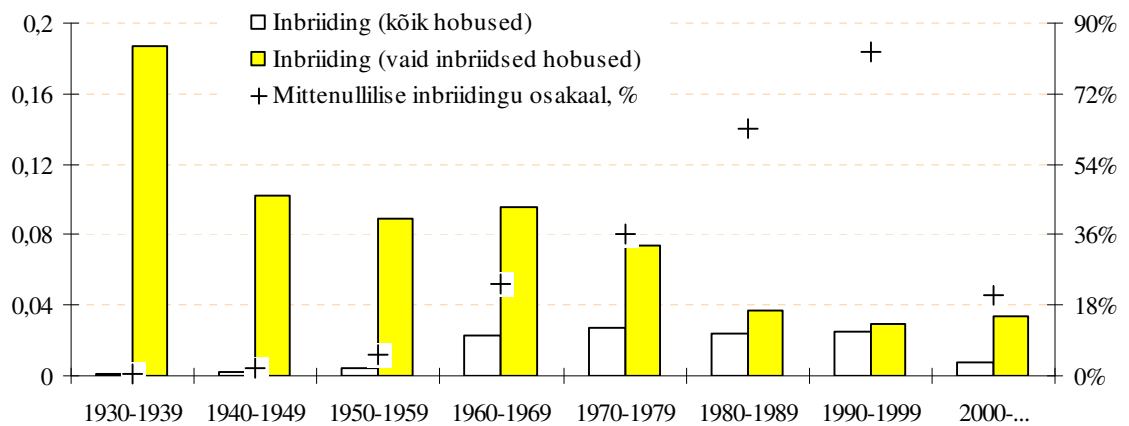
mis on identne programmi *Pedigree Viewer* arvutatuga.



Joonis 25. Hobuse 426E Esto põlvnemine (a); sama *Pedigree Vieweri* esitus (b); *Pedigree Vieweri* poolt kõigile loomadele arvatud inbriidingukoefitsiendid (c).

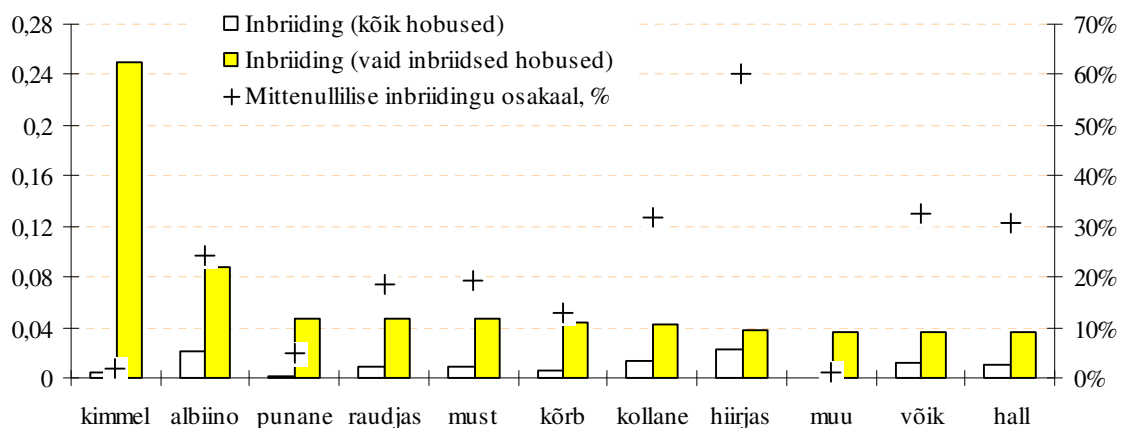
Sugu on fikseeritud 89% kogu sugupuusse kuuluvatest hobustest. Täkkude keskmine inbriiding on oodatult suurem kui märadel, vastavalt 0,015 ja 0,0068. Märade maksimaalne inbriiding on 0,31.

Sünniaasta on teada 88% hobustest. Kuna hobuseid hakati tõuraamatusse kandma 1920. aastatel, siis on suguluses olevaid hobuseid möödunud sajandi algusaastatel minimaalselt. Vahemikus 1900-1929 on nullist erinev vaid ühe hobuse inbriiding, mis on 0,005. Järgnevatel aastakümnetel on näha inbriidingu taseme pidevat tõusu, mis oma maksimumi saavutab 1970. aastatel, millal sündinud hobuste keskmine inbriidingukoefitsiendi väärtus oli 0,027 (Joonis 26). Protsentuaalselt kõige enam on sugulasaretuse tulemusel saadud loomi sündinud 1990. aastatel. Ilmnenud tendents on üsna loomulik – vähenes ju hobuste arv peale Teist maailmasõda pidevalt, mistõttu on loomulik lähemas suguluses olevate loomade sagedasem omavaheline paaritamine. Viimasel aastakümnel on hakatud enam rõhku pöörama inbriidingu vältimisele, mis väljendub koheselt ka 2000. aastatel sündinud hobuste märgatavalt väiksemas inbriidingutasemes. Arvestades seda, et tõuraamatu alustamisel sinna kantud loomade eellaspõlvkondade info on sageli puudu, mistõttu on teadmata ka nende vanemate omavaheline sugulus, võib 30.-ndatel ja 40.-ndatel aastatel sündinud hobuste madal inbriiding olla tingitud hoopis põlvnemisandmete puudusest. Seetõttu leiti täiendavalt iga kümnendi kohta keskmine inbriidingukoefitsiendi väärtus vaid 0-st suurema inbriidingu loomade põhjal. Ilmneb, et sellisel juhul on inbriidingu tase olnud kõrgeim 30.-ndatel aastatel ja on seejärel pidevalt langenud.



Joonis 26. Keskmise inbriidingu muutus kümnendite kaupa.

Huvi pakkus värvuse ja keskmise inbriidingu vaheline seos. Kõigist sugupuusse kantud hobustest on värvus teada 4731 hobusel, so 88%. Jooniselt 27 on näha, et keskmine inbriiding on kõrgeim hiirjatel hobustel, nende hulgas on ka enim – tervelt 60% – hobuseid, kelle inbriidingukoefitsient erineb 0-st. Kõrge on keskmine inbriiding ka albiinodel – 0,021, samas on albiinode hobuste hulgas 0-st erineva inbriidingu väärtusega loomi vaid 24%. Neid kahte värvust esines teatavasti ka suhteliselt vähe (Tabel 7), võrreldes näiteks raudjate või kõrbide hobustega. Võttes vaatluse alla üksnes 0-st erineva inbriidingukoefitsiendiga loomad, osutus kõrgeimaks nende värvuste inbriidingu tase, millest oli vähim loomi – näiteks 0-st erineva inbriidingukoefitsiendiga kimleid oli vaid 1, albiinosid 14 ja punaseid 19 looma.



Joonis 27. Inbriidingu keskmine tase sõltuvalt värvusest.

4. Tänapäeval kasutatavad olulisemad täkuliinid

Eesti Hobuse Kaitse Ühingu kodulehel on info praegu kasutuses olevate hobuste liinide kohta, mis võeti aluseks andmebaasi hobuste liinide konstrueerimisel ja võrdlemisel. Liine on 7, millest 4 (Ahti, Eni, Rospel, Taube) on kohaliku põlvnemisega ja 3 (Lari, Vuhti, Taru) Soome põlvnemisega liini. Kuna andmebaasi andmetes esines ka šetlandi poni ja araabia tõugu hobuseid, siis said ka need eraldi liinidena uurimuse alla võetud. Hilisemal analüüsimisel aga selgus, et šetlandi poni tõugu hobuste liini kuulub vaid 13 hobust, mistõttu jäeti antud liin uurimisest välja.

Hobuste liinidesse jagamiseks realiseeriti *MS Excelis* järgnev algoritm.

- 1) Aluseks võeti *Pedigree Vieweri* poolt genealoogiliselt järjestatud andmebaas, milles esimestele kohtadele tõsteti liinide alustajatena identifitseeritud täkud.
- 2) Moodustati uus tunnus, mille väärtusteks sisestati liinialustaja-täkkudele nende nimi.
- 3) Kõigi järgnevate hobuste liiniks märgiti 0, kui hobuse isa ei olnud teada.
- 4) Kui hobuse isa oli teada, otsiti andmebaasist üles isale vastav rida (vastavalt andmebaasi genealoogilisele järjestatusele paiknes isa alati eespool järglast) ja omistati vaatlusaluse hobuse liiniks tema isa liin.

Selline tegevus garanteeris, et kõik andmebaasi alusel isaliini pidi liinialustaja-täkkudest pärinevad hobused määrati õigesti liini. Nagu edasisel andmete töötlusel selgus, ei õnnestunud sedasi liinidesse paigutada siiski mitte kõiki Eesti Hobuse Kaitse Ühingu andmeil ühte või teise liini kuuluvaid hobuseid – põhjuseks ilmselt põlvnemisandmete mittetäielikkus või ebakorrektsus analüüsitava andmebaasis või siis asjaolu, et aegajalt loetakse mingisse liini kuuluvaks lihtsalt sobivate omadustega ja väljanägemisega täkk (ning kõik tema järglased) ilma, et selleks põlvnemisandmete alusel mingit teadaolevat alust oleks. Siiski annab realiseeritud algoritm võimaluse saada üldise ülevaate liine iseloomustavatest karakteristikutest. Järgnevalt ongi võrreldud seitset hetkel kasutusel olevat liini pluss araabia liini.

4.1. Kehamõõtmel erinevates liinides

Kohalikke ja Soome liine omavahel võrreldes selgus, et kohalikud liinid on arvukamad kui Soome liinid. Kõige arvukam liin on kohaliku põlvnemisega Taube liin, mis võeti kasutusele 1917. aastal ja kuhu kuulus 2004. aastaks 447 hobust. Vähima isendite arvuga on esindatud araabia liin 60 isendiga, mille vähesus tulenes vaid 21 aastast kasutusajast (1975-1996). Araabia liin erineb teistest liinidest veel ka märade väiksema arvu poolest, võrreldes täkkude arvuga. Vanim liin on 1910. aastal algatatud Eni liin, kuhu kuulus 2003. aastaks 229 hobust. Soome päritolu Vuhti ja Lari liine kasutati vastavalt aastatel 1931-1968 ja 1916-1957, mõlemas liinis oli isendeid 125. Soome päritolu Taru liini hobuste sünniaastad jäävad vahemikku 1935-1997. Kohaliku päritoluga Raspeli ja Ahti liini kuuluvate hobuste sünniaastad jäävad vastavalt vahemikku 1924-2004 ja 1942-2004. Võrreldes teiste liinidega oli neis liinides hobuste arv üsna suur, vastavalt 408 ja 351.

Erinevate liinide täkkudel ja märadel sai võrreldud turja kõrgusi, rinna ümbermõõte ja kämbla ümbermõõte. Mõõtude võrdlemiseks leiti keskmised, mediaanid, maksimumid, miinimumid ning 25- ja 75-punkti kvantiilid.

4.1.1. Turja kõrgus

Andmebaasi andmete põhjal oli täkkude keskmine turja kõrgus 144,5 cm. Võrdlemiseks välja valitud liine uurides selgus, et erinevatesse liinidesse kuuluvate täkkude turja kõrgused jäid vahemikku 132-160 cm, liinide keskmine väärtus oli 145,6 cm (Tabel 8), mis oli üldise keskmisega võrreldes 1,1 cm võrra suurem. Suurima, 160 cm, ja vähima, 132 cm, turja kõrgusega täkkud kuulusid Eni liini. Samas jääb antud liini enamus turja kõrguse väärtusi vahemikku 143-147 cm. Vähim varieerusid turja kõrgused Vuhti liini täkkudel, jäädes vahemikku 143-155 cm. Teistega võrreldes suuremad turja kõrgused olid Lari liini täkkudel (Lisas joonis 30).

Märade keskmine turja kõrgus oli 143,2 cm, analüüsitava liinide keskmine oli täkkudele sarnaselt 1,1 cm võrra üldisest keskmisest suurem, 144,3 cm (Tabel 8). Märade turja kõrgused olid eri liinide puhul üsnagi sarnased, jäädes vahemikku 130-159 cm. Teistest liinidest erinesid Raspeli liini märade mõõdud, kõikides vahemikus 129-164 cm, nimetatud vahemiku otspunktid olid ka vastava mõõdu suurimaks ja vähimaks väärtuseks üle kogu andmebaasi. Sarnaselt Lari liini täkkudele olid ka sama liini märade turja kõrgused võrreldes teiste liinidega suurimad (Lisas joonis 31).

4.1.2. Rinna ümbermõõt

Eelnev uuring näitas, et märade rinna ümbermõõdust oli täkkude rinna ümbermõõdust 1,7 cm suurem, vastavalt 177,6 ja 175,9. Analoozne tendents esines ka liinide võrdluses, kus eri liinide märade keskmine rinna ümbermõõt oli 179,5 cm, mis oli kõigi andmebaasi kuuluvate hobuste keskmisest 1,9 cm suurem. Eri liinide täkkude keskmine mõõt, 176,7 cm, jäi küll alla märade ümbermõõdule, kuid oli siiski üldisest keskmisest väärtusest 0,8 cm suurem (Tabel 8).

Täkkude rinna ümbermõõdu väärtused varieerusid vahemikus 149-228 cm, kus vähim väärtus oli Eni liini kuuluval täkul ja suurim Ahti liini täkul. Vähim varieerus rinna ümbermõõdust Lari liini täkkudel, kõikides väärtuste 164-189 piires. Suurima muutlikkusega oli Ahti liin. Lisas toodud jooniselt 32 võib välja lugeda, et araabia tõugu täkkude rinna ümbermõõdust oli kõige väiksem, võrreldes teiste liinidega.

Eri liinide märade rinna ümbermõõdud muutusid vahemikus 150-210 cm. Märade rinna ümbermõõdu mediaanid eri liinides varieerusid kõigest väärtuste 178 ja 181 cm vahel, mistõttu võis eeldada, et liinid olid märade puhul sarnased (Lisas joonis 33).

4.1.3. Kämbla ümbermõõt

Täkkude keskmine kämbla ümbermõõt oli 19,2 cm, analüüsitavate liinide keskmine oli 19,4 cm (Tabel 8). Suurim väärtus 22 cm esines Vuhti, Ahti ja Taru liinides. Vähim väärtus 16,5 cm oli mõõdetud Eni liini täkul. Kõige suuremad kämbla ümbermõõdud esinesid Vuhti liinis, vähimad mõõdud aga araabia tõugu hobuste hulgas. Kuigi eri liinides olid mediaanid sarnased, kõikudes vahemikus 19-20 cm, tuleb siiski arvestada, et tegemist on küllaltki vähe varieeruvate mõõtudega, mistõttu ka 1 cm vahe on märkimisväärne (Lisas joonis 34).

Märade keskmine kämbla ümbermõõt oli 18,5 cm, mis on 0,2 cm väiksem kui analüüsitavate liinide keskmine 18,7 cm (Tabel 8). Mediaanid muutuvad kõigest 0,5 cm ulatuses väärtuste 18,5 ja 19 cm vahel. Kui enamiku liinide väärtused jäävad vahemikku 16,5-22 cm, siis Lari liini märade kämbla ümbermõõdud varieeruvad piirides 16-30 cm. Sellest hoolimata võib erinevaid takuliine neisse kuuluvate märade kämbla ümbermõõtude alusel sarnaseks pidada (Lisas joonis 35).

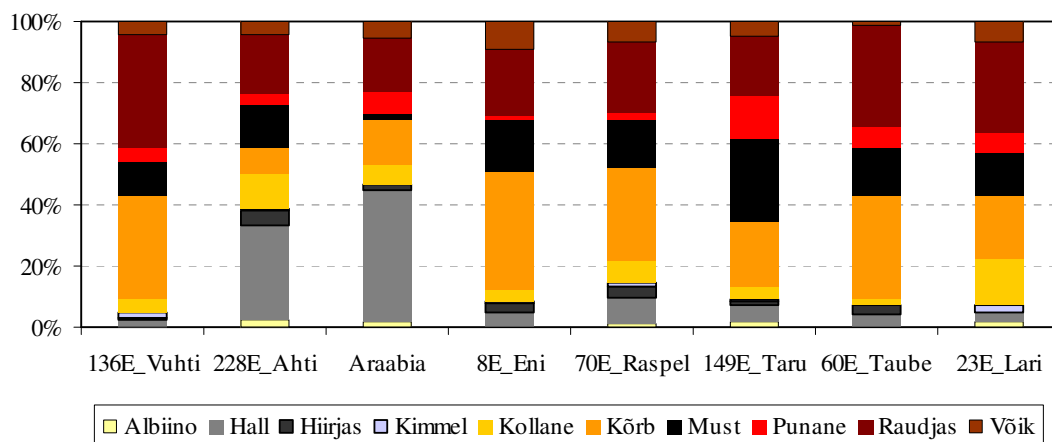
Tabel 8. Keskmised kehamõõtmed erinevate liinide täkkudel ja märadel.

Liin	Turja kõrgus		Rinna ümbermõõt		Kämbla ümbermõõt	
	Täkid	Märad	Täkid	Märad	Täkid	Märad
Ahti	143,3	142,7	176,6	179,4	19,2	18,6
Araabia	144,2	145,3	172,6	179,1	18,8	18,7
Eni	145,0	144,2	176,2	178,2	19,3	18,6
Lari	149,3	146,4	176,3	179,9	19,3	19,0
Raspel	143,6	143,1	174,3	177,5	19,1	18,4
Taru	145,7	144,5	178,3	182,0	19,7	19,0
Taube	145,4	143,8	177,7	179,0	19,5	18,7
Vuhti	148,2	144,8	181,5	180,8	20,1	18,9
Keskmine	145,6	144,3	176,7	179,5	19,4	18,7

4.2. Värvuse erinevus liinides

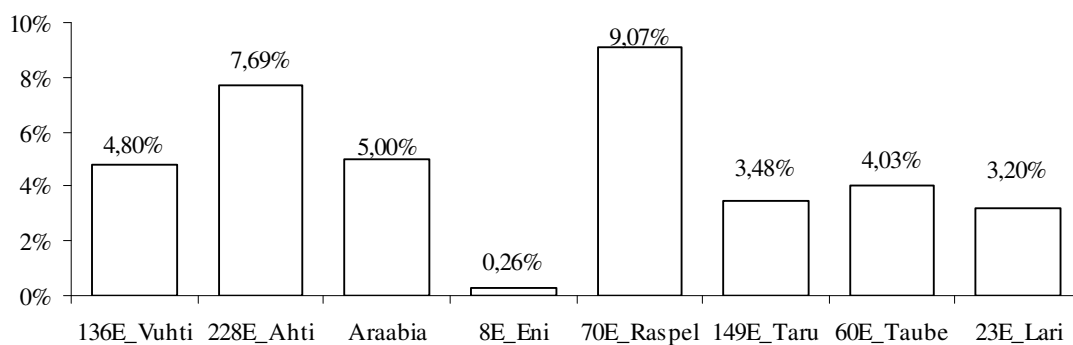
Liinide võrdlemine neis esinevate värvuste alusel annab võimaluse välja selgitada, kas eksisteerib igale liinile omane värvus või mitte.

Joonisel 28 on näha kõrvide hobuste suurt osakaalu enamikes liinides. Samas on Ahti ja Araabia liinis domineerivaks hall värvus. Araabia liini puhul võibki lugeda halli värvust liinile omaseks värvuseks, sest seda värvi on 40%-l hobustest. Vuhti liinis on välja kujunenud kaks värvust: kõrb ja raudjas, vastavalt osakaaludega 34% ja 37%. Sarnane on olukord ka Taube liinis, kus kõrb ja raudjas värvus on enam levinud. Eesti hobusele omane kõrb värvus esines 30% Raspeli ja 38% Eni liini hobusel. Ahti liini hobustest on 30% halli värvi ja sama suur protsent Lari liini hobust on raudja värvusega. Taru liini hobuste hulgas ei ole kindlat värvust välja kujunenud, kuid ligi ¼ hobustest oli musta värvi.



Joonis 28. Värvuste jagunemine liinides.

Kuna eesti hobusele peetakse omaseks jutti seljal, võeti vaatluse alla nimetatud märgise esinemine valitud liinides. Üllatavalt väike protsent hobuseid kohaliku päritoluga Eni liinis omas jutti seljal (0,26%). Samas oli kohalikus Raspeli liinis märgise osakaal lausa 9,07% ning Ahti liin ei jää 7,69% osakaaluga kaugemale maha. Soome päritoluga hobustel esines samuti jutt seljal, kuid vähemal määral kui kohalikel liinidel. Vuhti liinis oli märgise osakaal ligi 5%, Taru ja Lari liinil jäi see suurus 3% juurde. Araabia liinis esines märgis 5% hobustel (Joonis 29).



Joonis 29. Märgise "jutt seljal" esinemine liinides.

4.3. Tākuliinide omavaheline sugulus ja inbriiding

Tākuliinide omavahelisel geneetilisel võrdlemisel võeti aluseks Eesti Hobuse Kaitse Ühingu kodulehel mainitud liinide tänapäeval kasutuses olevad tākud. Põlvnemisandmete haldamise ja analüüsimise tarkvara *Pedigree Viewer* abil leiti igale tākule inbriidingukoefitsient ja kõik tākude omavahelised suguluskoefitsiendid.

Peatüki 4 alguses sai mainitud, et hobuste liinidesse jagamise algoritm ei suutnud liinidesse jagada siiski mitte kõiki loomi. Ebatäpsusi tekkis Ahti, Raspeli, Vuhti

ja Lari liinide puhul. Eesti Hobuse Kaitse Ühingu andmeil Ahti liini kuuluvat täkku 717E_Adam, Raspeli liini kuuluvaid täkke 688E_Rallik ja 729E_Rallik, Lari liini kuuluvat täkku 711E_Laasik ning Vuhti liini kuuluvaid täkke 682E_Vigur ja 708E_Viks ei õnnestunud analüüsitava andmebaasi alusel paigutada ühessegi liini. Seetõttu piirduti järgnevalt üksnes viie liini (Ahti, Eni, Raspel, Taru, Taube) alles jäänud täkkude omavahelise võrdlusega.

Arvutatud inbriidingukoefitsientide põhjal leiti iga liini täkkude keskmised. Mida suurem on liini inbriiding, seda väiksem on sellesse liini kuuluvate täkkude geneetiline varieeruvus. Suurima keskmise inbriidinguga on Raspeli liin, $F_{Raspel} = 0,014$. Maksimaalne inbriiding tänapäeval kasutatavatel täkkudel on samuti Raspeli liinis, $F_{Raspel, max} = 0,047$. Väikseim keskmine inbriiding on Taru liinis, $F_{Taru} = 0,002$. Kuigi viiest liinist neli on kohaliku päritoluga, võib siiski väita, et saadud tulemuste põhjal on keskmine inbriiding kohalikel liinidel suurem, kui Soome päritoluga liinidel (Tabel 9).

Tänapäeval kasutatavate takuliinide suguluse uurimiseks leiti eraldi iga liini täkkude suguluskoefitsiendid kõigi samasse liini kuuluvate täkkudega (nn liini sisene sugulus) ja kõigi teistesse liinidesse kuuluvate täkkudega (nn liinide vaheline sugulus). Tabelist 9 on näha, et suurima keskmise suguluskoefitsiendiga on Eni liin, $a_{Eni} = 0,11$, maksimaalne suguluskoefitsient on aga Raspeli liini takul, $a_{Raspel, max} = 0,287$. Kuna Taru liini esindab vaid üks täkk, siis on liinisene suguluskoefitsient 0. Kui mitte arvesse võtta Taru liini, on vähim liinisene sugulus Taube liini täkkude vahel, $a_{Taube} = 0,074$. Suurim liinidevaheline suguluskoefitsient, $a = 0,041$, on Eni liinis - ilmselt on selle liini täkke viimasel ajal enim paaritatud teistesse analüüsitud liinidesse kuulunud märadega. Oodatult on Soome päritoluga Taru liini täkkude keskmine sugulus teiste liinide täkkudega kõige väiksem, $a_{Taru} = 0,026$ (Tabel 9).

Tabel 9. Liinide inbriidingut ja omavahelist sugulust iseloomustavad arvkarakteristikud.

Liin	Täkkude arv	Liinide sisene				Liinide vaheline	
		Suguluskoefitsient		Inbriidingukoefitsient		Suguluskoefitsient	
		Keskm.	Max	Keskm.	Max	Keskm.	Max
Ahti	7	0,0918	0,2758	0,0119	0,0293	0,0367	0,1609
Eni	4	0,1099	0,2545	0,0039	0,0086	0,0411	0,1634
Raspel	9	0,0901	0,2868	0,0136	0,0471	0,0402	0,1634
Taru	1	0,0000	0,0000	0,0016	0,0016	0,0262	0,0876
Taube	2	0,0741	0,0741	0,0121	0,0196	0,0284	0,0876

Kokkuvõte

Olukord eesti hobuse tõu säilimise osas ei ole veel ohtlik, kuid hobuste populatsioonis on siiski juba muutuseid toimunud. Seepärast on praegu viimane aeg mõelda läbi vahendid tõu elujõulisuse säilitamiseks. Käesolev töö püüdis sellele kaasa aidata, analüüsides eesti hobuste eksterjöõri muutumist ja populatsiooni struktuuri viimase saja aasta jooksul.

Möödunud sajandi kahekümnendatel aastatel alustati sihikindlama aretamisega, mille eesmärgiks oli eesti hobuse muutmine suuremaks ja korpulentsemaks. Andmebaasi andmete põhjal selgus, et eesti hobuste arv on olnud suhteliselt muutlik. Kui täkkude arv on püsinud stabiilselt 150-st allpool, siis märade arv on muutunud küllaltki järsku. 1930. aastatel ulatus märade arv üle 1000. Osutub, et eesti hobuse turja kõrgus kasvas 1970. aastateni suuruseni 145 cm. Rinna ümbermõõdu kasv oli analoogne turja kõrguse kasvule, mõõt suurenes 185 cm-ni. Mõlemale mõõdule on iseloomulik hilisem väärtuste langus, mis on tingitud hobuste väiksemaks muutmise soovist 20. sajandi lõpus. Erinevalt turja kõrgusest on rinna ümbermõõdud märadel suurem kui täkkudel. Kämbla ümbermõõdu väärtused on muutunud kord väiksemaks, kord suuremaks, kuid maksimumi (19,5 cm), mis oli iseloomulik 1910. aastatele, hilisematel aastatel enam ei ületata.

Eesti hobuste tõuraamatu andmebaasist selgus, et eesti hobusele on sõltumata soost omane kõrb, raudjas ja must värvus. Kõrvi värvuse tähtsus on vaadeldud aja jooksul pidevalt kahanenud. Kui mitte arvesse võtta möödunud sajandi algust, mil andmed värvuse kohta on teada vaid 13 hobusel, siis on raudja ja musta värvuse osakaalud võrreldes läinud sajandi algusaastatega kasvanud. Alates 1980. aastatest on kasvanud võigu, kollase ja hiirja värvuse roll. Eesti hobusele omaseks peetud märgis "jutt seljal" esines 8% hobustel.

Kuna aretuses on kasutatud eelkõige populatsioonisisest ristamist, siis on hobuste inbriiding alates 1930. aastatest pidevalt kasvanud. Langust sugulasaretuse osakaalus võib tähele panna alles praegusel sajandil, kui inbriidingut hakati enam vältima püüdes teadlikult ristata omavahel suguluses mitteolevaid hobuseid, samuti tuues tõuparandajana sisse uusi hobuseid Soomest. Keskmise inbriiding eesti hobuste populatsioonis on 0,007, kusjuures täkkudel on antud näitaja suurem kui märadel, vastavalt 0,015 ja 0,0068. Küllaltki kõrge oli inbriidingu tase hiirja ja albiino värvusega hobustel (üle 0,02).

Tänapäeval olulisemad kohalikud takuliinid on Ahti, Eni, Raspel, Taube ning Soome päritoluga liinid on Lari, Taru ja Vuhti. Lisaks uuriti aarabia tõugu hobuste liini. Oodatult on kohalikud liinid arvukamad kui võõra päritoluga liinid. Arvukaim on Taube liin 447 hobusega. Soome hobuseid kasutati aretuses kohaliku hobuse suuremaks muutmiseks, mistõttu ei tulnud ka üllatusena Soome päritolu liinide hobuste suuremad mõõdud nii turja kõrguses, rinna kui ka kämbla ümbermõõdus.

Liinidele omaseid värvusi otsides jäi silma araabia liin, kus 40% hobustest oli halli värvi. Äramärkimist väärivad ka Vuhti ja Lari liinid, neile võib omaseks pidada kõrvi ja raudjat värvust. Enam levinud kõrb värvus on iseloomulik 38% Eni liini hobustele. Kuigi jutti seljal peetakse eesti hobusele omaseks, on see küllalt suurel määral levinud ka võõra päritoluga liinide hobuste hulgas.

Keskliste inbriidingute võrdlemisel osutus suurima keskmise inbriidinguga liiniks Raspeli liin ($F_{Raspel} = 0,014$). Oodatult oli vähima keskmise inbriidinguga Soome päritoluga Taru liin. Saadud tulemuste põhjal võib järeldada, et keskmine inbriiding kohalikel liinidel on suurem, kui Soome päritoluga liinidel. Suguluskoefitsiente analüüsiti eraldi liinide siseselt ja liinide vaheliselt. Nähtus, et Eni liini nii sisesed kui ka välised sugulussidemed olid tugevaimad. Eeldatavalt olid Soome päritoluga liinide sugulussidemed kohalike liinidega võrreldes nõrgemad.

Eesti tõugu hobusel leidub ainulaadseid omadusi, mille pärast tõugu tasub säilitada. Need omadused võivad olla vajalikud kunagi tulevikus.

Summary

Data Analysis of the Estonian Native Horse Breed Registry

The Estonian Native Horse is small in size, lively, agile, hardy, undemanding and long-lived. The breed became famous already in the distant past when it was transported to Russia for selective breeding. When in the past the Estonian Native Horse was used for developing other breeds, then in the beginning of the last century people begun to raise its height and weight primarily by crossbreeding.

The source material of the present thesis is an electronic database, which was created in 2007 on the basis of the Estonian Native Horse breed registries, and which was used for studying the appearance of the local horse and for comparing some of the best stallion lines.

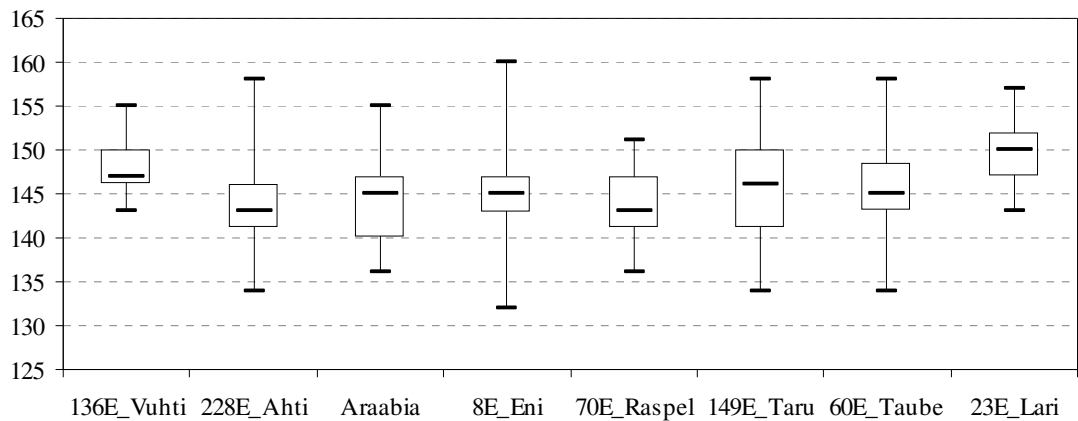
The first chapter of the thesis gives an overview of the history and breeding of the Estonian Native Horse. The concept of a breed registry is defined and the essence of an electronic breed registry database is explained.

The second chapter analyses horse measurements that are stored in the database: height at withers, chest girth and cannon bone girth. As a result of breeding, horse measurements and weight increased, but type and appearance suffered. In connection with the change in purpose of use of horses in the 70s of the 20th century, the breeding course of the Estonian Native Horse also changed. There was no need for big and bulky workhorses, but a need for saddle horses for children and universal little horses. Hence, the measurements of horses also decreased. It was concluded that the Estonian Native Horses come in several colours: bay, chestnut and black.

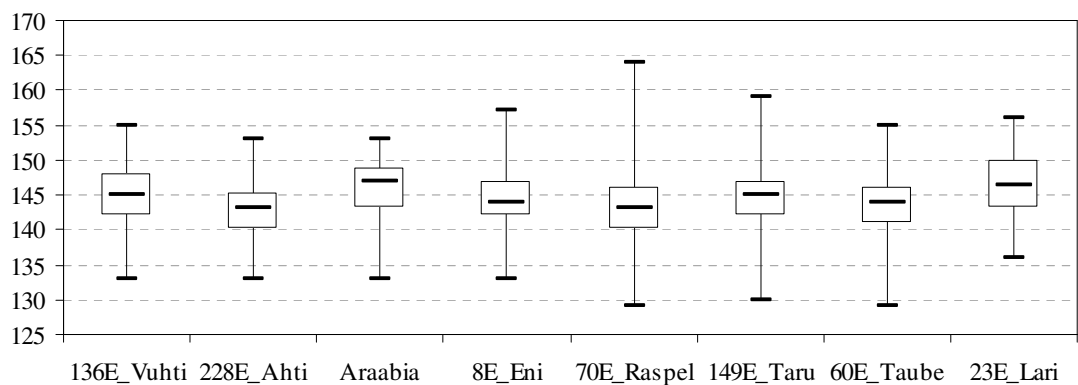
The third chapter defines the notions of coancestry coefficient and inbreeding coefficient and describes the genealogical data authoring and analysing software *Pedigree Viewer* that is used in this thesis. An overview is given of the pedigree for the Estonian Native Horse, which is illustrated by figures generated by *Pedigree Viewer*. In addition, inbreeding coefficients for horses are calculated by using *Pedigree Viewer*. The connection of inbreeding with coat colour and year of birth was of interest. It appeared that the inbreeding coefficients were the largest in the case of mouse-dun and albino, which are relatively rarely occurring coat colours among the Estonian Native Horse. Crossbreeding had an influence on the inbreeding rate, which has increased significantly since the thirties. The decline in inbreeding rate happened due to changes in the breeding course.

The fourth chapter describes the most important stallion lines that are being used today and when comparing their body measurements it appears that the measurements of those horses that belong to the lines of Finnish origin, who were intensively used for crossbreeding, are larger than the measurements of local lines. However, the measurements of the horses belonging to the Arabian lines, that were used to make the Estonian Native Horse smaller, are considerably smaller. It was concluded that the values of the local inbreeding and coancestry coefficients are greater than the values of other lines.

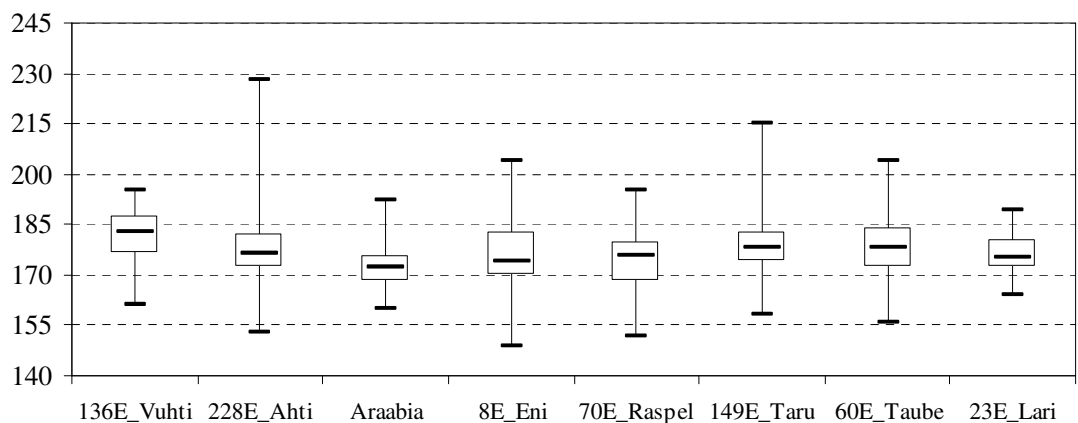
Lisa. Erinevatesse liinidesse kuuluvate täkkude ja märade kehamõõtmed



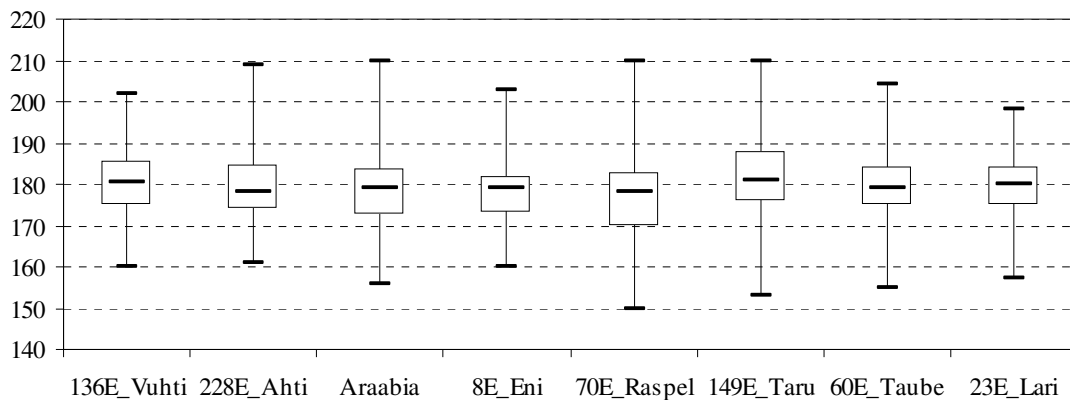
Joonis 30. Täkkude turja kõrgus erinevates liinides.



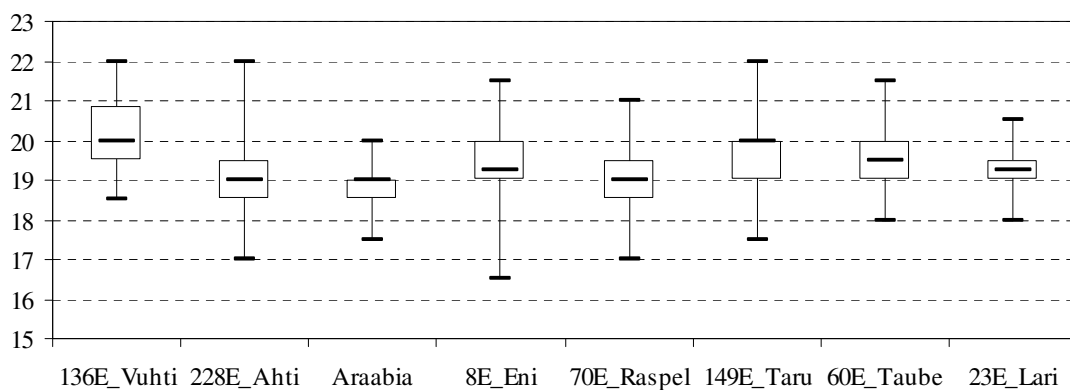
Joonis 31. Märade turja kõrgus erinevates liinides.



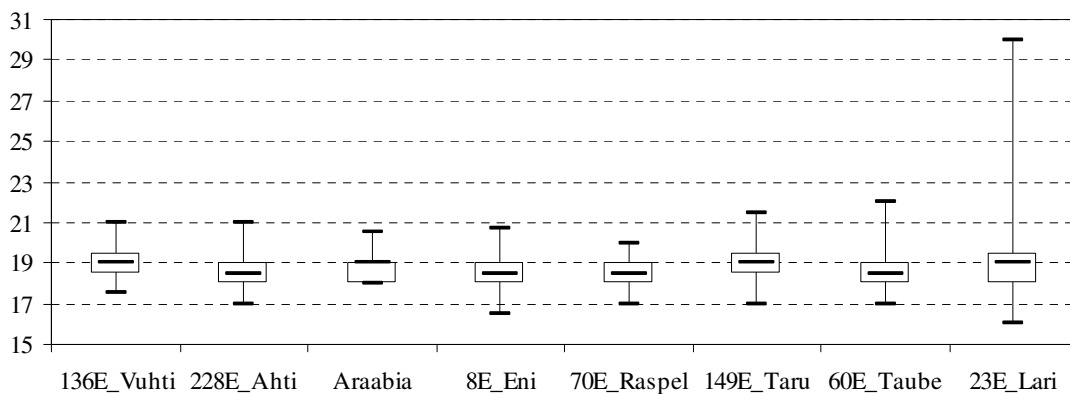
Joonis 32. Rinna ümbermõõt erinevate liinide täkkudel.



Joonis 33. Rinna ümbermõõt erinevate liinide märadel.



Joonis 34. Täkkude kämbla ümbermõõt erinevates liinides.



Joonis 35. Märade kämbla ümbermõõt erinevates liinides.

Kasutatud kirjandus

- Eesti Hobusekasvatajate Selts, 2007. Eesti hobuste tõuraamat. – Märad 3160–3965, IV köide. Tori.
- EHKÜ a = Eesti Hobuse Kaitse Ühing. Aretus; <http://www.esthorse.ee/new/?pg=sisu&id=27&keel=est> (09.03.2008).
- EHKÜ b = Eesti Hobuse Kaitse Ühing. Ajalugu; <http://www.esthorse.ee/new/?pg=sisu&id=23&keel=est> (28.03.2008).
- EHKÜ c = Eesti Hobuse Kaitse Ühing. Meie väike hobune (Alfred Niilo); <http://www.esthorse.ee/new/?pg=sisu&id=75&keel=est> (20.05.2008).
- EHS a = Eesti Hobusekasvatajate Selts. Eesti tõugu hobuste tõuraamatu pidamise kord; <http://www.ehs.ee/images/stories/Aretusprogrammid/TOUD%20EH%20TR%20pidamise%20kord%20ja%20jaotus,%2030.11.04.pdf> (12.03.2008).
- EHS b = Eesti Hobusekasvatajate Selts. Eesti tõugu hobuste tõuraamatu jaotus; http://www.ehs.ee/images/stories/Aretusprogrammid/EH%20TR_jaotus,%2023.01.08.pdf (12.03.2008).
- eRT = Elektrooniline Riigi Teataja, 2007. Põllumajandusloomade aretuse seaduse muutmise seadus, §5; <http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=%2012894463> (12.03.2008).
- Falconer, D. S., Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Fourth Edition. Longman, Harlow, UK.
- Kinghorn, B., Kinghorn, S. 2005. Pedigree Viewer. Version 5.3.; <http://metz.une.edu.au/~bkinghor/pedigree.htm> (22.05.2008).
- Metsmaker, Ü. 2001. Eesti hobune Saaremaal; <http://www.esthorse.ee/new/?pg=sisu&id=78&keel=est> (20.05.2008).
- Põllumajandusministeerium, 2007. Ohustatud tõud; <http://www.esthorse.ee/new/?pg=sisu&id=397&keel=est> (09.03.2008).
- Tamsalu, H. 2001. Eesti hobuse välimik ja mõõtmed. Tartu.
- Teinberg, R. 1978. Põllumajandusloomade geneetika. Tallinn, Valgus.
- Viikmaa, M. Klassikalise geneetika leksikon. <http://biomedicum.ut.ee/~martv/genolex.html> (22.05.2008).
- VTA a = Veterinaar- ja toiduamet. Eesti hobune; <http://www.vet.agri.ee/?op=body&id=97> (09.03.2008).
- VTA b = Veterinaar- ja toiduamet. Ajalugu; <http://www.vet.agri.ee/?op=body&id=97&art=66> (09.03.2008).
- VTA c = Veterinaar- ja toiduamet. Eesti tõugu hobuse säilitus- ja aretusprogramm; <http://www.vet.agri.ee/?op=body&id=97&art=67> (09.03.2008).