

**HEVOSTEN RUOKINNASSA TEHTÄVIEN REHUVALINTOJEN VAIKUTUS  
VALKUAISEN HYVÄKSIKÄYTTÖÖN SEKÄ TYPESTÄ AIHEUTUVAAN  
YMPÄRISTÖKUORMITUKSEEN**

Heli Suomala

Maisterintutkielma

Helsingin yliopisto

Maataloustieteiden laitos

Kotieläinten ravitsemustiede

Huhtikuu 2016

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Heli Suomala			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Hevosten ruokinnassa tehtävien rehuvalintojen vaikutus valkuaisen hyväksikäyttöön sekä typestä aiheutuvaan ympäristökuormitukseen.			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2016	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 49 s.
<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hevosten ruokinnassa tehtävien rehuvalintojen vaikutuksia hevosten sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrään, ja löytää tutkimuksen avulla ruokinnallisia keinoja hevostaloudesta peräisin olevan ympäristökuormituksen vähentämiseen. Tutkimus toteutettiin osana laajempaa Horse Manure-hanketta.</p> <p>Kokonaiskeruumenetelmällä toteutetun sulavuuskokeen koe-eläiminä oli kuusi suomenhevostammaa. Koe toteutettiin 30.12.2013 – 21.3.2014, ja se käsitti yhteensä neljä 21 vuorokauden mittaista jaksoa. Koeasetelmana oli epätäydellinen 6 x 4 latinalainen neliö. Koeruokintoja oli yhteensä kuusi. Rehuiksi oli valittu Suomessa yleisesti hevosten ruokinnassa käytettäviä rehuja, ja ruokinnat koostuivat seuraavasti: 1) Esikuivattu säilöheinä 100 %, 2) Kuivaheinä 100 %, 3) Kuivaheinä 70 % + kaura 30 %, 4) Kuivaheinä 70 % ja soijarouhe + kaura 30 %, 5) Kuivaheinä 70 % ja rypsiroouhe + kaura 30 % ja 6) Kuivaheinä 70 % ja pellavarouhe + kaura 30 %. Rehuannokset määritettiin kullekin koejaksolle siten, että kuiva-aineen saanti ja sulavan raakavalkuaisen määrä olivat suhteessa elopainoon ja täyttivät kevyttä työtä tekevien hevosten energian tarvesuositukses. Tutkimuksen hypoteesi oli, että rehuvalinnoilla voidaan vaikuttaa valkuaisen hyväksikäyttöön, ja tätä kautta sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrään.</p> <p>Rehuvalinnat vaikuttivat hevosten erittämän sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrään. Ruokinnan sisältäessä ainoastaan säilöheinää hevoset erittivät vuorokaudessa enemmän sontaa muihin ruokintoihin verrattaessa (<math>P &lt; 0,001</math>). Hevoset erittivät enemmän sontaa niiden saadessa pelkästään heinää verrattaessa heinää ja täydennysrehuja sisältäviin ruokintoihin (<math>P &lt; 0,001</math>). Hevoset erittivät enemmän virtsaa niiden syödessä pelkästään säilöheinää verrattaessa muihin ruokintoihin (<math>P &lt; 0,05</math>) sekä hevosten syödessä ainoastaan kuivaa heinää verrattuna täydennettyihin ruokintoihin (<math>P &lt; 0,01</math>). Valkuaisrehujen lisääminen ruokintaan vähensi sonnassa erittyvän typen määrää. Hevosten sonta sisälsi enemmän tyyppiä niiden ruokinnan koostuessa ainoastaan säilöheinästä muihin ruokintoihin verrattuina (<math>P &lt; 0,01</math>). Hevosten ruokinnan sisältäessä ainoastaan kuivaa heinää, erityisesti sonnassa enemmän tyyppiä kuin heinäruokintaa täydennettäessä (<math>P &lt; 0,01</math>). Rehujen sisältämän valkuaispitoisuuden nousu lisäsi virtsassa erittyvän typen määrää. Hevoset erittivät virtsassa vähemmän tyyppiä niiden saadessa ainoastaan heinää täydennettyihin ruokintoihin verrattaessa (<math>P &lt; 0,001</math>). Typen kokonaisuus (sonta + virtsa) oli pienempi ruokinnan koostuessa pelkästä kuivasta heinästä (<math>P &lt; 0,001</math>) verrattaessa täydennettyihin ruokintoihin. Hevosten kokonaistypen erityyppi oli pienempi hevosten saadessa heinää ja kauraa verrattaessa valkuaisrehuja sisältäviin ruokintoihin (<math>P &lt; 0,05</math>).</p> <p>Ruokinnan suunnittelun avulla voidaan vähentää lantaan päätyvän typen osuutta sekä sen huuhtoutumisriskiä erityisesti hevosten tarha-alueilta. Ravitsemuksellisen tarpeen ylittävä valkuaisruokinta lisää ympäristön tyyppi-kuormitusta, sillä se lisää typen erittymistä sонтаan ja virtsaan.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Hevonen, sulavuus, valkuainen, typen erittyminen, ympäristökuormitus			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Tutkimuksen toteutus: Luonnonvarakeskus (Luke), Hevostutkimus, Ypäjä, Horse Manure – hanke. Hankkeeseen osallistuneet tutkijat: Erikoistutkija Markku Saastamoinen, vanhempi tutkija Susanna Särkijärvi ja erikoistutkija Tiina Reilas. Maisterintutkielman ohjaus: Vanhempi tutkija Susanna Särkijärvi, Luke ja yliopistonlehtori Seija Jaakola, Helsingin yliopisto.			

Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Department Department of Agricultural Sciences	
Author Heli Suomala			
Title Feeding management strategies to minimize nitrogen excretion of horses			
Subject Animal nutrition			
Level Master's thesis	Month and year April 2016	Number of pages 49 p.	
<p>This study is a part of a bigger Horse Manure – project where the object was to provide information to reduce emissions of the nutrients in horse manure. The goal of this study was to measure faecal and urine nitrogen (N) excretion and evaluate the digestibility of nitrogen in typical Finnish horse diets.</p> <p>Six Finnhorse mares were used in a digestibility trial. Six different typical horse diets were evaluated. The diets were: 1) Haylage 100 %, 2) Hay 100 %, 3) Hay 70 % and oats 30 %, 4) Hay 70 % and soybean meal + oats 30%, 5) Hay 70 %, rapeseed meal + oats 30 % and 6) Hay 70 %, linseed meal + oats 30 %. All diets were supplemented with minerals. The trial was conducted according to an unbalanced 6 x 4 Latin square design with four experimental periods of three weeks. Experimental period consisted of 17-day preliminary feeding and was followed by a 4-day total faecal and urine collection to evaluate N excretion. Feed and faeces samples were analysed for dry matter, ash, crude protein, crude fibre, NDF and ADF, calcium, phosphorus and nitrogen. Nitrogen was also analysed in urine.</p> <p>N excretion was different between the diets. Faecal excretion was greater for 100% haylage diet compared with other diets, and 100 % hay diet compared with diets including supplements (<math>P&lt;0,001</math>). Urine excretion was greater for 100% hay diet compared with diets including different protein supplements. Horses excreted more urine on 100 % haylage diet compared with other diets (<math>P&lt;0,05</math>) and 100 % hay diet compared with diets including supplements (<math>P\leq 0,01</math>). Protein supplement in horse diets reduced N excretion in faeces. When protein content in forages increased the level of urine N excretion increased. Horses excreted less N in urine on 100% hay diet when compared to protein supplemented diets (<math>P&lt;0,001</math>). Total N excretion (faeces + urine) was smaller on 100% hay diet (<math>P&lt;0,001</math>) when compared to diets including supplements and on hay + oats diets (<math>P&lt;0,05</math>) when compared to diets including protein supplements (<math>P&lt;0,05</math>).</p> <p>It is possible to decrease excretion of nitrogen and reduce nitrogen leach especially from horse paddocks by carefully planning of the horse forage compositions. The excess feeding of protein increase nitrogen excretion in horse faeces and urine which increase nitrogen emissions.</p>			
Keywords Horse, digestibility, protein, nitrogen excretion, environmental effects			
Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Further information Research planning and execution: Natural Resources Institute Finland (Luke), Green Technology, Horse research, Ypäjä, Horse Manure–project. Researchers involved in the project: Principal Research Scientist Markku Saastamoinen, Senior Research Scientist Susanna Särkijärvi and Principal Research Scientist Tiina Reilas. Supervisors: Senior Research Scientist Susanna Särkijärvi, Natural Resources Institute Finland, Ypäjä and University lecturer Seija Jaakkola, University of Helsinki.			

# SISÄLLYS

1. LYHENTEET .....	4
2. JOHDANTO .....	5
3. HEVOSTEN VALKUAISRUOKINTA.....	6
3.1 Valkuaisaineiden metabolia .....	6
3.2 Valkuaisaineiden tarve.....	9
3.3 Valkuaisen sulavuus .....	9
3.4 Typen erittyminen.....	10
4. TYPEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	10
5. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET .....	11
6. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	12
6.1 Tutkimuspaikka ja -aika.....	12
6.2 Koe-eläimet .....	12
6.3 Koeasetelma, rehut ja ruokinta .....	12
6.4 Näytteiden keruu ja analysointi .....	15
6.5 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi.....	19
7. TULOKSET .....	21
7.1 Rehujen kemiallinen koostumus.....	21
7.2 Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti.....	22
7.3 Ravintoaineiden sekä sonnan, virtsan ja typen erityys.....	27
7.4 Veriparametrit.....	31
8. TULOSTEN TARKASTELU .....	33
8.1 Rehujen kemiallinen koostumus.....	33
8.2 Rehujen syönti ja sulavuus.....	34
8.3 Sonnan, virtsan ja typen erityys.....	36
8.4 Veriparametrit .....	39
9. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
KIITOKSET .....	43
LÄHTEET .....	44

## 1. LYHENTEET

Tutkielmassa on käytetty seuraavia lyhenteitä:

ADF	happodetergenttikuitu
ka	kuiva-aine
ka.	keskiarvo
N	typpi
NDF	neutraalidetergenttikuitu
NPN	ei-proteiinityppi
oa	orgaaninen aine
P	fosfori
PKA	primäärinen kuiva-aine
rv	raakavalkuainen
SEM	keskiarvon keskivirhe
SKA	sekundäärinen kuiva-aine
srv	sulava raakavalkuainen
sul	sulavuus
tu	tuhka

## 2. JOHDANTO

Tutkielma toteutettiin osana laajempaa Horse Manure – hanketta. Hankkeessa selvitetiin hevosenlannan käsittelyä ja hyödyntämistä ravinteiden kierrätyksen tehostamiseksi. Hanke oli osa Ympäristöministeriön vuosina 2012 – 2015 rahoittamaa ravinteiden kierrätyksen edistämistä ja saaristomeren tilan parantamista koskevaa RAKI-ohjelmaa. Tutkimuksen johtamisesta vastasi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, ja tutkimus toteutettiin yhdessä Työtehoseuran TTS kanssa. MTT yhdistyi Metsäntutkimuslaitos Metlan, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos RKTL:n ja Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tiken tilastopalveluiden kanssa Luonnonvarakeskukseksi 1.1.2015.

Hevostalous on kasvanut nopeasti (Ympäristöministeriön uutiskirje 2014). Suomessa oli vuonna 2015 yhteensä 75 000 hevosta ja ponia (Hippolis ym. 2015). Hevostallien määrä on noin 16 000, ja vuodessa hevostalous tuottaa 800 000 m<sup>3</sup> kuivikelantaa (Ympäristöministeriön uutiskirje 2014). Maataloudesta hajakuormituksena peräisin olevat typpipäästöt ovat merkittävien vesistöjen ravinnekuormittaja. Suomessa maatalous aiheuttaa 52 % Itämereen ihmistoiminnan seurauksena päätyvästä typpikuormasta (Uusitalo ym. 2007). Hevostalleilla suurimmat ympäristövaikutukset syntyvät hevosten ulkoilutarhoista. Niiden maaperään typpeä rikastuu erityisesti alueille, joihin hevoset ruokitetaan ja ne ulostavat. (Parvage ym. 2013, Parvage ym. 2015.) Ympäristövaikutuksia aiheuttavat jaloittelutarhojen ohella myös lantavarastojen valumat (Ympäristöministeriön uutiskirje 2014). Maahan rikastuvan typen määrään vaikuttavat hevostiheys ja tarha-alueen käyttöaika (Parvage ym. 2013) sekä peltomaahan kompostoitua lantaa levitettäessä myös karsinoissa käytetty kuivikemateriaali (Nikama ym. 2014).

Tutkielman aiheen tekee ajankohtaiseksi Ympäristöministeriön valmisteleman uuden nitraattiasetuksen voimaan astuminen 1.4.2015. Asetuksen tarkoituksena on suojella vesistöjä maataloudesta peräisin olevien typpipäästöjen aiheuttamalta pilaantumiselta.

### 3. HEVOSTEN VALKUAISRUOKINTA

Hevonen saa tarvitsemansa valkuaisen rehun sisältämistä valkuaisaineista (Westendorf ym. 2013). Hevosille tyypillisesti syötettävät rehut sisältävät raakavalkeaista rehusta riippuen 50 – 600 g /kg ka (Martin-Rosset 2015). Valkuaisaineet sisältävät typpeä noin 16 % (McDonald 2011). Valkuaisaineet imeytyvät elimistöön pääasiassa ruoansulatuskanavan ohutsuolesta aminohappoina. Kasvien sisältämä typpi voidaan jakaa valkuaisaineisiin (aminohappoihin) ja ei-proteiinityypeen (NPN), joka koostuu liukoisesta NPN:stä sekä liukenemattomasta osasta (McDonal ym. 2011). NPN koostuu suurimmaksi osaksi amideista ja vapaista aminohapoista, pienen molekyylipainon omaavista peptideistä sekä amiineista. NPN:n osuus on 15 – 20 % karkearehun sisältämästä tpeestä. Suurin osa vilja- ja palkokasvien tpeestä on tyypiltään valkuaisainetta. (Martin-Rosset 2015.)

#### 3.1 Valkuaisaineiden metabolia

Valkuaisaineiden metabolia on hormonaalisesti säädeltyä. Osa hormoneista, kuten insuliini ja kasvuhormoni vaikuttavat anabolisesti eli valkuaisaineita rakentavasti ja osa, kuten glukokortikoidit anabolisesti eli valkuaisaineita hajottavasti. Ruoansulatuskanavan seinämän läpi imeytyvät aminohapot muodostavat veressä vapaiden aminohappojen poolin. Verenkierron kautta aminohapot kulkeutuvat suolen epiteelikerroksesta maksaan, lihaksiin ja munuaisiin. (Martin-Rosset ja Martin 2015.)

Ruokinta lisää veressä olevien vapaiden aminohappojen määrää niiden tason ollessa korkeimmillaan muutaman tunnin kuluttua ruokinnasta. Valkuaisainesynteesissä tarpeettomiksi jääneiden aminohappojen hiilirungot hapetetaan joko suoraan, hyödynnetään maksan glukoosin tuotantoon tai niistä muodostetaan rasvahappoja tai ketonirunkoja. Aminohappoja hajotetaan elimistössä suhteessa syödyn ravinnon määrään. Syönnin määrän kasvaminen, hyvin valkuaispitoinen rehu ja eläimen valkuaisainesynteesiin

tarvitseman valkuaismäärän ylittyminen sekä rehussa olevien aminohappojen epätasapaino lisäävät kaikki hajotettavien aminohappojen määrää. Valkuaisaineiden aineenvaihdunnasta ylijäävästä valkuaisesta muodostetaan maksassa ureaa ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ), mikä poistetaan elimistöstä munuaisten kautta virtsaan. (Martin-Rosset ja Martin 2015.)

Maksa voi käyttää ammoniakkia ei-välttämättömien aminohappojen rakennusaineena. Urean sisäinen kierto on merkityksellistä, mikäli rehu ei sisällä riittävästi typpeä eläimen tai suolistomikrobien tarpeeseen. Niukalla typpiruokinnalla vain vähän typpeä erittyy typen sisäisen kierron vaikutuksesta virtsaan. Typpiaineiden saannin lisääntyessä veren ureapitoisuus puolestaan kasvaa, mikä johtaa kynnyksarvon ylittyessä typen runsaaseen erittymiseen virtsan kautta. Sonnan mukana elimistössä poistuu typpeä ruoansulatuskanavassa hajoamattoman valkuaisen, mikrobivalkuaisen sekä endogeenisestä erityyksestä peräisin olevan valkuaisen mukana. (Martin-Rosset ja Martin 2015.)

Välttämättömiksi aminohapoiksi kutsutaan aminohappoja, jotka hevosella on saatava rehuista. Martin-Rosset'in ja Martin'in (2015) mukaan hevosille välttämättömiä aminohappoja on yhdeksän: lysiini, leusiini, isoleusiini, valiini, metioniini, fenylalaniini, treoniini, tryptofaani ja histidiini. Frappe (2012) ja Malesky ym. (2013) lisäävät välttämättömiin aminohappoihin vielä kymmenennen, arginiinin. Niin sanotut ei-välttämättömät aminohapot hevonen pystyy syntetisoimaan toisista aminohapoista tai saamaan paksusuolen pieneliöistä eli mikrobivalkuaisesta (Spooner 2012). Hevosten yksittäisten aminohappojen tarve tunnetaan edelleen huonosti, ja ainoastaan hevosten lysiinin tarve on määritetty (Frappé 2012, Martin-Rosset ym. 2015). Suurin lysiinin tarve on vieroitetuilla varsoilla, ja niiden rehuannoksen tulisi suositusten mukaan sisältää lysiiniä 0,5 - 0,6 % (Luke 2015). Frappe (2012) esittää treoniinin olevan lysiinin jälkeen proteiinisynteesiä seuraavaksi rajoittava aminohappo. Rehujen sisältämän valkuaisen laadusta johtuen jostakin yksittäisestä aminohaposta voi olla puutetta. Rehun sisältämän valkuaisen laatua voidaankin arvioida sen mukaan, kuinka hyvin sen aminohappokoostumus vastaa hevosen proteiinisynteesin tarvetta (Frappé 2012, Urschel ja Lawrence 2013).



Ilman ajan tasalla olevaa rehuanalyysiä on olemassa riski, että hevonen saa ruokinnastaan joko liikaa tai liian vähän tarvitsemiaan ravintoaineita (Saastamoinen ja Hellämäki 2012). Hevosten ruokinnasta yleensä vähintään 50 % koostuu karkearehusta, joten hevosten valkuaisen saantiin vaikuttaa suurelta osin ruokinnassa käytettävän karkearehun valkuaispitoisuus. Hevosten karkearehujen raakavalkuaispitoisuudessa on runsaasti vaihtelua. Koostumuseroihin vaikuttavat muun muassa korjuuajankohta, lannoitus, kasvilaji, kasvuolosuhteet, korjuusää ja varastointi. (Saastamoinen 2013, Urschel ja Lawrence 2013.) Korjuuajankohdasta ja kasvilajeista johtuen esimerkiksi kuivan heinän sulavan raakavalkuaisen pitoisuus voi olla 46 – 137 g srv /kg ka, nurmisäilörehun 82 – 129 g srv /kg ka ja nurmiheinän 93 – 137 g srv /kg ka. Laidunruoho sisältää keskimäärin 135 g srv /kg ka. (Luke 2015.)

Karkearehujen aminohappokoostumus on hevosille tasapainoisempi kuin viljojen sisältämien aminohappojen (Urschel ja Lawrence 2013, Martin-Rosset ym. 2015). Tarvittaessa hevosten karkearehuruokintaa voidaan täydentää valkuaispitoisilla valkuaisrehuilla. Väkirehuihin lukeutuvan kauran sekä heinän valkuaisaineet eroavat aminohappokoostumukseltaan ja täydentävät suhteellisen hyvin toisiaan. Heinään ja kauraan perustuvassa ruokinnassa rajoittava aminohappo on yleensä lysiini. Hevosten rehuista soija ja rypsi sisältävät enemmän lysiiniä ja treoniiniä kuin kaura, mutta kaurassa näitä aminohappoja on runsaammin kuin muissa kotimaisissa viljoissa ohrassa, rukiissa tai vehnässä (Luke 2015). Myös käsitellyt pellavansiemenet sopivat hevosten valkuaisrehuksi. Pellavasiemenrouhetta ei suositella käytettäväksi rehuannoksessa yli 60 g /kg ka (vastaa keskimäärin 400 – 600 grammaa rouhetta päivässä), sillä pellavarouheen on havaittu heikentävän dieetin sulavuutta sekä rehun maittavuutta (Särkijärvi ja Saastamoinen 2001). Myös hyvälaatuinen säilörehu, sinimailaspelletit ja teolliset valkuastiivisteet soveltuvat valkuaisen täydennykseen. (Suomen Hevostietokeskus ry).

### 3.2 Valkuaisaineiden tarve

Ruokintasuosituksissa hevosten valkuaisen tarve ilmoitetaan sulavana raakavalkuaisena (srv). Sulava raakavalkuainen on se osa valkuaisesta, joka sulaa ja imeytyy hevosen ruoansulatuskanavassa. Elopainoluokassa 550 kg, kevyttä työtä tekevän hevosen sulavan raakavalkuaisen suositus on 495 grammaa päivässä ja elopainoluokassa 600 kg, suositus on 540 grammaa päivässä (Luke 2015). Rehuanalyysin raakavalkuaispitoisuus kertoo, kuinka paljon kuiva-ainekilo sisältää valkuaista. Hevosille hyvälaatuinen karkearehu sisältää raakavalkuaista noin 110 g /kg ka (Saastamoinen ja Hellämäki 2012).

### 3.3 Valkuaisen sulavuus

Rehun valkuainen imeytyy hevosen ohutsuoletta aminohappoina sekä lisäksi imeytyy hyvin pienissä määrin paksusuolesta mikrobivalkuaisen aminohappoja (Frape 2012, Urschel ja Lawrence 2013, Martin-Rosset ym. 2015). Suurin osa ei-proteiinityyppistä (NPN) imeytyy ennen paksusuolta. Valkuaisen imeytyminen ohutsuolessa riippuu rehun ominaisuuksista, karkearehujen valkuaisen ollessa huomattavasti hevosten hyödynnettävissä kuin väkirehujen sisältämän valkuaisen (Urschel ja Lawrence 2013, Martin-Rosset ym. 2015). Huonosti sulavien kuitupitoisten karkearehujen valkuaisesta sulaa ohutsuolessa noin 30 %, siementen, jyvien ja niiden sivutuotteiden valkuaisen ohutsuolisulavuuden ollessa 60 – 90 %. Yleisesti ottaen rehun valkuaisen sulavuus paranee, kun sen pitoisuus rehussa nousee (Martin-Rosset ym. 2015). Myös rehun ominaisuudet vaikuttavat. Esimerkiksi huonolaatuinen ja paljon kuitua sisältävä heinä sulaa suurilta osin vasta paksusuolella, ja siten osa aminohapoista menetetään. Hyvälaatuinen, nuorena korjattu heinä sulaa osittain jo ohutsuolessa, jossa valkuaisen imeytyminenkin tapahtuu. (Gibbs ym. 1988, Saastamoinen 2007.)

Rehujen kemiallisen koostumuksen lisäksi sulavuuteen vaikuttaa annostaso. Valkuaisen sulatuskapasiteetti ohutsuolessa on rajoitettu johtuen sen lyhyestä viipymääjasta ohutsuolessa. Ohutsuolessa imeytymätön valkuainen päätyy siten umpi- ja paksusuoleen.

(Farley ym. 1995.) Valkuaisen hyväksikäyttöön vaikuttavat siten useat eri tekijät: rehuannoksen koko, ja sen sisältämän valkuaisen määrän, valkuaisen laatu eli aminohappokoostumus sekä rehun ohutsuolisulavuus (Graham-Thiers ym. 2011, Spooner 2012).

### 3.4 Typen erittyminen

Suurin osa hevosten erittämästä typestä on virtsassa ja vain pieni osa siitä erittyy sonnassa. Hevosen tarpeeseen nähden ylenmääräinen valkuaisruokinta lisää typeneritystä, jolloin virtsaaminen ja vedentarve lisääntyvät. Erittyvän virtsan määrään vaikuttaa vedenkulutuksen ohessa myös hikoilun määrä. Hevosten vuorokaudessa erittämän virtsan määrä on kirjallisuuden mukaan 3 – 18 ml virtsaa /elopainokilo (Reese 2004). Tämän laskentatavan mukaan 550 kg painavan hevosen vuorokaudessa erittämän virtsan määrä olisi 1,65 – 9,9 litraa ja 650 kg painavan hevosen 1,95 – 11,7 litraa.

## 4. TYPEN AIHEUTTAMAT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Ympäristöministeriön tiedotteen mukaan Suomen hevostalous tuottaa vuosittain 800 000 m<sup>3</sup> kuivikelantaa (Ympäristöministeriön uutiskirje 2014). Kuivikelanta käsittää hevosen erittämän sonnan ja virtsan sekä kuivikkeet. Ravitsemuksellisen tarpeen ylittävä kotieläinten valkuaisruokinta lisää ympäristön typpikuormitusta, sillä ylimääräinen valkuainen lisää typen erittymistä sonnaan ja virtsaan. Nitraattiasetuksen mukaan hevosenlannan sisältämä kokonaistypen määrä on 2,6 kg /m<sup>3</sup> ja liukoisen typen määrä 0,4 kg /m<sup>3</sup> (Finlex 2014). Vuodessa hevostaloudessa syntyy siten yli 2000 tonnia kokonaistyppeä ja 320 tonnia liukoista typpeä.

Typpi on virtsassa ureana. Osa typestä menetetään jo kotieläinsuojissa ammoniakkin haihtuessa. Maahan päästessään urea hajoaa ureaasientsyymin vaikutuksesta ammoniakiksi (NH<sub>3</sub><sup>-</sup>) ja hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub>). Ammoniakki hapettuu maassa ammonium-typeksi

( $\text{NH}_4^+$ ). Maassa tapahtuvassa nitrifikaatiossa tietyt mikrobit hapettavat ammonium-typen ( $\text{NH}_4^+$ ) nitriitiksi ( $\text{NO}_2^-$ ) (ja edelleen nitraatti-typeksi ( $\text{NO}_3^-$ ), jolloin syntyy sivutuotteena vapaa vetyioni ( $\text{H}^+$ ). Vetyioni vaikuttaa maan happamoitumiseen. Nitraattityppi ei juurikaan sitoudu maahan, mistä seuraa sen huuhtoutumisalttius rankalla vesisateella tai lumen sulamisvesien huuhtoessa maata. Tiivistyneessä maassa, missä vallitsevat hapettomat olosuhteet saattaa tapahtua denitrifikaatiota eli nitraatin pelkistyminen anaerobien bakteerien toiminnan seurauksena kaasumaisiksi typen yhdisteiksi dityppioksidiksi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) tai typpikaasuksi ( $\text{N}_2$ ). Dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) on otsonikerrosta tuhoava kasvihuonekaasu. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Vesistöön päästessään typpi aiheuttaa rehevöitymistä. Vesistön rehevöityminen johtaa runsaiden leväsiintymien yleistymiseen, muutoksiin eliöyhteisöissä sekä pohjien happikatoon. Hevostaloudessa syntyvä typpi tulisi jo jätelain periaatteiden mukaisesti hyödyntää kasvintuotannossa. Hevosen lannan sisältämä orgaaninen aine voi parantaa viljelymaan rakennetta sekä vedenpidätyskykyä. (Westendorf ym. 2013.)

## 5. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää hevosten ruokinnassa tehtävien rehuvalintojen vaikutuksia hevosten sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrään, ja löytää tutkimuksen avulla ruokinnallisia keinoja hevostaloudesta peräisin olevan ympäristökuormituksen vähentämiseen. Suomessa ei vastaavaa tutkimusta ole aikaisemmin tehty. Lisäksi rypsiä hevosten valkuaisrehuna on saatavilla hyvin vähän tutkimustietoa. Ulkomailla tehdyt typen hyväksikäyttöä koskevat kokeet on tehty erityyppisillä karkea- ja väkirehuilla kuin tässä kokeessa käytetyillä rehuilla. Tutkielmassa on myös haluttu selvittää onko hevosten valkuaisen hyväksikäytössä eroa verrattaessa kotoperäisiä valkuaisrehuja rypsiä ja pellavaa tuontivalkuaiseen soijaan. Tutkimuksen hypoteesina oli, että rehussa olevan valkuaisen lähde vaikuttaa hevosten erittämän typen määrään.

## 6. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 6.1 Tutkimuspaikka ja -aika

Tutkimus toteutettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) Hevostalouden tutkimusyksikössä Ypäjällä. Koe alkoi 30.12.2013 ja päättyi 21.3.2014.

### 6.2 Koe-eläimet

Koe-eläiminä oli kuusi Luke:n omistamaa suomenhevostammaa, jotka valittiin tutkimukseen satunnaisesti. Hevoset olivat iältään 6 – 15 –vuotiaita, ja niiden paino oli kokeen aikana keskimäärin 565 kg (keskihajonta 30 kg). Kaikki hevoset olivat terveitä lähinnä kevyessä ratsastuskäytössä olevia hevosia, ja niiden hampaiden hoidosta, rokotuksista ja loishäädöstä oli huolehdittu säännöllisesti. Hevosilla oli kokeen aikana kengät, joissa olevat hokit irrotettiin keruujakson ajaksi. Hevoset olivat kokeen ajan yksittäiskarsinoissa. Karsinoissa oli automaattisesti täyttyvät vesikupit ja koetta varten rakennetut ruokintatelineet karkearehulaatikoita varten. Lisäksi karsinoissa oli erilliset ruokakupit väkirehu- ja kivennäisruokintaa varten. Hevoset tarhattiin ryhmässä, ja niillä pidettiin tarhauksen ajan kuonokoppia hiekan syönnin estämiseksi.

### 6.3 Koeasetelma, rehut ja ruokinta

Koeasetelmana oli epätäydellinen 6 x 4 latinalainen neliö. Kokonaiskeruumenetelmänä toteutettu sulavuuskoe käsitti neljä kolmen viikon mittaista jaksoa. Jaksoon sisältyi viiden vuorokauden mittainen siirtokausi, jolloin rehu vaihdettiin uuden koejakson rehuun ja 12 vuorokautta rehuun totuttautumista. Jokaisen jakson neljänä viimeisenä vuorokautena suoritettiin sonnan ja virtsan kokonaiskeruu. Keruuviikot olivat viikot 3, 6, 9 ja 12. Keruu aloitettiin maanantai-aamuna klo 9.00 ja päätettiin saman viikon perjantai-aamuna klo 9.00.

Maanantaiaamuna ennen keruun aloittamista hevoset pääsivät ulkotarhaan jaloittelemaan. Sillä välin karsinoissa ollut kuiviketurve poistettiin huolellisesti. Turpeen poistaminen karsinoista oli kokeessa oleellista, jotta kerättävä sonta säilyi näytteitä varten puhtaana. Turvekuivituksen tilalle karsinoihin laitettiin kumiset parsimatot (4 kpl /karsina) betonilattian päälle, jotta hevoset pystyivät halutessaan menemään makuulle. Myös karsinoissa muutoin olleet suolakivet (100 % NaCl, Milka, Biofarm Oy, Karkkila, Suomi) otettiin karsinoista pois keruujakson päivien ajaksi. Koehevoset punnittiin sekä kokeen alussa että jokaisen jakson lopussa. Kokeen aikana hevosia liikutettiin ratsastamalla. Lisäksi hevoset pääsivät päivittäin ulkotarhoihin. Poikkeuksena olivat keruujakson tiistai, keskiviikko ja torstai, jolloin hevosia liikutettiin ainoastaan tallikäytävillä taluttamalla yhtäjaksoisesti 15 minuutin ajan.

Tutkimuksessa hevosten ruokinnat laskettiin yksilöllisesti Microsoft Excel 2010 – ohjelmalla siten, että kuiva-aineen saanti oli 70 g per metabolinen elopainokilo. Tällöin ruokintataso vastaa kohtalaisesti kevyttä työtä tekevien hevosten energiantarvenormeja (MTT 2014). Laskennassa käytettiin rehujen analyysitietoja edellisestä kokeesta (23.9. – 13.12.2013), jossa käytössä oli samoja rehuja sekä rehutaulukoiden tietoja. Ruokinoista kaksi sisälsi ainoastaan karkearehua. Karkearehuiksi oli valittu ypäjäläiseltä heinäntuottajalta ostettu pikkupaaleihin tehty kuivaheinä sekä lähiseudulla tuotettu esikuivattu säilöheinä pakattuina 20 kg:n ilmatiiviisiin säkkeihin (Prohay Oy).

Neljä muuta dieettiä sisälsivät kuivan heinän ohella Suomessa yleisesti hevosten ruokinnassa käytettäviä rehuja: litistettyä kauraa, soijarouhetta (Soijarouhe, Suomen Rehu), pellavasiemenpuristetta (Pellavainen, Suomen Rehu) ja rypsirouhetta (Farmarin rypsi, Suomen Rehu). Väkirehua sisältävillä dieeteillä ruokinnan karkearehu-väkirehusuhde oli 70:30. Näiden dieettien valkuais täydennys laskettiin siten, että osa kaurasta korvattiin valkuaisrehulla siten, että dieetissä laskennallinen valkuaisentarve täydentyi. Kaikki hevoset saivat lisäksi päivittäin 100 g merilevöpohjaista kivennäisrehuseosta (Hiveral, Hiven Oy). Kaura syötettiin hevosille litistettynä. Näin pystyttiin estämään hevosia syö-

mästä omaa sontaansa (koprofagia) kokonaisuena ruoansulatuskanavan läpi kulkeutuneiden kauranjyvien vuoksi. Vettä hevoset saivat koko kokeen ajan karsinoissa olevista automaattikupeista.

Ruokinnat koostuivat seuraavasti (% /kg ka):

- A) Esikuivattu säilöheinä (100 %)
- B) Kuivaheinä (100 %)
- C) Kuivaheinä (70 %) ja kaura (30 %)
- D) Kuivaheinä (70 %), soijarouhe ja kaura (30 %)
- E) Kuivaheinä (70 %), rypsirouhe ja kaura (30 %)
- F) Kuivaheinä (70 %), pellavarouhe ja kaura (30 %)

Tutkimuksen koeasetelma on esitetty taulukossa 1. Taulukon vaakariveillä on jokaisen jakson sisältämät kuusi ruokintaa (A – F), ja pystyriveillä on jokaisen hevosen kullakin jaksolla saama dieetti. Jaksot on numeroitu yhdestä neljään, ja koehevosille arvottiin numerot siten, että 1 = Nupukka, 2 = Oliivia, 3 = Taaleri, 4 = Vankka, 5 = Vekuli ja 6 = Agronomi.

**Taulukko 1. Tutkimuksen koeasetelma**

	Eläin					
Jakso	1	2	3	4	5	6
1	C	D	E	F	B	A
2	E	F	B	A	C	D
3	D	E	F	B	A	C
4	B	A	C	D	E	F

Hevoset ruokittiin kolme kertaa vuorokaudessa kello 6, 12 ja 18. Kaikki rehut punnittiin (karkearehujen vaaka Soehnle, väkirehujen ja kivennäisten vaaka Mettler Toledo SB8100). Hevosten ruokinnasta vastasivat kokeeseen perehtyneet henkilöt. Hevosille jaettiin ensin karkearehut ja vasta sen jälkeen väkirehut. Pellavansiemenrouhetta turvotettiin noin 15 minuuttia lämpimässä vedessä ennen sen antamista. Muut rehut annettiin kuivina.

## 6.4 Näytteiden keruu ja analysointi

Tutkimus toteutettiin kokonaiskeruumenetelmällä. Sonnat kerättiin karsinoissa olevien kumisten parsimattojen päältä. Virtsan keräämistä varten hevosille laitettiin keruujakson ajaksi virtsankeruuvaljaat (Equisan Marketing PTY LTD, South Melbourne, Victoria, Australia). Rehu-, virtsa- ja sontanäytteet analysoitiin MTT:n rehulaboratoriossa Jokioissa. Verinäytteet tutkittiin Ellab-eläinlaboratoriossa Ypäjällä. Näytteisiin kelpasivat vain puhtaina saadut sonta- ja virtsanäytteet. Mikäli sonta tai virtsa oli sekoittunut keskenään tai rehujen kanssa niiden katsottiin olevan ns. jätesontaa, -rehua tai -virtsa, ja ne säilytettiin ja pakastettiin erikseen.

### 6.4.1 Virtsanäytteet

Virtsanäytevaljaat tyhjennettiin aina, kun niiden huomattiin sisältävän virtsaa. Virtsa valutettiin valjaissa olevasta pussista kannellisiin 5 l:n astioihin. Virtsankeruuvaljaiden pussit huuhdeltiin tarvittaessa vedellä (esim. sontakontaminaatio) ja huuhteluvesi valutettiin huolellisesti pussista pois ennen valjaiden takaisin laittamista. Virtsa sekoitettiin huolellisesti, ja siitä otettiin välittömästi sen keruun jälkeen 30 ml:aa näytettä muoviruiskuun. Nämä jakson aikana saadut hapottamattomat virtsanäytteet yhdistettiin pakasessa (-34 C°) pidettävään koehevosen 250 ml:n muovipulloon. Loput virtsasta siivilöitiin nelinkertaisen harsotaitoksen läpi kannelliseen 10 l:n muovisankoon, johon oli laitettu 200 ml 5-M rikkihappoa estämään typen haihtuminen virtsasta. Virtsa punnittiin



jokaisen keruuvuorokauden iltana ja viimeisen keruuvuorokauden päättyessä kello 9. Hapotetun virtsan pH:ta seurattiin pH-papereilla, ja tarvittaessa happoa lisättiin. Hapotetusta virtsasta otettiin yhteensä keruuvuorokausina 100 ml:aa hapotettua virtsanäytettä kaksi kertaa /keruuvuorokausi. Hapotetut virtsanäytteet yhdistettiin hevosen numeroilla varustettuihin yhden litran muovipulloihin ja säilytettiin isossa pakastinhuoneessa (-7,5 C°).

Virtsasta analysoitiin sen sisältämä kokonaistyyppi. Virtsa näytteitä oli sekä hapotettuja että hapottamattomia, koska kokeessa haluttiin saada selville, minkälaisia eroja eri menetelmien välille mahdollisesti tulisi näytteitä analysoitaessa. Virtsan sisältämän kokonaistypen määrittäminen tehtiin tuoreista näytteistä Kjeldahl–menetelmällä (Foss Kjelttec 2400 Analyzer Unit).

Keruuajaksilla kaikkea virtsaa ei saatu kerättyä talteen, vaikka valjaat kiinnitettiin oikein ja ne pyrittiin säätämään hevosille mahdollisimman hyvin sopiviksi. Australialaisten virtsankeruuvaljaiden malli ei kuitenkaan sopinut kaikille kokeessa oleville raskarakenteisille suomenhevosille. Virtsankeruuvaljaat oli suunniteltu siten, että hevosen virtsan pitäisi ohjautua ensin muoviseen suppilonmalliseen osaan, ja sieltä muovista putkea pitkin hevosen vatsan alla sijaitsevaan virtsankeruupussiin. Kokeen aikana osalta hevosista vain pieni osa virtsasta saatiin talteen virtsankeruupussiin, loppu virtsan mennessä valjaiden ohi karsinan lattialle. Yksi tutkimushevonen ei myöskään mielellään virtsannut valjaiden kanssa, ja hevonen alkoi pidättää virtsaamista ja harventaa virtsauskertojaan. Hevosen lopulta virtsatessa virtsan määrä oli jo niin suuri, että suurin osa virtsasta roiskui valjaiden ohi. Valjaat ilmeisesti myös kutittivat hevosia, sillä ne hankasivat valjaita karsinan rakenteita vasten, jolloin valjaat saattoivat mennä vinoon, rikkoutua ja tämän seurauksena jopa tippua hevosten päältä. Suuresta virtsahävikistä johtuen hevosten keruuajaksilla erittämää kokonaisvirtsamäärää ei siten pystytty luotettavasti todentamaan. Tutkielmassa hevosten vuorokaudessa erittämän virtsan määrä on tästä johtuen päädytty laskemaan virtsan sisältämän kreatiinipitoisuuden mukaan.

### 6.4.2 Sontanäytteet

Keruuajakson aikana hevosten erittämät sonnat kerättiin suoraan karsinoista kannellisiin 65 litran muovisaaveihin. Sonta-astiat olivat päivisin tallin käytävällä ja yöksi ne siirrettiin viileään tallieteiseen. Jokaista keruuvuorokautta seuraavana aamuna klo 9 punnittiin vuorokauden aikana kerätty sonta. Lisäksi sonnasta otettiin osanäyte laboratorioanalyysjä varten. Edustavan näytteen saamista varten saaveissa oleva sonta sekoitettiin huolellisesti ja sen rakenne pyrittiin rikkomaan mahdollisimman tasaiseksi talikoiden avulla. Sonnan kokonaispainosta otettiin 12 %:n näyte, joka pakastettiin (-7,5 C °) analysointia varten.

Ennen analysointia pakastetut sontanäytteet sulatettiin ja niistä tehtiin kuiva-ainemääritys. Kuiva-ainemääritys tapahtui kuivaamalla näytteitä uunissa 20 tuntia. Näyte laitettiin kylmään uuniin ja uuni laitettiin päälle. Kahdeksi ensimmäiseksi tunniksi lämpötila asetettiin +60 C °, jonka jälkeen lämpötila nostettiin +110 C °:een seuraaviksi 18 tunniksi. Kuivatut analyysinäytteet jauhettiin 1 mm:n seulalla. Lisäksi tuoreesta näytteestä tehtiin typpianalyysi (Kjeldahl).

Kuivatusta sontanäytteestä analysoitiin sekundäärinen kuiva-aine, tuhka/hehkutushäviö, raakakuitu, neutraalidetergenttikuitu (NDF), happodetergenttikuitu (ADF) ja fosfori. Jätessonnasta analysoitiin primäärinen kuiva-ainepitoisuus.

Sonnan primäärinen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (2 h, 50°C ja 20 h, 105°C). Myös sekundäärisen kuiva-aine määritettiin lämpökaapissa (16 h, 105°C). Tuhkaaminen tehtiin AOAC-942.05 menetelmän mukaisesti polttamalla näyte 600°C:ssa 2 h tai vaihtoehtoisesti 510°C:ssa 16 h. Raakakuitu määritettiin menetelmällä 962.09 AOAC (1990). Kokonaistyyppi määritettiin Dumasin menetelmällä (Leco FP 428 nitrogen analyser). Rehun raakavalkuaispitoisuus saatiin kertomalla kokonaistyyppipitoisuus luvulla 6,25. NDF ja ADF määritettiin ANKOM – menetelmän mukaan.

### 6.4.3 Rehunäytteet

Keruuviikolla kaikista rehuista otettiin rehujen punnitsemisen yhteydessä näytteitä rehujen koostumuksen analysointia varten. Myös mahdollisesti syömättä jäänyt rehu kerättiin talteen ja punnittiin erikseen ns. jäterehtuna. Rehunäytteet säilytettiin pakastinhuoneessa (-7,5 C°) jakson loppuun ennen niiden toimittamista eteenpäin laboratorioanalyysijä varten. Rehuista analysoitiin primäärinen kuiva-aine, sekundäärinen kuiva-aine, tuhka, raakakuitu, kokonaistyyppi, NDF, ADF ja fosfori. Rehunäytteet analysoitiin samoilla menetelmillä kuin sontanäytteet. Lisäksi kivennäisistä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine sekä kalsium (Ca) ja fosfori (P). Kalsiumin ja fosforin määrittäminen tehtiin märkäpoltolla mikroaaltouunilla (CEM MARS). Näytettä punnittiin tarkasti 0,5 g, ja siihen lisättiin 5 ml väkevää typpihappoa ja 5 ml puhdistettua vettä. Näytteiden polttolämpötila oli 180 C°:sta. Mittaus tehtiin ICP:llä (Perkin Elmer Optima). Jätterehtuista määritettiin kuiva-ainepitoisuus.

### 6.4.4 Verinäytteet

Hevosista otettiin verinäytteet kunkin keruujakson keskiviikkoamuna alkaen klo 9. Verinäytteet otettiin kaulalaskimosta kahteen 10 ml:n näyteputkeen (BD Vacutainer K2E 18, 0mg REF 367525, BD Plymouth, UK). Verestä analysoitiin kemiallisesti hevosten valkuaistasapainon selvittämiseksi seerumin urea (S-UREA)- ja kokonaisproteiinipitoisuus (S-Prot) sekä pienen verenkuvan sisältämät hematologiset määritykset: leukosyytit (B-LEUK), erytrosyytit (B-ERYT), hemoglobiini (B-HB), hematokriitti (B-HKR), punasolujen keskitilavuus (MCV), punasolujen keskimääräinen hemoglobiinin määrä (MCH) ja punasolujen keskimääräinen hemoglobiinin konsentraatio (MCHC).

## 6.5 Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Tutkimuksessa sulavuus on mitattu näennäisenä kokonaissulavuutena. Näennäisessä kokonaissulavuudessa sonta sisältää syödyn rehun lisäksi metabolista ja endogeenistä ainesta. Kuiva-aineen ja ravintoaineiden sulavuudet laskettiin syödyn rehun ja sonnassa eritetyt rehun erotuksena (Syönti rehussa – Eritys sonnassa) / Syönti rehussa.

Rehun raakavalkuaisen typpipitoisuus on yleensä 16 %. Rehun sisältämä typpimäärä laskettiin raakavalkuaispitoisuudesta valkuaiskertomella 6,25 (100 / 16 = 6,25). Rehun sisältämä raakavalkuainen (kg) / 6,25 = Rehun sisältämä typpimäärä (kg).

Virtsan määrä laskettiin virtsasta analysoituun kreatiinipitoisuuteen tukeutuen Meyerin ja Stadermannin (1990) laskukaavan avulla:

$$y = 24,3 + (14067/x)$$

x = virtsan kreatiinipitoisuus mg /dl

y = ml /100 kg hevosen elopaino (BW) x (tunnit) h

Kreatiinin moolimassa 0,13113 g/mmol

Virtsan ominaispainoa laskettaessa käytettiin kirjallisuudessa esitettyjen hevosten virtsan ominaispainojen keskiarvoa 1,034 g /l virtsaa (Bosken ym. 2003, Reese 2004, Reeder ym. 2009, Higgins ja Snyder 2013, Parrah ym. 2013, Orsini ja Divers 2014).

Kokeen tulokset tallennettiin ja laskettiin Microsoft Excel 2010 – taulukkolaskentaohjelmalla ja tilastollinen analyysi tehtiin SAS ohjelmiston 9.4. –versiolla, käyttäen sen Mixed-proseduuria. Tilastollinen luotettavuus varmistettiin Shapiro-Wilkin mukaan ( $P > 0,05$ ) ja residuaalien normaalijakautuneisuudesta. Ruokintojen väliset tilastolliset erot testattiin ortogonaalisilla kontrasteilla. Valitut kontrastit olivat: 1. Säilörehuruokinta verrattuna kaikkiin muihin ruokintoihin, 2. Heinäruokinta verrattuna täydennettyihin ruokintoihin (kaura-/soija-/rypsi-/pellavatäydennys), 3. Heinä-kauraruokinta verrattuna muilla valkuaisväkirehuilla (soija/rypsi/pellava) täydennettyihin ruokintoihin, 4. Heinä-soijaruokinta

verrattuna kotoperäisiin valkuaisrehuihin (rypsi/pellava) sekä 5. Kotoperäisten valkuaisrehujen vertaaminen toisiinsa (rypsi ja pellava).

Ruokintakokeen ensimmäisellä jaksolla Agronomi-hevosien raakavalkeaisen (rv) ja raakakuidun (rk) syöntimäärät olivat muiden hevosten saamiin tuloksiin verrattuna poikkeavat. Nämä poikkeavat rv:n ja rk:n syöntimäärät päädyttiin jättämään pois testauksesta jaksolla 4. Vankka-hevosien tuhkan sulavuus sai poikkeuksellisesti negatiivisen arvon (-0,00326). On mahdollista, että hevonen on syönyt hiekkaa, ja tämän vuoksi sonnassa erittynyt tuhkapitoisuus nousi rehussa syötyä pitoisuutta korkeammaksi. Myös tämä poikkeava arvo on jätetty pois testauksesta.

Kokeen jälkeen rehunäytteiden analyysituloksista kävi ilmi, että 1. jakson esikuivatun säilöheinän kuiva-ainepitoisuus oli pienempi (599 g /kg) kuin jaksoilla 2. – 4. (623 – 651 g /kg). Märemmästä rehusta johtuen Agronomi-hevosien kuiva-aineen saanti jäi 1. jaksolla vähäisemmäksi kuin muiden säilörehuruokinnalla olleiden hevosten.

Kokeessa kerätty virtsa säilöttiin kahdella eri menetelmällä. Säilöntä tapahtui sekä pakastamalla näytteet välittömästi näytteiden keruun jälkeen että käyttämällä happoa virtsan vakioimiseen ennen pakastamista.

Käsittelyjen välisiä tilastollisia eroja on tarkasteltu seuraavasti:  $P < 0,001$  = erittäin merkitsevä ero,  $P < 0,01$  = hyvin merkitsevä ero,  $P < 0,05$  = merkitsevä ero ja  $P < 0,1$  = suuntaa antava.

## 7. TULOKSET

### 7.1 Rehujen kemiallinen koostumus

Karkearehuista säilöheinän kuiva-ainepitoisuus oli 627 g /kg ja kuivan heinän 849 g /kg (taulukko 2.). Karkearehujen orgaanisen aineen, raakakuidun ja ADF:n pitoisuudet olivat lähellä toisiaan. Säilöheinän raakavalkuaispitoisuus oli 111 g /kg ka. Kuiva heinä oli säilöheinää valkuaisköyhempää, ja sen raakavalkuaispitoisuus oli 83,2 g /kg ka. Kuivan heinän NDF-pitoisuus (604 g /kg ka) oli säilöheinän (617 g /kg ka) NDF-pitoisuutta alhaisempi. Valkuaisrehuista soijassa oli eniten raakavalkuaista (495 g /kg ka). Pellavassa raakavalkuaista oli 301 g /kg ka ja rypsissä 364 g /kg ka. Soijan raakakuitu, NDF- sekä ADF-pitoisuudet olivat pienemmät kuin muissa valkuaisrehuissa.

**Taulukko 2. Rehujen kemiallinen koostumus (g/kg ka)**

	Säilöheinä	Heinä	Kaura	Soija	Rypsi	Pellava	Kivennäinen
Kuiva-aine	627	849	856	897	880	926	968
Tuhka	61,9	60,5	33,8	70,3	72,5	60,7	
Orgaaninen aine	938	940	966	930	928	939	
Raakavalkuainen	111	83,2	107	495	364	301	
Raakakuitu	319	316	105	52,0	122	95,5	
NDF	617	604	288	114	280	264	
ADF	329	327	123	57,7	185	142	
Fosfori	2,3	2,1	3,3	7,3	10,2	9,0	48,2
Kalsium							172

NDF = neutraalidetergenttikuitu ja ADF = happodetergenttikuitu

## 7.2 Rehujen syönti ja ravintoaineiden saanti

Koerehut maittoivat hevosille hyvin, eikä jäterehoa juuri jäänyt. Ainoastaan yksi hevonen jätti osan litistetyistä kauraista aamuruokinnossa kokonaan syömättä, ja nämä syömättä jääneet kaurat käsiteltiin kokeessa jäterehana. Koeruokintojen keskimääräiset päivittäiset rehuannokset on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3. Rehujen syönti eri koeruokinnolla kg /vrk (tuorepaino)**

Ruokinta	Heinä	Säilöheinä	Kaura	Soija	Rypsi	Pellava
A	6,6		2,8			
B	6,6		2,4	0,4		
C	6,7		2,1		0,8	
D	6,6		2,0			0,8
E	9,5					
F		11,7				

Kokeen ruokinnat eivät olleet isonitrogenisiä eli ne sisälsivät eri määrän typpeä. Hevoset saivat säilöheinäruokinnalla vähemmän kuiva-ainetta ja orgaanista-ainetta ( $P<0,001$ ), mutta enemmän raakavalkuaista, raakakuitua, NDF:ää ja ADF:ää ( $P<0,001$ ) muihin ruokintoihin verrattuna (taulukko 4). Kuivaheinäruokinnasta hevoset saivat enemmän tuhkaa, raakakuitua, NDF:ää ja ADF:ää ( $P<0,001$ ), mutta vähemmän raakavalkuaista ( $P<0,001$ ) verrattuna väkirehuilla täydennettyihin ruokintoihin.

Hevoset söivät heinäruokinnalla raakavalkuaista keskimäärin 0,67 kg /vrk ja sulavaa raakavalkuaista 0,42 kg /vrk. Siten myös sulavan raakavalkuaisen saanti jäi alhaisemmaksi ( $P<0,01$ ) kuin väkirehuilla täydennetyillä ruokinnolla, joilla raakavalkuaisen syönnit vaihtelivat välillä 0,72 – 0,89 kg /vrk ja sulavan raakavalkuaisen syönnit välillä 0,45 – 0,58 kg /vrk.

Verrattaessa heinä-kauraruokintaa valkuaisväkirehuilla täydennettyihin ruokintoihin heinä-kauraruokinnoista hevoset saivat vähemmän raakavalkuaista ( $P < 0,001$ ) ja sulavaa raakavalkuaista ( $P < 0,01$ ). Rypsilä täydennetyllä ruokinnalla hevoset saivat vuorokaudessa hieman enemmän raakavalkuaista kuin pellavalla täydennetyllä ruokinnalla ( $P < 0,05$ ).



Taulukko 4. Syönti ja ravintoaineiden saanti kg /vrk

Karkearehu	Säilöheinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	SEM	Merkitsevyydet				
								Säilöheinä	Heinä	Heinä-kaura	Soija	Rypsi
Täydennysrehut	-	-	Kaura	Kaura	Kaura	Kaura		vs	vs	vs	vs	vs
			+ Soija	+ Rypsi	+ Pel-	lava		Muut	Heinä + Täyd.	Valk.täyd.	Rypsi + Pellava	Pellava
Kuiva-aine	7,52	8,09	8,06	8,13	8,04	8,23	0,167	<0,001	0,790	0,446	0,962	0,106
Tuhka	0,46	0,48	0,42	0,44	0,45	0,45	0,009	0,145	<0,001	0,005	0,118	0,620
Orgaaninen aine	6,96	7,55	7,54	7,60	7,49	7,69	0,160	<0,001	0,694	0,561	0,900	0,094
Raakavalkuainen*	0,85	0,67	0,72	0,87	0,89	0,88	0,015	<0,001	<0,001	<0,001	0,097	0,026
Typpi	0,14	0,11	0,12	0,14	0,14	0,14	0,003	0,167	<0,001	<0,001	0,556	0,394
srv	0,48	0,42	0,45	0,55	0,57	0,58	0,031	0,300	0,007	0,008	0,565	0,837
NDF	4,57	4,82	4,05	4,03	4,03	4,12	0,096	<0,001	<0,001	0,864	0,490	0,281
ADF	2,44	2,61	2,11	2,11	2,15	2,17	0,048	<0,001	<0,001	0,336	0,181	0,586

srv = sulava raakavalkuainen, NDF = neutraalidetergenttikuitu, ADF = happodetergenttikuitu.

\*Taulukossa havaintoja ravintoaineittain 24 kpl (N=24), mutta raakavalkuaisesta havaintoja poikkeuksellisesti 23 kpl (N=23).

Verrattaessa säilöheinäruokintaa muihin koeruokintoihin, osoittautuivat säilöheinän kuiva-aineen (0,515) ja orgaanisen aineen (0,528) sulavuudet ( $P < 0,001$ ) sekä raakavalkuaisen sulavuus ( $P < 0,05$ ) muita ruokintoja heikommiksi (taulukko 5).

Heinäruokinnan raakakuidun (0,514) ja ADF:n (0,499) sulavuudet olivat paremmat kuin heinää ja väkirehua sisältävien ruokintojen ( $P < 0,01$ ). Sen sijaan heinäruokinnan kuiva-aineen ja orgaanisen aineen sulavuudet sekä raakavalkuaisen sulavuus jäivät heinää ja väkirehua sisältäviä ruokintoja heikommiksi ( $P < 0,001$ ).

Soijaa-, rypsiä- ja pellavaa sisältäneiden ruokintojen raakavalkuainen sulii paremmin kuin heinää ja kauraa sisältäneen ruokinnan ( $P < 0,01$ ). Soijaa sisältävän ruokinnan kuiva-aineen ( $P < 0,05$ ), orgaanisen aineen ( $P < 0,01$ ) ja raakavalkuaisen sekä raakakuidun ( $P < 0,05$ ) sulavuudet olivat paremmat kuin rypsiä tai pellavaa sisältävien ruokintojen. Kotoperäisiä valkuaisväkirehua, rypsi ja pellava, sisältäneiden ruokintojen sulavuuksien välillä ei havaittu merkitsevää eroa.

Taulukko 5. Ravintoaineiden sulavuudet

Karkearehu	Säilö- heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	SEM	Merkitsevyydet				
								Säilöheinä	Heinä	Heinä-kaura	Soija	Rypsi
Täydennysrehut	-	-	Kaura	Kaura	Kaura	Kaura		vs	vs	vs	vs	vs
				+	+	+ Pel-						
				Soija	Rypsi	lava		Muut	Heinä + Täyd.	Valk.täyd.	Rypsi + Pellava	Pellava
Kuiva-aine	0,515	0,560	0,604	0,624	0,598	0,599	0,0097	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,722	<b>0,019</b>	0,909
Tuhka*	0,212	0,215	0,251	0,290	0,225	0,248	0,0408	0,409	0,357	0,929	0,293	0,654
Orgaaninen aine	0,528	0,573	0,620	0,643	0,615	0,614	0,0088	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,597	<b>0,006</b>	0,918
Raakavalkuainen	0,609	0,514	0,632	0,703	0,671	0,663	0,0193	<b>0,034</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,016</b>	0,588
Typpi	0,609	0,514	0,632	0,703	0,671	0,663	0,0193	<b>0,034</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,016</b>	0,588
NDF	0,484	0,507	0,478	0,500	0,473	0,478	0,0124	0,773	0,051	0,595	0,063	0,697
ADF	0,474	0,499	0,452	0,485	0,463	0,460	0,0134	0,866	<b>0,008</b>	0,148	0,059	0,830

NDF = neutraalidetergenttikuitu, ADF = happodetergenttikuitu.

\*Taulukossa havaintoja ravintoaineittain 24 kpl (N=24), mutta tuhkasta poikkeuksellisesti 23 kpl (N=23).

### 7.3 Ravintoaineiden sekä sonnan, virtsan ja typen erityis

Laboratorioanalyysien typpipitoisuudet erosivat eri säilöntätavoilla tehtyjen näytteiden välillä, joten molemmista analyyseistä saadut tulokset on vertailun vuoksi esitetty taulukossa 7. Typpi säilyi paremmin suoraan pakastetuissa hapottamattomissa virtsanäytteissä. Hapotetuissa virtsanäytteissä hapon määrä oli aina vakio, mutta happoon säilötyn virtsan määrä vaihteli sen mukaan, kuinka paljon virtsaa saatiin talteen kultakin virtsauskeräältä. Tästä johtuen hapon ja virtsan suhteet olivat näissä näytteissä erilaiset.

Hevosten syödessä säilöheinää, niiden sonnassa erittyi enemmän kuiva-ainetta ja orgaanista-ainetta ( $P < 0,001$ ) sekä raakavalkuaista, raakakuitua, NDF:ää ja ADF:ää ( $P < 0,01$ ) ja tuhkaa ( $P < 0,05$ ) muihin koeruokintoihin verrattuna. Hevosten saadessa pelkkää kuivaa heinää, niiden sontoan erittyi enemmän kuiva-ainetta, orgaanista ainetta, raakavalkuaista, raakakuitua, NDF:ää ja ADF:ää kuin väkirehuja sisältävillä ruokinnoilla ( $P < 0,001$ ). Pelkkää karkearehua sisältäneet ruokinnat eivät eronneet toisistaan.

Kuiva-ainetta ( $P < 0,05$ ), orgaanista-ainetta ja raakavalkuaista ( $P < 0,01$ ), raakakuitua ja NDF:ää ( $P < 0,05$ ) sekä ADF:ää ( $P < 0,01$ ) erittyi vähemmän soijaa sisältävällä ruokinnalla verrattuna kotoperäisiin valkuaisrehuihin (rypsi ja pellava). Rypsiä tai pellavaa sisältäneiden ruokintojen välillä ei havaittu eroa erityksessä.

Hevosten syödessä säilöheinää, ne erittivät enemmän sontoa ja sonnan kuiva-ainetta ( $P < 0,001$ ) verrattaessa muihin ruokintoihin (taulukko 7). Laskettaessa yhteen sekä sonnan että virtsan mukana erittynyt typpi (hapotetut virtsanäytteet), oli typpimäärä suurempi verrattaessa muihin ruokintoihin ( $P < 0,05$ ).

Pelkää kuivaa heinää syödessään hevoset erittivät enemmän tuoretta sontaa ja sonnan kuiva-ainetta verrattuna tilanteeseen, jossa niiden ruokintaa täydennettiin valkuaisrehulla ( $P < 0,001$ ). Erittynyt sonta sisälsi enemmän typpeä ja myös virtsan erityys lisääntyi ( $P < 0,01$ ). Kuitenkin virtsassa erittyvän typen määrä sekä yhteensä sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrä olivat pelkällä heinäruokinnalla pienempiä kuin valkuaisrehuilla täydennetyillä ruokinnoilla ( $P < 0,001$ ). Heinä-kaura -ruokinnalla hevoset erittivät vähemmän typpeä virtsassa kuin kokonais erityyksenä (virtsa + sonta) ( $P < 0,01$ ) verrattuna valkuaisrehuilla täydennettyihin ruokintoihin. Verrattaessa soijaa kotoperäisiin valkuaisrehuihin rypsiin ja pellavaan, vähensi soijaruokinta sonnassa erittyvän kuiva-aineen määrää ( $P < 0,05$ ). Myös sonnassa erittyvän typen määrä oli soijaruokinnalla pienempi ( $P < 0,01$ ) kuin hevosten syödessä rypsiä tai pellavaa.

Taulukko 6. Ravintoaineiden erityis sonnassa kg /vrk

Karkearehu	Säilö- heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	SEM	Merkitsevyydet				
								Säilöheinä	Heinä	Heinä-kaura	Soija	Rypsi
Täydennysrehut	-	-	Kaura	Kaura	Kaura	Kaura		vs	vs	vs	vs	vs
				+	+	+ Pel-		Muut	Heinä + Täyd.	Valk.täyd	Rypsi + Pellava	Pellava
			Soija	Rypsi	lava							
Kuiva-aine	3,63	3,57	3,17	3,05	3,25	3,29	0,058	<0,001	<0,001	0,738	0,012	0,613
Tuhka*	0,36	0,34	0,32	0,32	0,35	0,33	0,012	0,049	0,440	0,567	0,224	0,431
Orgaaninen aine	3,27	3,23	2,85	2,71	2,90	2,96	0,050	<0,001	<0,001	0,976	0,004	0,393
Raakavalkuainen	0,32	0,32	0,26	0,26	0,29	0,30	0,014	0,002	<0,001	0,077	0,007	0,683
NDF	2,35	2,38	2,10	2,01	2,14	2,14	0,041	0,001	<0,001	0,963	0,020	0,969
ADF	1,28	1,30	1,15	1,08	1,16	1,17	0,022	0,001	<0,001	0,534	0,006	0,645

NDF = neutraalidetergenttikuitu, ADF = happodetergenttikuitu.

\*Taulukossa jokaisen ravintoaineen havainnot sisältävät 24 kpl (N=24) havaintoja, paitsi tuhkasta havaintoja on poikkeuksellisesti 23 kpl (N=23).

Taulukko 7. Sonnan ja virtsan erityis sekä erittyvän typen määrävuo-rokaudessa

Karkearehu	Säilöheinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	SEM	Merkitsevyydet				
								Säilöheinä	Heinä	Heinä-kaura	Soija	Rypsi
Täydennysrehut	-	-	Kaura	Kaura	Kaura	Kaura		vs	vs	vs	vs	vs
				+	+	+ Pel-		Muut	Heinä + Täyd.	Valk.täyd.	Rypsi+Pellava	Pellava
				Soija	Rypsi	lava						
Sonta kg /vrk	19,3	18,7	14,4	14,1	13,9	14,0	0,88	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,512	0,744	0,831
Sonnan ka kg /vrk	3,6	3,6	3,2	3,1	3,2	3,3	0,06	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,738	<b>0,012</b>	0,613
Sonnan N g /vrk	51,6	51,4	42,5	41,6	46,6	47,6	2,27	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	0,087	<b>0,005</b>	0,603
Virtsa l /vrk	14,0	14,3	10,9	13,0	12,0	11,8	0,86	<b>0,026</b>	<b>0,003</b>	0,050	0,146	0,827
Virtsan N g /vrk (ei hapotettu näyte)	123	85,2	117	131	139	124	7,09	0,644	<b>&lt;0,001</b>	0,061	0,950	0,106
Virtsan N g /vrk (hapotettu näyte)	104	64,4	80,7	111	111	105	5,79	0,144	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	0,678	0,464
N sonta + virtsa g (ei hapotettu näyte)	173	137	160	173	186	171	7,96	0,239	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,034</b>	0,464	0,118
N sonta + virtsa g (hapotettu näyte)	156	116	123	152	157	152	5,41	<b>0,016</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,644	0,427

ka = kuiva-aine, N = typpi

## 7.4 Veriparametrit

Säilöheinäruokinnalla veren ureapitoisuus oli suuntaa-antavasti suurempi kuin muilla ruokinnoilla ( $P < 0,1$ ) (taulukko 8). Pelkästä heinästä koostuvalla ruokinnalla veren erytrosyyttiarvo oli suurempi kuin muilla rehuilla täydennetyillä ruokinnoilla ( $P < 0,01$ ). Heinästä ja kaurasta koostuvalla ruokinnalla veren leukosyyttiarvo oli pienempi kuin muilla valkuaisväkirehuilla täydennetyillä ruokinnoilla ( $P < 0,05$ ).

Osa saaduista tuloksista ei täyttänyt Ellab eläinlaboratorion viitearvoja. Hemoglobiini- ja erytrosyytti-arvot jäivät pelkästä heinästä koostuvaa ruokintaa lukuun ottamatta Ellabin eläinlaboratorion viitearvojen alapuolelle. Hematokriittiarvot jäivät viitearvojen alapuolelle hevosten saadessa ainoastaan säilöheinää tai ruokinnan täydennyksen sisältäessä soijaa tai pellavaa. Seerumin kokonaisproteiinipitoisuus jäi viitearvojen alapuolelle hevosten syödessä säilöheinää sekä rehustuksen sisältäessä rypsiä tai pellavaa.



Taulukko 8. Veriarvot

Karkearehu	Säilöheinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä	Heinä		<i>Merkitsevyydet</i>				
								Säilöheinä	Heinä	Heinä-kaura	Soija	Rypsi
Täydennysrehut	-	-	Kaura	Kaura	Kaura	Kaura	SEM	vs	vs	vs	vs	vs
				+	+	+						
				Soija	Rypsi	Pellava		Muut	Heinä + Täyd.	Valk.täyd.	Rypsi + Pellava	Pellava
B-LEUK (4,8-9,3x10 <sup>9</sup> /l )	6,5	6,3	5,5	6,4	6,0	6,4	0,40	0,188	0,398	<b>0,033</b>	0,481	0,375
B-ERYT (7,0-8,7x10 <sup>12</sup> /l )	6,7	7,4	6,7	6,3	6,8	6,6	0,27	0,794	<b>0,001</b>	0,450	0,101	0,363
B-HB (120-155 g/l)	115	120	116	112	116	114	3,64	0,714	<b>0,024</b>	0,449	0,203	0,354
B-HKR (34 – 42)	33,9	35,4	34,3	33,2	34,3	33,3	1,10	0,790	<b>0,033</b>	0,347	0,441	0,252
UREA (3,0-7,6 mmol/l)	5,0	4,0	4,2	4,4	5,1	4,3	0,34	0,092	0,157	0,343	0,465	0,100
PROT (58-75 g/l)	61,5	62,6	62,2	62,0	61,6	61,8	1,24	0,575	0,466	0,692	0,763	0,935

B-LEUK = leukosyytit, B-ERYT = erytrosyytit, B-HB = hemoglobiini, B-HKR = hematokriitti, UREA = seerumin urea ja PROT = kokonaisproteiinipitoisuus. Sulkuihin on merkitty Ellab-eläinlaboratorion viitearvot.

## 8. TULOSTEN TARKASTELU

### 8.1 Rehujen kemiallinen koostumus

Kokeessa käytettyjen karkearehujen kuiva-ainepitoisuudet olivat karkearehuille tyyppisiä. Saastamoisen ja Hellämäen (2012) laajassa karkearehututkimuksessa esikuivattu säilöheinä sisälsi kuiva-ainetta keskimäärin 687 g kilossa tuoretta rehua. Heidän kokeensa tulokset oli saatu yli 3500 näytteestä kuuden vuoden ajalta. Jaakkolan (2008) mukaan kuivaheinän tulee sisältää riittävästi kuiva-ainetta (850 g kilossa tuoretta rehua) hyvän laadun takaamiseksi. Kokeessa käytetyn säilöheinän kuiva-ainepitoisuus oli 627 g /kg ja kuivan heinän 849 g /kg. Koska hevosten ruokinta koostuu suhteessa eniten karkearehusta, on karkearehujen valkuaispitoisuudella merkittävä vaikutus hevosten päivittäiseen valkuaisen saantiin. Kokeessa käytetyn esikuivatun säilöheinän raakavalkuaispitoisuus oli kevyttä työtä tekeville koehevosille optimaalinen. Se vastasi hyvin hevosten heinälle yleisesti suositeltua raakavalkuaispitoisuutta 110 g /kg ka (Saastamoinen ja Hellämäki 2012). Sen sijaan kuivan heinän raakavalkuaispitoisuus 83,2 g /kg ka oli lähtökohdaisesti hevosille suositeltua pitoisuutta pienempi.

Frape (2012) suosittelee esikuivatun säilöheinän kuiva-ainepitoisuudeksi 500 – 680 g /kg ja raakavalkuaispitoisuudeksi 90 – 120 g raakavalkuaista /kg ka. Karkearehujen ravintoainepitoisuuksissa esiintyy kuitenkin runsaasti vaihtelua. Saastamoisen ja Hellämäen (2012) kokeessa säilöheinänäytteiden raakavalkuaispitoisuudet olivat keskimäärin 87 – 107 g /kg ka ja kuivanheinän 72 – 85 g /kg ka. Pellon typpilannoitus, rehun korjuuajan kohta ja korjuuajan sää vaikuttavat heinän sisältämään valkuaispitoisuuteen. Kasvin vanhetessa ja korsiintuessa sen valkuaispitoisuus vähenee ja ligniinin sekä rakenteellisten hiilihydraattien selluloosan ja hemiselluloosan pitoisuudet nousevat (McDonald ym. 2011). Korsiintunut heinä on täyttävää, eikä hevonen pysty välttämättä syömään sitä tarpeeksi energian ja valkuaisen tarpeen tyydyttämiseksi. Se saattaa myös maittaa hevosille huonosti (Saastamoinen 2008). Niiton jälkeen ja säilönnän aikana kasvien valkuaisaineita hajoaa entsyymaattisesti, jolloin kasvisolujen valkuaisaineita hydrolysoituu

peptideiksi ja aminohapoiksi. Tämä vaikuttaa raakavalkuaisen laatuun. (McDonald ym. 2011.) Niukaksi jäänyt pellon typpilannoitus, varisemistappiot ja erot pellolla viljeltävissä vaikuttavat kaikki sadon valkuaispitoisuuteen. Kokeessa käytetyn säilöheinän ja kuivan heinän kuitumäärissä ei ollut suurta eroa. Ero orgaanisen aineen sulavuudessa viittaa siihen, että korsirehujen kasvuaste oli erilainen tai säilöheinän korjuussa on tapahtunut varisemis- tai muita tappioita.

## 8.2 Rehujen syönti ja sulavuus

Ruokintasuosituksissa (Luke 2015) urheilu- ja vapaa-ajan hevosten kuiva-aineen syöntikyky vuorokaudessa on 1,5 – 2,5 % elopainosta. Elopainoltaan 565 kg painavat (keskihaajonta 30 kg) koehevokset söivät koerehuissa kuiva-ainetta 1,3 – 1,5 % elopainosta. Koe-ruokinnoilla annetut kuiva-ainemäärät eivät siten ylittäneet hevosten syöntikykyä, eikä jäterehoa juuri jäänyt.

Ruokintasuositusten mukaan kevyttä työtä tekevien hevosten sulavan raakavalkuaisen tarve on 0,9 g /elopainokilo. (Luke 2015). Hevosten sulavan raakavalkuaisen saanti jäi alle ruokintasuositusten (Luke 2015) hevosten saadessa säilöheinää (-28,5 g/vrk), kuivaheinää (-88,5 g /vrk) sekä ruokinnan sisältäessä heinää ja kauraa (-58,5 g /vrk). Kuivaheinä ei siten yksin riittänyt täyttämään hevosille suositeltua sulavan raakavalkuaisen määrää, ja valkuais täydennykset olivat laskennallisesti tarpeellisia hevosten valkuaisarpeen tyydyttämiseen. Kokeessa hevosten sulavan raakavalkuaisen saanti ylitti ruokintasuositukset hevosten ruokinnan sisältäessä soijaa (+41,5 g /vrk), rypsiä (+61,5 g /vrk) ja pellavaa (+71,5 g /vrk).

Karkearehun sulavuus vaikuttaa ravintoaineiden hyväksikäyttöön. Laskettuina kokeen sulavuustuloksista, kokeessa käytetty säilöheinä sisälsi sulavaa orgaanista ainetta (= D-arvo) 495 g /kg ka ja kuiva heinä 539 g /kg ka. Hevosten ruokinnassa säilö- ja kuivahei-

nän D-arvotavoite on yleensä vähintään 600 – 620 g /kg ka. D-arvon pieneneminen kuvaa ravintoaineiden heikentyvää sulavuutta hevosen ohut- ja paksusuoleissa. (Saastamoinen 2013.) Kokeessa heinän typen sulavuus oli 0,514 ja säilöheinän 0,609. Täydennettäessä heinäruokintaa väkirehuilla on typen näennäinen kokonaissulavuus havaittu pelkkää heinäruokintaa paremmaksi. Typen sulavuus on parantunut lisättäessä karkearehuruokintaan soijaa (Farley ym. 1995), maissia, kauraa tai durraa (Gibbs ym. 1996) sekä kauraa (Woodward ym. 2011).

Kokeessa soijaa sisältävän ruokinnan raakavalkuainen sulii paremmin kuin rypsilä tai pellavalla täydennettyjen ruokintojen. Soija sisältää runsaasti raakavalkuaista ja sen aminohappokoostumus vastaa hyvin hevosten tarvetta lukuun ottamatta rikkiä sisältäviä aminohappoja, metioniinia ja kystiiniä (Martin-Rosset ym. 2015). Soijarouhe sisältää raakavalkuaista noin 440 g /kg ka. Rypsin valkuaiskoostumus soveltuu hyvin hevosten valkuaisruokintaan. Rypsin valkuaispitoisuus on noin 340 – 390 g /kg ka ja sen lysiinipitoisuus on verrattavissa soijaan (60 – 64 g lysiniä /kg valkuaista). Martin-Rossetin (2015) mukaan öljykasvien, kuten soijan, rypsin ja pellavan, raakavalkuaisen sulavuus on usein hyvä. Sulavuutta voi kuitenkin heikentää solunseinämäaineiden suuri pitoisuus, erityisesti ADF:n, mikä on etenkin rypsilä ominaista. Viljakasvien jyvien, kuten kauran, sisältämän raakavalkuaisen sulavuuden on havaittu paranevan lineaarisesti raakavalkuaispitoisuuden noustessa. Myös sulavan raakavalkuaisen osuus (g/kg ka) kasvaa suhteessa raakavalkuaisen pitoisuuden (g/kg ka) noustessa. Karkea- ja väkirehun sisältäessä yhtä paljon raakavalkuaista, sulaa väkirehun sisältämä raakavalkuainen karkearehun sisältämää raakavalkuaista paremmin.

Typen saannin, typen imeytymisen sekä virtsassa erittyvän typen määrän on havaittu nousevan lineaarisesti rehun valkuaispitoisuutta lisättäessä (Gibbs ym. 1988, Potts ym. 2010, Oliveira ym. 2015). Valkuaisen sulavuudella on kuitenkin maksimivaste, jonka ylityessä rehun valkuaispitoisuuden nostaminen ei enää vaikuta valkuaisen sulavuutta pa-

rantavasti. Oliveiran ym. (2015) tutkimuksessa maksimivaste saatiin treenauksessa olevien hevosten rehun sisältäessä raakavalkuaista 116 g/kg ka, jolloin hevoset söivät vuorokaudessa raakavalkuaista 2,25 g/elopainokilo ja typpeä 0,37 g/elopainokilo.

Kauran kuorimisen on havaittu parantavan ravintoaineiden hyväksikäyttöä kokonaisena syötettävään kauraan verrattuna. Särkijärven ja Saastamoisen (2006) sulavuuskokeessa kuorittua kauraa ja heinää sisältävän ruokinnan kuiva-aineen ja orgaanisen aineen näennäiset sulavuudet olivat merkitsevästi paremmat verrattuna kuorimatonta kauraa ja heinää sisältäneeseen ruokintaan. Kauran kuoriminen paransi myös typettömien uuteaineiden, raakavalkuaisen ja NDF:n sulavuutta kontrolliruokintaan verrattuna. Tutkijoiden mukaan kuorittua kauraa sisältäneen rehustuksen raakavalkuaisen parempi sulavuus (0,673 vs 0,613) johtui ruokinnan suuremmasta raakavalkuaispitoisuudesta kontrolliruokintaan verrattuna.

Rypsin käytöstä hevosten valkuaisrehuna on löydettävissä vain vähän tutkimustietoa. Suomessa tehdyssä tutkimuksessa Saastamoinen ym. (1994) tutkivat rasvalisän käyttöä vieroitettujen varsojen energianlähteenä, ja sen vaikutusta varsojen kasvuun. Kokeen ruokinnasta oli 20 % rypsirouhetta, joka tutkimustulosten perusteella soveltui hyvin osaksi hevosten ruokintaa. Myös Martin-Rossetin ym. (2015) mukaan rypsi on käyttökelpoinen hevosten valkuaisrehu.

### **8.3 Sonnan, virtsan ja typen erityys**

Hevosten saadessa säilörehua, ne erittivät enemmän sonnan kuiva-ainetta ja typpeä muihin ruokintoihin verrattuna. Karkearehut sisältävät umpi- ja paksusuolella fermentoituvia kuituja. Runsaasti kuituja sisältävien karkearehujen valkuainen voi ohittaa ohutsuolessa tapahtuvan entsyymattisen hajotuksen, ja päätyä ruuansulatuskanavan loppuosassa fermentoituvaksi mikrobivalkuaiseksi. Paksusuolen mikrobivalkuainen ei imeydy

tehokkaasti, joten sonnassa erittyvän typen määrä kasvaa. (Graham-Thiers 2011, Martin-Rossett ja Martin 2015).

Pottsin ym. (2010) mukaan hevosten rehustuksen koostuessa ainoastaan karkearehuista, erot rehun raakavalkuaispitoisuudessa eivät aiheuta eroja sonnassa erittyvän typen määrässä. Sen sijaan karkearehujen sisältämä raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa virtsassa erittyvän typen määrään. Tutkijat saivat sonnassa erittyneen typen määräksi karkearehujen valkuaispitoisuudesta riippumatta 40,9 g – 45,9 g /vrk. Virtsassa erittyneen typen määrä lisääntyi karkearehun raakavalkuaispitoisuuden mukaan, vaihdellen välillä (46,0 – 109,5 g N /vrk).

Gladden (1984) havaitsi, että rehutypen hyväksikäytön heikkeneminen lisäsi sonnassa erittyvän vesiliukoisen, metabolisen ja endogeenisen typen määrää. Virtsassa erittyvässä typen määrässä ei havaittu eroa. Syynä pidettiin rehun sisältämän huonosti sulavan NDF:n ja hemiselluloosan määrää, mikä vähensi hemiselluloosan fermentoitumista, ja sitä kautta mikrobien saaman energian määrää sekä mikrobien hyväksikäyttämän kierrätetyn urean ja sen aineenvaihduntatuotteen ammoniakkin käyttöä. Nurmikasvien vanhetessa sulamattomaan solunseinämäaineeseen sitoutuneen valkuaisen määrä kasvaa (Pottier ja Martin-Rosset 2015).

Lypsylehmillä sonnassa ja maidossa olevan typen määrän suhde on likimain vakio, eikä sen vuoksi siihen ole ruokinnallisilla toimenpiteillä helppoa vaikuttaa. (Nousiainen ym. 2003). Kokeessa pelkästä säilöheinästä koostuvalla ruokinnalla hevoset erittivät sonnassa enemmän typpeä muihin ruokintoihin verrattuna. Pelkkää kuivaa heinää sisältävän ruokinnan täydentäminen valkuaisväkirehuilla vähensi sonnassa erittyvän typen määrää. Graham-Thiers'in ja Bowen (2011) ruokintakokeessa ainoastaan heinästä koostuvalla ruokinnalla hevoset erittivät vuorokaudessa 6 g enemmän typpeä sonnassa kuin kauralla täydennetyllä heinäruokinnalla. Sen sijaan kauralla täydennetyllä heinäruokin-

nalla virtsassa erittyvän typen määrää oli 9,9 g suurempi pelkkään heinäruokintaan verrattuna. Heidän kokeessaan heinäruokinnan täydentäminen kauralla nosti typpitasetta. Olssonin ym. (2003) kokeessa karkea- ja väkirehulla ruokittujen ponien ruokinnan valkuaismäärän suurentaminen lisäsi sonnassa ja virtsassa eritettyä typpimäärää lineaarisesti.

Karkearehut sisältävät umpi- ja paksusuolella fermentoituvia kuituja. Runsaasti kuituja sisältävien karkearehujen valkuainen voi ohittaa ohutsuolessa tapahtuvan entsyymaattisen hajotuksen, ja päätyä ruoansulatuskanavan loppuosassa fermentoituvaksi mikrobi-alkuaiseksi. Hevoset eivät imeytä kovin tehokkaasti paksusuolen mikrobi-alkuista, ja tästä johtuen sonnassa erittyvän typen määrä kasvaa (Meyer 1983, Graham-Thiers ja Bowen 2011). On mahdollista, että valkuaisväkirehujen lisääminen heinäruokintaan paransi rehun sisältämän valkuaisen imeytymistä ruoansulatuskanavan alkuosassa, ja tästä syystä sonnassa erittyvän typen määrä oli vähäisempi.

Typen kokonaisuus sonnassa ja virtsassa oli pienempi pelkästään heinäruokinnalla verrattuna täydennysrehuja sisältäviin ruokintoihin. Hevosten saadessa heinää ja kauraa hevoset erittivät sonnassa ja virtsassa vähemmän typpeä valkuaisväkirehuilla täydennettyihin ruokintoihin verrattuina. Graham-Thiersin ym. (2011) ruokintakokeessa hevosten saadessa ainoastaan heinää erittivät sonnassa vuorokaudessa 5,6 g enemmän typpeä kuin heinää ja kauraa saaneet hevoset. Sen sijaan heinää ja kauraa saaneet hevoset erittivät vuorokaudessa 9,9 g enemmän typpeä virtsassa verrattaessa pelkästään heinää sisältäneeseen ruokintaan. Tutkimuksen mukaan on tyypillistä, että pelkkä heinäruokinta lisää sonnassa erittyvän typen määrää myös kauraa sisältävään ruokintaan verrattuna, kun taas kauralisä ruokinnassa lisää virtsassa erittyvän typen määrää pelkkää heinää sisältävään ruokintaan verrattaessa. Kaura parantaa rehun aminohappokoostumusta, jolloin rehu sulaa mahalaukussa ja aminohapot imeytyvät ruoansulatuskanavan etuosassa paremmin. Graham-Thiersin ym. (2011) tutkimuksessa kävi ilmi, että vaikka koeruokinnat sisälsivät suunnilleen saman verran raakavalkuusta, raakavalkuaisen määrää oleellisempaa typpitasapainolle on rehujen sisältämien aminohappojen koostumus.

Tämän kokeen hevoset olivat kevyessä käytössä, mutta valkuaisaineiden sulavuuskoikeita on tehty myös valmennuksessa olevilla hevosilla. Freemanin ym. (1988) ruokintakokeessa tutkittiin hevosten treenauksen vaikutusta niiden typpimetaboliaan. Sekä heinä että maissia ja kauraa sisältävää ruokintaa lisättiin hevosten liikunnan määrän noustessa riittävän sulavan valkuaisen ja energiamäärän takaamiseksi. Kokeessa sonnassa erittyvän typen määrä kasvoi yhtä jaksoa lukuun ottamatta hevosten saaman typen määrän noustessa. Virtsassa erittyvän typen määrä ei ollut yhtä suoraan verrannollinen ruokinnassa tapahtuvaan valkuaisen lisäämiseen. Kuitenkin kokeessa valkuaisen hyväksikäyttö heikkeni prosentuaalisesti typen saannin ja harjoitusmäärän noustessa, jolloin typpeä myös erittyi enemmän virtsan mukana.

Obitsun ym. (2015) tutkimuksessa virtsassa erittyvän typen määrä kasvoi nostettaessa hevosten syömän valkuaisen määrää. Oliveiran ym. (2015) tutkimuksessa soijarehu suli ja imeytyi hyvin hevosten ruuansulatuskanavassa, mutta ylimääräinen typpi erittyi virtsan mukana. Kokeissa rehun valkuaispitoisuuden nousu lisäsi lineaarisesti virtsassa erittyvän typen määrää, mistä johtuen virtsan on päätelty olevan pääväylä ylimääräisten typpiyhdisteiden erittämiseksi. (Slade ym. 1970, Freeman ym. 1988, Oliveira ym. 2015). Myös tässä kokeessa soijalla täydennetyt rehuannosten havaittiin sulavan paremmin kuin rypsilä ja pellavalla täydennettyjen rehujen. Hevoset myös erittivät soijaruokinnalla vähemmän typpeä sonnassa. Sen sijaan virtsassa erittyvässä typen määrässä ei näiden ruokintojen välillä havaittu merkitsevää eroa.

#### **8.4 Veriparametrit**

Verikokeiden tuloksia voidaan käyttää apuna määrittäessä hevosen terveydentilaa, mahdollisia muutoksia elimistön aineenvaihdunnassa sekä erilaisten sairauksien ennaltaehkäisemisessä (Burlikowska ym. 2015). Tässä kokeessa verikokeet otettiin lähinnä hevosten terveydentilan seuraamiseksi.



Greppin ym. (1996) täysikasvuisten hevosten ruokintakokeessa tutkittiin rehun sisältämän valkuaispitoisuuden ja hevosrodun vaikutusta veriarvoihin. Hevosten ruokinta oli isoenerginen, mutta hevosten päivittäinen valkuaisen tarve ylittyi joko 40 % tai 80 % (kontrolliruokinta sis. 713 g rv ja 319 g srv /vrk, 1. koeruokinta sis. 824 g rv ja 443 g srv /vrk ja 2. koeruokinta sis. rv 962 g rv ja 573 g srv /vrk). Erot rehun valkuaispitoisuudessa eivät vaikuttaneet veren urea- tai kokonaisproteiinipitoisuuksiin. Sen sijaan hevosten rotujen välillä havaittiin eroa siten, että täysiveristen hevosten hemoglobiiniarvo oli korkeampi muihin rotuihin verrattaessa (maremmanhevonen, haflinger, sardinian anglo-arabi).

Seerumin kokonaisproteiinipitoisuuden avulla voidaan tarkastella rehun sisältämän valkuaisen kykyä ylläpitää elimistön valkuaisreservejä. Tässä tutkimuksessa eri valkuaisen lähteiden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa seerumin kokonaisproteiinipitoisuudessa, eivätkä tutkimuksessa saadut arvot viittaneet häiriöihin proteiiniaineenvaihdunnassa. Olsmanin ym. (2003) kokeessa selvitettiin aikuisten shetlanninponien valkuaisen vähimmäistarvetta kahden eri valkuaisen annostason avulla. Vähemmän valkuaista sisältävän ruokinnan tyypitase oli negatiivinen. Lisäksi ponien veren ureatyypipitoisuus (1,15 vs. 3,32 mmol /l) viittasi valkuaisen puutokseen. Erot ruokinnan valkuaispitoisuudessa eivät sen sijaan vaikuttaneet merkitsevästi plasman kokonaisproteiini-, ammoniakki- tai kreatiniini-pitoisuuksiin vaikka vähemmän valkuaista saaneiden ponien veriarvot jäivät runsaammin valkuaista saaneiden ponien arvoja pienemmiksi.

Tässä kokeessa veren hemoglobiiniarvot (B-HB) olivat viitearvojen mukaiset hevosten ruokinnan sisältäessä ainoastaan heinää. Erytrosyyttien ja usein myös hematokriittien madaltuneet arvot saattavat viitata erilaisiin anemiatiloihin. Matala hemoglobiiniarvo ei automaattisesti tarkoita, että eläin kärsisi raudanpuutteesta, sillä osalla eläimistä voi luontaisesti olla matalampi hemoglobiini. (Etelä-Pohjanmaan Eläinlaboratorio Oy.) Lisäksi punasoluarvoissa on huomattavaa rotujenvälistä vaihtelua, ja kylmäverisillä hevosilla ja poneilla arvot ovat luonnostaan matalia (Tulamo 2010), mikä voikin selittää tässä

kokeessa saatuja matalahkoja hemoglobiinin arvoja. Myös Greppin ym. (1995) kokeessa hevosrotujen välillä oli eroja veren hemoglobiinipitoisuudessa.

Hevosten plasman ureapitoisuudessa ei havaittu ruokintojen välillä eroa, ja tulokset olivat viitearvojen mukaiset. Oliveiran ym. (2015) mukaan hevosen ohutsuolessa imeytymätön valkuainen ja umpi- ja paksusuoleen pääsevistä liiallisesta valkuaismäärästä aiheutuva ammoniakkimäärän kasvu voivat ylittää mikrobien käyttökyyvyn. Tämä saattaa näkyä veressä kohonneena plasman ureapitoisuutena. Tässä tutkimuksessa seerumin urea-arvot olivat viitearvojen mukaiset kaikilla ruokinnoilla, joten rehustusten sisältämän valkuaisen voidaan päätellä olleen hevosille käyttökelpoista.

Crozierin ym. (1997) tekemässä sulavuuskokeessa nurmipalkokasveihin kuuluvan sini-mailasen käyttö rehuna lisäsi hevosten veren ureatypen pitoisuutta, mutta laski hemoglobiinipitoisuutta nurmiheinäruokintoihin verrattuna. Eroista huolimatta mitatut veri-arvot olivat viitearvojen mukaiset. Graham-Thiersin ja Bowen (2010) kokeessa hevoset saivat heinäruokinnasta 840 g rv /vrk ja heinän lisäksi kauraa sisältävästä ruokinnasta 865 g rv /vrk. Ruokintojen typpipitoisuudessa ei ollut kuitenkaan merkittävää eroa. Ruokinnassaan heinän ohella kauraa saaneiden hevosten plasman ureapitoisuus sekä glutamiinin ja ornitiinin pitoisuudet olivat korkeammat kuin ainoastaan heinää saaneiden hevosten ( $P < 0,001$ ). Tutkijat arvelivat, ettei heinää ja kauraa sisältäneen ruokinnan aminohappokoostumus ollut hevosille optimaalinen, ja tästä johtuen valkuaisaineenvaihdunnassa tarpeettomat aminohapot hajotettiin elimistöstä poistettaviksi.

Veriarvoihin vaikuttaa lisäksi se, missä käytössä hevonen on. Burlikowskan ym. (2015) tutkimuksessa verrattiin keskenään harraste- tai esteratsastuskilpailukäytössä olevien hevosten veriarvoja. Tutkimuksessa havaittiin, että kilpahevosten veren punasolu-, hematokriitti- ja hemoglobiini- sekä seerumin kokonaisproteiinipitoisuudet olivat suuremmat kuin harrastehevosten pitoisuudet ( $P < 0,05$ ). Sen sijaan hevosten erilaisen käytön ei havaittu aiheuttavan eroa veren urea- tai kreatiini-pitoisuuksissa ryhmien välillä.

## 9. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rehuvalinnat vaikuttivat sonnassa ja virtsassa erittyvän typen määrään. Kotoperäiset perusrehut, heinä ja kaura, riittävät turvaamaan kevyessä työssä olevien hevosten valkuaisen saannin, mikäli heinä on riittävän hyvälaatuista. Hevoset, jotka söivät ainoastaan kuivaa heinää, erittivät vähemmän typpeä muihin ruokintoihin verrattuna. Myös heinää ja kauraa sisältänyt ruokinta oli soijaa, rypsiä tai pellavaa sisältäneisiin ruokintoihin verrattuna ympäristöystävällisempi vaihtoehto typen erittymistä tarkasteltaessa.

Hevosten pääasiallinen rehu on karkearehu, joten mahdolliset lisärehut on sovitettava heinän valkuaispitoisuuteen. Tasapainoisen ruokinnan toteuttaminen on mahdollista vain rehuanalyysin perusteella. Vaikka kauraa lisätään ensisijaisesti hevosten ruokintaan sen sisältämän energian vuoksi, kaura monipuolistaa karkearehun aminohappokoostumusta ja siten typen hyväksikäyttöä. Ruokinnan suunnittelun avulla voidaan vähentää lantaan päätyvän typen osuutta sekä sen huuhtoutumisriskiä erityisesti hevosten tarha-alueilta. Ravitsemuksellisen tarpeen ylittävä valkuaisruokinta lisää ympäristön typpi-kuormitusta, sillä se lisää typen erittymistä sontaan ja virtsaan.

Kokonaiskeruumenetelmä oli tutkimusmenetelmänä työläs, ja virtsan keruu virtsanke-ruuvaljalla epäonnistui. Sonnan typpipitoisuus saatiin kokeessa analysoitua virtsan typpi-pitoisuutta tarkemmin.

## KIITOKSET

Haluan kiittää Seija Jaakkolaa asiantuntevasta ohjauksesta. Kiitos myös koko Ypäjän hevos tutkimuksen mahtavalle porukalle Marianna Myllymäelle, Susanna Särkijärvelle, Tiina Reilakselle sekä Markku Saastamoiselle, joiden kautta pääsin tutustumaan hevos tutkimukseen ja hevosten ruokintakokeen toteuttamiseen. Lisäksi haluan osoittaa lämpimät kiitokset Essille sekä Urholle meidän yhteisistä ”gradupiireistämme” sekä kotiväelle saamastani tuesta ja kannustuksesta työni eri vaiheissa.

## LÄHTEET

- Bosken, J., Tobin, T., Mundy, G.D., Fisher, M., Gantz, M.G. & Banks, R.O. 2003. Effects of Furosemide on Urine Specific Gravity and Osmolality in Thoroughbred Racehorses. *Veterinary Therapeutics* 4: 292 – 298.
- Burlikovska, K., Bogusławska-Tryk, M., Szymeczko, R. & Piotrowska, A. 2015 Haematological and biochemical blood parameters in horses used for sport and recreation. *Journal of Central European Agriculture* 16: 370 – 382.
- Crozier, J., Allen, V., Jack, N., Fontenot, J. & Cochran, M. 1997. Digestibility, Apparent Mineral Absorption, and Voluntary Intake by Horses Fed Alfalfa, Tall Fescue, and Caucasian Bluestem. *Journal of Animal Science* 75: 1651–1658.
- Eskelinen, S. 2012. Duodecim. Terveyskirjasto. Punasoluindeksit. [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=snk03033](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03033). Viitattu 16.6.2015.
- Etelä-Pohjanmaan Eläinlaboratorio Oy. 2015. Laboratoriotutkimukset. <http://www.epella.fi/wp/laboratoriotutkimukset/>. Viitattu 18.10.2015.
- Farley, E., Potter, G., Gibbs, P, Schumacher, J. & Murray-Gerzik, M. 1995. Digestion of soybean meal protein in the equine small and large intestine at various levels of intake. *Journal of Equine Veterinary Science* 9: 391 – 397.
- Finlex 2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250#Pidm2787584>. Viitattu 3.6.2015.
- Frape, D. 2012. *Equine Nutrition and Feeding*. 4. painos. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd. 498 s.
- Freeman, D., Potter, G., Schelling, G. & Kreider, J. 1988. Nitrogen metabolism in mature horses at varying levels of work. *Journal of Animal Science* 2: 407 – 412.

- Gibbs, P., Potter, G., Schelling, G., Kreider, J. & Boyd, C. 1988. Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. *Journal of Animal Science* 66: 400 – 406.
- Gibbs, P., Potter, G., Schelling, G., Kreider, J. & Boyd, C. 1996. The significance of small vs large intestinal digestion of cereal grain and oilseed protein in the equine. *Journal of Equine Veterinary Science* 16: 60 – 65.
- Glade, M. 1984. The influence of dietary fiber digestibility on the nitrogen requirements of mature horses. *Journal of Animal Science* 3: 638 – 646.
- Graham-Thiers, P. & Bowen, L. 2011. Effect of protein source on nitrogen balance and plasma amino acids in exercising horses. *Journal of Animal Science* 89: 729 – 735.
- Greppi, G. L., Casini, L., Gatta, D., Orlandi, M., Pasquini, M. 1995. Daily fluctuations of haematology and blood biochemistry in horses fed varying levels of protein. *Equine Veterinary Journal* 28: 350 – 353.
- Higgins, A. & Snyder, J. (toim.). 2013. *The Equine Manual*. Kindle edition. 2. painos. London, UK: Elsevier Saunders. 1326 s.
- Hippolis, Suomen Hippos ry, Suomen Ratsastajainliitto ry & Luke Hevostalous. 2015. *Suomen Hevostalous lukuina 2015*. 17 s.
- Jaakkola, S. 2008. Hyvää säilöheinää hevoselle. *SHKL* 2: 34 – 35.
- Jokela, M., Jaakkola, S. & Huhtanen, P. 1998. Ruokinnan vaikutus maidon koostumukseen ja laatuun. Teoksesta: Jokela, M., Jaakkola, S., Huhtanen, P., Rokka, T., Korhonen, H., Salo-Väänänen, P. & Piironen, V. Keskeisten alkutuotantotekijöiden ja prosessoinnin vaikutus maidon laatuun. Maatalouden tutkimuskeskus, Vammalan Kirjapaino Oy, Jokioinen. s. 96.
- Luke 2015. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Märehtijät – Siat – Siipikarja – Hevoset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2015. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 80 s.

- Malesky, S., Turner, J., Löest, C., Chen, L. & Browne-Silva, J. 2013. Nitrogen Retention and Plasma Amino Acid Responses in Mature Geldings Fed Three Dietary Concentrations of Lysine. *Journal of Equine Veterinary Science* 9: 733 – 738.
- Martin-Rosset, W. 2015. Nutritive value of feeds. Teoksessa: Martin-Rosset, W. (toim.). *Equine nutrition INRA nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*. Netherland: Wageningen Academic Publishers The Netherlands. s. 405 – 454.
- Martin-Rosset, W. ja Martin, L. 2015. Nutritional principles for horses. Teoksessa: Martin-Rosset, W (toim.). *Equine nutrition INRA nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*. Netherland: Wageningen Academic Publishers The Netherlands. s. 23 – 96.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R.G. 2011. *Animal Nutrition*. 7 painos. Gosport, UK: Ashford Colour Press Ltd. 692 s.
- Meyer, H. 1983. Intestinal protein and N metabolism in the horse. (Proceedings of the Horse nutrition symposium, Oct 5 – 7 1983, Uppsala, Sweden). s. 113 – 116.
- Meyer, H. & Stadermann, B. 1990. Möglichkeiten zur Bestimmung der Mineralstoffversorgung des Pferdes durch Harnanalysen. *Advances in Animal physiology and animal nutrition. Fortschr. Tierphysiol. Tiernährg* 21: 86 – 97.
- Miller, P. & Lawrence, L. 1988. The effect of dietary protein level on exercising horses. *Journal of Animal Science* 66: 2185 – 2192.
- Nikama, J., Keskinen, R.; Närvänen, A.; Uusi-Kämpä, J.; Särkijärvi, S., Myllymäki, M. & Saastamoinen, M. 2014. The role of bedding material in recycling the nutrients of horse manure (Proceedings of the Equi-meeting infrastructures horses and equestrian facilities, Oct 7 – 8 2014, Le Lion d'Angers, France). 4 s.
- Nousiainen, J., Kytölä, K., Khalili, H. & Huhtanen, P. 2003 Ruokinnalliset mahdollisuudet parantaa typen hyväksikäyttöä maidontuotannossa. Teoksessa: Uusi-Kämpä, J.,

- Yli-Halla, M. & Grék, K. (toim.). Lypsykarjataloudesta tulevan ympäristökuormituksen vähentäminen. MTT Jokioinen: Data Com Finland Oy. s. 26 – 39).
- Obitsu, T., Hata, H. & Taniguchi, K.: 2015. Nitrogen digestion and urea recycling in Hokkaido native horses fed hay-based diets. *Animal Science Journal*: 2, 159 – 165.
- Oliveira, C., Azevedo, J., Martins, J., Barreto, M., Silva, V., Julliand, V. & Almeida, F. 2015. The impact of dietary protein levels on nutrient digestibility and water and nitrogen balances in eventing horses. *Journal of Animal Science* 93: 229 – 237.
- Olsman, A., Jansen, W., Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. & Beynen, A. 2003. Assessment of the minimum protein requirement of adult ponies. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 87: 205 – 212.
- Orsini, J. & Divers, D. (toim.). 2014. *Equine Emergencies: Treatment and Procedures*. Elsevier Saunders. 4. painos. Maryland Heights, USA: Elsevier Inc. 912 s.
- Paasonen-Kivekäs, M. 2009. Typpi. Teoksessa: Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (toim.). Salaojayhdistys ry. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino. s. 175 – 188.
- Parrah, J., Moulvi, B., Gazi, M., Makhdoomi, D., Athar, H., Din, M., Dar, S. & Mir, A. 2013. Importance of urinalysis in veterinary practice. *Vet World* 6: 640 – 646.
- Parvage, M., Ulén, B. & Kirchmann, H. 2013. A survey of soil phosphorus (P) and nitrogen (N) in Swedish horse paddocks. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 178: 1 – 9.
- Parvage, M., Ulén, B. & Kirchmann, H. 2015. Are horse paddocks threatening water quality through excess loading of nutrients? *Journal of Environmental Management* 147: 306 – 313.
- Pottier, E. & Martin-Rosset, W. 2015. Harvest and preservation of forages. Teoksessa: Martin-Rosset, W. (toim.). *Equine nutrition INRA nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*. Netherlands: Academic Publishers. s. 385 – 404.



- Potts, L., Hinkson, J., Graham, B., Löest, C. & Turner, J. 2010. Nitrogen Retention and Nutrient Digestibility in Geldings Fed Grass Hay, Alfalfa Hay, or Alfalfa Cubes. *Journal of Equine Veterinary Science* 6: 330 – 333.
- Reeder, D., Miller, S., Wilfong, D., Leitch, M. & Zimmel, D. 2009. *AAEVT's Equine Manual for Veterinary Technicians*. Iowa, USA: Wiley-Blackwell. 424 s.
- Reese, W. 2004. Kidney Function in Mammals. Teoksessa: Reese, W. (toim.). *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. 12. painos. Ithaca: Cornell University Press. 999 s.
- Saastamoinen, M. 2007. Hevosen ruoansulatus. Teoksessa: Hevosen ruokinta ja hoito. 6. uudistettu painos. Porvoo: WS Bookwell Oy. 149 s.
- Saastamoinen, M. 2008. Laadukas rehu ruokkii hevosen. *Maaseudun tiede* 2: 4. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/473828/mtt-mt-v65n02s04a.pdf?sequence=1>. Viitattu 20.6.2015.
- Saastamoinen, M. 2013. Karkearehut hevosten ruokinnassa. Hevostilan nurmipäivä; ProAgria Etelä-Suomi, Maatilat menestykseen, 24.9.2013, Tampere. [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481507/Nurmip%C3%A4iv%C3%A4\\_TRE\\_2013%20Karkearehut%20hevosen%20ruokinnassa.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481507/Nurmip%C3%A4iv%C3%A4_TRE_2013%20Karkearehut%20hevosen%20ruokinnassa.pdf?sequence=1). Viitattu 30.9.2015.
- Saastamoinen, M. & Hellämäki, M. 2012. Forage analyses as a base of feeding of horses. Teoksessa: Saastamoinen, M., Markku Saastamoinen, João Fradinho, M., Santos, A. & Miraglia, N. (toim.). *Forages and grazing in horse nutrition*. Wageningen Academic Publishers. s. 305 – 314.
- Saastamoinen, M., Hyyppä, S. & Huovinen, K. 1994. Effect of dietary-fat supplementation and energy-to-protein ratio on growth and blood metabolites of weanling foals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 71: 179 – 188.
- Slade, L., Robinson, D. & Casey, K. 1970. Nitrogen metabolism in nonruminant herbivores. I. The influence of nonprotein nitrogen and protein quality on the nitrogen retention of adult mares. *Journal of Animal Science* 5: 753 – 760.

- Spooner, H. 2012. Protein: An Important Nutrient. <http://www.myhorseuniversity.com/node/672>. Michigan State University Board of Trustees. Viitattu 22.9.2015.
- Suomen Hevostietokeskus ry. Proteiinit eli valkuaisaineet. <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=808&kieli=3>. Viitattu 15.6.2015.
- Särkijärvi, S. & Saastamoinen, M. 2001. Pellavarouhe on hevosten terveysrehu. Koetointa ja käytäntö 3: 16.
- Tulamo, R-M. 2010. Mitä hevosen verinäytteen arvot kertovat. Hippos: Suomen ratsastajainliiton julkaisu 7: 29 – 31.
- Urschel, K. & Lawrence, L. 2013. Amino acids and protein. Teoksessa: Geor, R., Harris, P. & Coenen, M (toim.). Equine Applied and Clinical Nutrition. Importance of nutrition for health, welfare and performance. Elsevier Ltd. s. 113 – 135.
- Uusitalo, R., Ekholm, P., Turtola, E., Pitkänen, H., Lehtonen, H., Granlund, K., Bäck, S., Puustinen, M., Räike, A., Lehtoranta, J., Rekolainen, S., Walls, M. & Kauppila, P. 2007. Maatalous Itämeren rehevöittäjänä. MTT, Jokioinen. 34 s.
- Westendorf, M., Puduri, V., Williams, C., Joshua, T. & Govindasamy, R. 2013. Dietary and Manure Management Practices on Equine Farms in Two New Jersey Watersheds. Journal Of Equine Veterinary Science 33: 601 – 606.
- Woodward, A., Nielsen, B., Liesman, J., Lavin, T. & Trottier, N. 2011. Protein quality and utilization of timothy, oat-supplemented timothy, and alfalfa at differing harvest maturities in exercised Arabian horses. Journal of Animal Science 89: 4081 – 4092.
- Ympäristöministeriön uutiskirje 2014. Ravinteet kiertoon. Hevosenlanta hyötykäyttöön. [http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/horsemanure/Ravinteet\\_kiertoon.pdf](http://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/horsemanure/Ravinteet_kiertoon.pdf). Tulostettu 16.6.2015.