

Hivenaineet ja kestävä tehostaminen

Mervi M. Seppänen¹⁾, Anthony Owusu-Sekuyere¹⁾, Elina Keski-Soini²⁾, Markku Yli-Halla³⁾, Jarmo Valaja¹⁾, Matthias Stamm¹⁾, Anni Halmemies-Beauchet-Filleau¹⁾, Seija Jaakkola¹⁾

¹⁾Maataloustieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto. mervi.seppanen@helsinki.fi, owususek@mappi.helsinki.fi, jarmo.valaja@helsinki.fi, matthias.stamm@helsinki.fi, anni.halmemies@helsinki.fi, seija.jaakkola@helsinki.fi

²⁾ ProAgria Pohjois-Karjala, PL 5, 80101 Joensuu. elina.keski-soini@proagria.fi

³⁾ Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto. markku.yli-halla@helsinki.fi

TIIVISTELMÄ

Hivenainekoostumus on yksi tärkeimpiä ruoan ja rehujen ravitsemuksellisen laadun mittareita. Ihmisten ja tuotantoeläinten dieetti voi olla energian saannin kannalta riittävä, mutta siitä voi puuttua elintärkeitä hivenaineita, mikä aiheuttaa niin sanotun piilonälän (hidden hunger) ja sen seurauksena puutoksesta johtuvaa kasvun ja kehityksen hidastumista tai sairauksia. Hivenaineita voi olla myös yli ihmisen ja eläinten fysiologisen tarpeen, vaikka varsinaista haitallisen runsasta saantia esiintyy harvoin. Ruoan ja rehujen hivenainepitoisuuden vaikuttavat ensisijaisesti ravinteen saatavuus maasta sekä hivenaineita sisältävät lannoitteet. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten kestävä tehostaminen ja tavoite valkuaisomavaraisuuden lisäämisestä voivat vaikuttaa ihmisten ja eläinten hivenaineiden saantiin. Sikojen, siipikarjan ja lypsylehmien hivenaineiden laskennallista saantia tarkasteltiin ilman kivennäistäydennystä erilaisilla malliruokinnolla, joissa soija- tai rypsirouhetta korvattiin palkoviljoilla. Lisäksi laskettiin nurmisäilörehun puna-apilapitoisuuden lisäämisen vaikutukset lypsylehmän hivenaineiden saantiin. Kasvihuonekokeissa tutkittiin orgaanisen lannoitteen sisältämien hivenaineiden käyttökelpoisuutta viljelykasveille ja miten siemensato muuttuu korvattaessa 50 % mineraalitypestä sian lietalannan tyypellä. Lisäksi selvitettiin härkäpavun, valkolupiinin ja vehnän eroja hivenaineiden oton tehokkuudessa.

Rehutaulukoiden ja kirjallisuuden mukaan palkokasvien siementen ja soija- ja rypsirouhkeen hivenainepitoisuuksien erot vaihtelevat riippuen kasvilajista ja hivenaineesta. Esimerkiksi palkokasvien siementen rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat pienempiä kuin soija- ja rypsirouhkeen, mutta sinkkipitoisuuksissa erot ovat melko pieniä. Hivenaineiden pitoisuuserot eivät johtaneet oleellisiin eroihin laskettaessa eläinten hivenaineiden saanteja. Erityisesti yksimahaisten ruokintamalleissa perusrehuista saadut hivenainetasot olivat selvästi alle kotimaisten ruokintasuositusten, ja käytännössä täydennys on tarpeen. Nurmipalkokasvien hivenaineiden pitoisuudet ovat yleensä merkittävästi suurempia kuin heinäkasvien, joten lisättäessä puna-apilan osuutta nurmissa rehun hivenainepitoisuus lisääntyy. Karkearehun hivenainepitoisuuteen vaikuttaa kasvilajikoostumuksen lisäksi korjuuajankohta, sillä hivenaineiden pitoisuus kasvissa vähenee merkittävästi kukinnan jälkeen. Tästä johtuen nurmirehun hivenainekoostumuksessa esiintyy kirjallisuudessa suuria vaihteluita.

Kasvihuonekokeessa mineraalitypen korvaaminen lietalannan tyypellä ei vähentänyt minkään kasvilajin siemensadon määrää. Siementen hivenainepitoisuuksissa (Fe, Zn, Cu, Mn) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Lietalannan orgaaniseen aineeseen sitoutuneen seleenin käyttökelpoisuus kasveille oli sen sijaan alhainen.

Tulosten perusteella pohditaan miten tuotannon kestävä tehostaminen, erityisesti kotoperäisen valkuaisen käytön lisääminen ja väkilannoitetyypen korvaaminen lietteellä, vaikuttaa rehujen hivenainepitoisuuteen ja sitä kautta ravitsemukselliseen laatuun.

Asiasanat: hivenravinteet, kestävyys, tehostaminen, ravinnekierto

Johdanto

Kestävällä tehostamisella (sustainable intensification) tarkoitetaan muun muassa kaikkia niitä keinoja, joilla voidaan lisätä ravinteiden käytön tehokkuutta ja ravinteiden kierrätystä ilman, että satotasot laskevat (Garnett ym. 2013). Viljelykasvien sadonmuodostusta eniten rajoittava kasviraavinne on typpi, ja siten suuri osa kestäväen tehostamisen keinoista kohdistuu typen kierrätykseen tilalla, väkilannoitetypen käytön vähentämiseen, palkokasvien suosimiseen viljelykierrossa sekä valkuaisomavaraisuuden lisäämiseen tuotantoeläinten ruokinnassa. Siitä, miten lannoituskäytänteiden tai rehukasvivalikoiman muuttuminen vaikuttaa rehujen ja elintarvikkeiden hivenainepitoisuuksiin ja sitä kautta niiden ravitsemukselliseen laatuun, ei ole juurikaan tutkimustuloksia.

Mikrokiennäisaineita eli hivenaineita tarvitaan rehuannoksessa vähemmän kuin 100 mg/kg kuiva-ainetta. Vaikka määrät ovat pieniä, ovat hivenaineet välttämättömiä monissa fysiologisissa ja biokemiallisissa tehtävissä eläinten kudoksissa. Eläimen hivenainetarpeen määrittäminen ei ole helppoa tarvemäärän pienuuden vuoksi. Lisää vaikeutta käyttösuositusten tekoon tuo eläinlajien ja yksilöiden väliset erot reagoinnissa hivenaineen saantiin, erot eri rehujen ja käyttömuotojen (epäorgaaninen vs orgaaninen) hivenaineiden imeytymisessä ja hyväksikäytössä, hivenaineiden väliset yhdysvaikutukset, hivenaineiden ja muiden ravintoaineiden yhdysvaikutukset ja hivenaineiden sisäinen kierto eläimessä. Tarpeen määrittely yksiselitteisesti eläimen tuotantotulos-, terveys- ja hedelmällisyysvaikutusten perusteella on hyvin monimutkaista, kun samalla on otettava huomioon vaikutukset eläinperäisten elintarvikkeiden hivenainepitoisuuksiin. Kotieläinten hivenainetarvetta ei tutkita aktiivisesti. Tutkimukset ovat keskittyneet yksittäisiin hivenaineisiin kuten esimerkiksi seleeniin ja rautaan. Hivenainesuositukset perustuvat varsin vanhoihin tutkimuksiin eikä niitä juurikaan päivitetä edes kansainvälisesti.

Suomalaisissa nautojen ruokintasuosituksissa hivenaineista on mukana rauta, kupari, sinkki, mangaani, jodi, koboltti, seleeni ja molybdeeni (Luke 2015). Sikojen ja siipikarjan suosituksissa ei ole kobolttia ja molybdeenia eikä sioilla myöskään mangaania. Myös hivenaineiden mahdolliset toksiset vaikutukset on otettava ruokinnassa huomioon erityisesti silloin, jos tarpeen ja haitallisen määrän ero on pieni. Hivenaineille on kirjallisuudessa esitetty eläinlajikohtaisia maksimisietorajoja, jotka ilmaisevat mihin määrään asti eläimen tiedetään sietävä hivenainetta ilman selkeitä haittavaikutuksia (NRC 2005). Tämä määrä voi olla moninkertainen verrattuna eläimen hivenaineen tarpeeseen, ruokintasuositukseen (sisältää varmuusvaran) tai EU:n määrittelemään hivenaineen enimmäispitoisuuteen koko rehuannoksessa. Erityisesti sikojen ruokinnan suunnittelussa ei yleensä huomioida perusrehusta saatavia hivenaineita, vaan hivenainetarpeet katetaan tiivistäistä tai hivenaineseoksista. Perusrehujen hivenainepitoisuuksien parempi huomioiminen ruokinnassa voisi todennäköisesti alentaa ruokinnan kustannuksia. Myös ruokinnan muutokset kuten kotimaisten palkoviljojen enenevä käyttö, voivat muuttaa hivenaineiden saantia perusrehuista.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin miten väkilannoitetypen osittainen korvaaminen lietelannan tyypellä vaikuttaa siemensatokasvien hivenainepitoisuuksiin sekä miten tuontivalkuaisrehujen korvaaminen kotimaisilla palkoviljojen siemenillä ja nurmiheinäkasvien korvaaminen nurmipalkokasveilla vaikuttaa tuotantoeläinten hivenaineiden saantiin.

Aineisto ja menetelmät

Kasvihuonekoetta varten kerättiin Viikin pellolta maata (karkea hieta), joka joko jätettiin lannoittamatta (Eilannoitettu), lannoitettiin mineraalilannoitteella (Yara Mila NK2) (N 100 %) tai tyypestä 50 % korvattiin sianlietteen tyypellä (sianliete + N 50 %). Koekasveina olivat härkäpapu, sinilupiini ja vehnä, joita kasvatettiin siemensadon muodostumiseen saakka (18/15°C, 16 h päivänpituus). Siementen kuiva-ainesato ja makrokiennäisaineiden sekä hivenaineiden pitoisuudet määritettiin ($n=4$).

Nurmikasvilajin vaikutus (heinä:puna-apila-suhde 100:0, 70:30, 40:60 ja 10:90) rehun hivenainepitoisuuteen laskettiin käyttämällä kirjallisuudesta kerättyjä heinien ja apiloiden keskimääräisiä hivenainepitoisuuksia. Lisäksi kerättiin tietoa muiden rehujen hivenainepitoisuuksista ja nautojen hivenainesuosituksista eri rehuar-

vojärjestelmissä (GfE 2001, NRC 2001, INRA 2007, NorFor 2011, Luke 2015). Ruokintaan liittyen tehtiin eri eläinlajeille laskelmia, joissa arvioitiin malliruokintojen avulla eläinten hivenaineiden saannin muutoksia suhteessa kotimaisiin suosituksiin sisällytettäessä palkokasveja ruokintaan.

Yksimahaisten eläinten hivenaineselvityksessä optimoitiin lihasikojen, munivien kanojen ja broilereiden mallidieettejä, joissa valkuaisen lähteenä korvattiin soijarouhetta herneellä, härkävavulla, lupiinilla tai näiden yhdistelmillä (Holopainen 2014). Lihasioilla ja munivilla kanoilla soijarouhe korvattiin kokonaan, kun taas broilereilla siitä korvattiin yli 60 %. Rehuja täydennettiin puhtailla aminohapoilla ja kivennäisraaka-aineilla paitsi hivenaineilla. Ravintoaineiden pitoisuudet olivat ruokintasuositusten mukaiset (Luke 2015). Tutkimuksessa verrattiin soijapohjaisen ruokinnan hivenainepitoisuuksia palkoviljoja sisältäviin ruokintoihin.

Lypsylehmien ruokintalaskelmissa käytettiin kesiarvotietojen lisäksi kirjallisuudessa esiintyviä rehujen hivenaineiden minimi- ja maksimipitoisuuksia. Tavoitteena oli arvioida hivenainetäydennyksen tarvetta suhteessa rehukasveista saataviin teoreettisiin hivenaineiden minimi- tai maksimimääriin. Lypsylehmän kontrollirehuannos perustui laskelmissa nurmisäilörehuun, ohraan, kauraa ja rypsirouheeseen väkirehuosuuden ollessa 45 % ja väkirehun raakavalkuaispitoisuuden 200 g/kg kuiva-ainetta (ka). Vertailuruokintoissa puolet nurmikasvisäilörehusta korvattiin puna-apilasäilörehulla, ja rypsirouheen valkuaismäärä korvattiin kokonaan joko herneen, härkävavun tai sinilupiinin siemenillä. Lypsylehmien malliruokintoja varten kerättiin kirjallisuudesta nurmisäilörehun hivenainepitoisuuksia. Pitoisuuksien keskiarvojen ja vaihteluvälin määrittelyssä käytettiin apuna maatalanäytteiden tuloksia (Valio, Artturinäytteet, L. Nyholm), jotta arvot vastaisivat kotimaisia rehuja. Väkirohukomponenttien keskiarvoina käytettiin rehutaulukkoarvojen keskiarvoja (INRA 2007, CVB 2007, Luke 2015). Minimipitoisuuksien määrittelyssä käytettiin myös muita kirjallisuuden arvoja.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

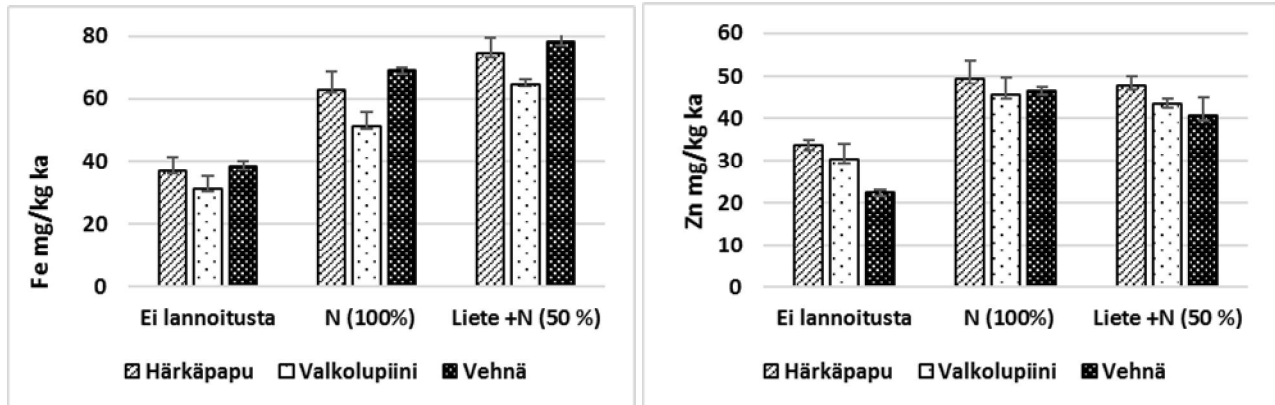
Palkokasvien hivenainepitoisuudet

Nurmikasvien sadonmuodostukselle kriittiset hivenainepitoisuudet ovat kirjallisuuden perusteella pienempiä kuin naudoille asetetut ruokintasuositukset. Raudan osalta timoteille ja nurminadalle esitetty kriittinen pitoisuus on 45 – 59 mg Fe/kg ka (Whitehead 2000, Lindström 2013) ja apiloille 50 – 70 mg Fe/kg ka (Lindström 2013). Vastaavat arvot Zn:lle olivat heinäkasveille 10-25 ja apiloilla 12-30 mg Zn/kg ka. Nurmirehun hivenainepitoisuuksissa esiintyy kirjallisuudessa huomattavaa vaihtelua, sillä pitoisuuteen vaikuttaa merkittävästi mm. kasvin kehitysaste. Pitoisuudet ovat suurimmillaan ennen kukintaa ja vähenevät hivenravinteesta riippuen jopa kolmanneksella kukinnan jälkeen (Markovic ym. 2009). Lehtien hivenainepitoisuudet ovat lisäksi suurempia kuin varsien, joten lehtifraktion osuus sadossa vaikuttaa rehun pitoisuuksiin. Kehitysvaihe vaikuttaa erityisesti Fe- ja Zn-pitoisuuksiin, mutta ei esimerkiksi Cu- ja Mn-pitoisuuksiin (Markovic ym. 2009). Apiloiden Fe- ja Zn-pitoisuudet ovat keskimäärin suurempia kuin nurmiheinien. Esimerkiksi timotein ja nurminadan Fe-pitoisuudet vaihtelevat 57 – 70 mg Fe/kg ka ja Zn-pitoisuudet 20-26 mg Zn/kg ka, kun vastaavat luvut apiloilla ovat keskimäärin 97-100 mg Fe/kg ka ja 26-30 mg Zn/kg ka (Lindström ym. 2012b, Hyrkäs ja Virkajärvi 2012, MTT 2013). Myös Ylä-rannan ja Sillanpään (1984) kenttäkokeissa puna-apilan versojen Zn-pitoisuudet olivat keskimäärin 50 mg/kg, kun timotein versojen pitoisuus oli 30 mg/kg, kun taas molempien kasviaineisten Fe-pitoisuudet olivat keskimäärin 100 mg/kg. Tässä tutkimuksessa laskettiin paljonko tuotannon kestävä tehostaminen ja sitä kautta heinävaltaisesta apilavaltaiseen säilörehuun siirtyminen vaikuttaa nurmirehun hivenainepitoisuuksiin. Nurmirehun lajikoostumuksen muutoksella oli eniten vaikutusta rehun Cu- ja Fe-pitoisuuksiin. Kun puhtaassa timotei-nurminatarehussa laskennalliset pitoisuudet olivat 3,8 mg Cu/kg ka ja 38 mg Fe/kg ka, olivat pitoisuudet puna-apilavaltaisessa rehussa (60 % apilaa) 6,5 mg Cu/kg ka ja 55 mg Fe/kg ka.

Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi miten kasvintuotannon kestävä tehostaminen ja mineraalilannoitteiden käytön vähentäminen vaikuttaa vehnän, härkävavun ja sinilupiinin siementen hivenainepitoisuuksiin, joista tässä raportissa käsitellään sinkkiä, rautaa ja seleeniä. Kokeessa käytetty mineraalilannoite sisälsi seleeniä ja sinkkiä, mutta ei rautaa. Kasvihuonekokeessa mineraalilannoitteiden osittainen korvaaminen sianlietteellä tai kasvilaji eivät vaikuttaneet siementen Fe tai Zn-pitoisuuksiin osalta (kuvat 1a, 1b). Sekä mineraalilannoite

(N100 %) että liete (liete+N50 %) lisäsivät siementen pitoisuuksia saman verran (kuva 1b). Sianlietteen käyttö lannoitteena näkyi sen sijaan siementen Se-pitoisuuksissa. Esimerkiksi vehnän siementen Se-pitoisuus väheni 0,34:sta 0,11 $\mu\text{g/g}$ ka, kun 50 % mineraalilannoitteesta korvattiin sianlietteellä. Pitoisuuden vähentyminen oli vastaavan suuruista myös härkäpavun ja sinilupiinin siemenissä.

Säilörehuksi korjatulla nurminata-koiranheinänurmella tehdyissä laajoissa kenttäkokeissa todettiin yhdenmukaisesti nyt saatujen tulosten kanssa, että typpilannoituksen lisäys 0:sta tasolle 3×150 kg/ha vuodessa johti nurmen Zn-pitoisuuden tilastollisesti merkitsevään lisääntymiseen 30:sta 39 mg:aan/kg (Rinne ym. 1974). Myös Cu-pitoisuus lisääntyi 10:stä 12 mg:aan/kg. Sen sijaan toisin kuin tässä tutkimuksessa Rinne ym. (1974) havaitsivat typpilannoitetuissa koejäsenissä pienempiä Fe- ja Mn-pitoisuuksia kuin lannoittamattomissa koejäsenissä.



Kuva 1. Härkäpavun, valkolupiinin ja vehnän siementen a) Fe-pitoisuus ja b) Zn-pitoisuus, kun lannoitusta ei käytetä (Ei lannoitusta), kaikki N annetaan mineraalilannoitteena (N 100 %) tai korvattaessa 50 % lannoitetyypistä sianlietteen sisältämällä typellä (Liete + N 50 %).

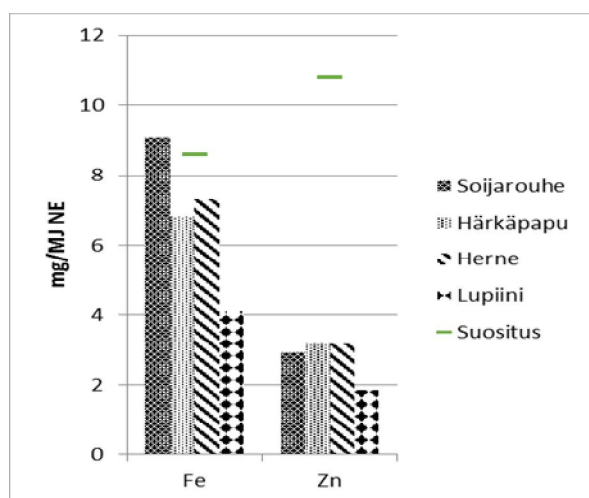
Yksimahaisten eläinten ruokinta

Soijan korvaaminen kotimaisilla palkoviljoilla sikojen ja siipikarjan ruokinnassa muuttaa vain vähän hivenaineiden saanteja. Eniten muuttuu lihasikojen ja siipikarjan raudan saanti, joka vähenee, jos soijasta siirrytään herne-, härkäpapu- tai lupiinipohjaiseen ruokintaan (kuva 2). Soijaruheen raudan käyttökelpoisuus sioilla on vain 38 % (Bieh ym. 1997) ja palkokasvien raudan käyttökelpoisuudesta ei ole tutkimustietoa. Myös raudan erilaisten kemiallisten muotojen käyttökelpoisuus vaihtelee. Paras se on orgaanisissa rautayhdisteissä, metioniini- ja kelaattimuodoissa (Kegley ym. 2002, Feng ym. 2007).

Muiden hivenaineiden osalta ero soija- ja palkoviljapohjaisten ruokintojen välillä oli pieni. Hivenainesanti perusrehuista ei kattanut myöskään sikojen ja siipikarjan tarpeita (Luke 2015). Jodin kohdalla ero oli pienin. Kasvipäristen hivenaineiden käyttökelpoisuutta voidaan parantaa rehuun lisätyn fytaasin avulla, koska fytiinihappokelaattiin voi sitoutua mm. Fe-, Zn- ja Mn-ioneita (Kornegay 1996).

Lypsylehmien ruokinta

Laskelmissa käytetyt valkuaisrehujen hivenainepitoisuudet on esitetty taulukossa 1. Rypsiroheen Fe- ja Mn-pitoisuudet olivat palkoviljojen siemeniä suurempia, muissa hivenaineissa ei ollut vastaavan suuruista taasoeroa. Kirjallisuudessa esiintyvien prosessoitujen sivutuoterehujen, kuten rypsirehujen, pitoisuuksiin saattavat vaikuttaa kasvipäristen tekijöiden lisäksi vaihtelevat käsittelyprosessit.



Kuva 2. Sikojen hivenravinteiden saanti (mg/MJ NE) eri ruokintamalleilla, joissa valkuaislähteenä lisätään härkäpavun, herneen ja lupiinin osuutta (Holopainen 2014). Laskenta perustuu vain perusrehuihin eli mukana ei ole erillistä hivenainetäydennystä. Tulokset on laskettu mg/kg ka, jonka jälkeen arvot on muunnettu rehusuosituksissa (Luke 2015) annettuun muotoon mg/MJ NE.

Taulukossa 2 on esitetty kuuden rehuarvojärjestelmän hivenainesuosituksia lypsylehmille. Mallilaskelmien ruokintojen hivenainepitoisuuksia verrattiin ensisijaisesti kotimaisiin suosituksiin, mutta samalla muiden järjestelmien vastaaviin arvoihin. Suomalaiset suosituksia eroavat muista järjestelmistä erityisesti raudan ja seleenin suositusten osalta.

Palkoviljojen siementen raakavaluainepitoisuudet ovat tyypillisesti pienempiä kuin rypsiroouheen, joten rypsi-alkuainisen täydellinen korvaaminen johti huomattavasti suurempiin palkokasvimääriin verrattuna rypsiannokseen. Tämä vaikutti osaltaan hivenainepitoisuuksiin. Käytettäessä keskimääräisiä hivenainepitoisuuksia heinäkasvisäilörehun osittainen korvaaminen puna-apilasäilörehulla ja palkoviljojen käyttö rypsin tilalla lisäsi ruokintojen Cu-pitoisuutta ja vähensi Fe-, Mn- ja Se-pitoisuuksia (kuva 3). Sen sijaan vaikutus Zn-pitoisuuteen oli vähäinen. Rehujen suuresti vaihtelevat hivenainepitoisuudet osoittavat hivenaineanalyysien tärkeyden ruokinnan suunnittelussa. Toisaalta tulosten mukaan ruokinnassa tarvitaan aina hivenainetäydennystä. Pääsääntöisesti ainoastaan kaikkien rehujen samanaikainen maksimipitoisuus riittäisi teoriassa kattamaan kotimaiset saantisuosituksia.

Taulukko 1. Lypsylehmälaskelmissa käytetyt rypsiroouheen ja palkokasvien siementen hivenainepitoisuudet (mg/kg kuiva-ainetta).

Rehu	Hivenaine				
	Fe	Cu	Zn	Mn	Se
Rypsiroouhe	133 - 258	4 - 8	35 - 88	48 - 70	0,10
Herne	51 - 160	7 - 12	27 - 53	6,0 - 35	0,02
Härkäpapu	43 - 90	4 - 21	20 - 61	4,2 - 20	0,02
Lupiini	30 - 57	4,3 - 8,2	29 - 55	5,6 - 57	0,10

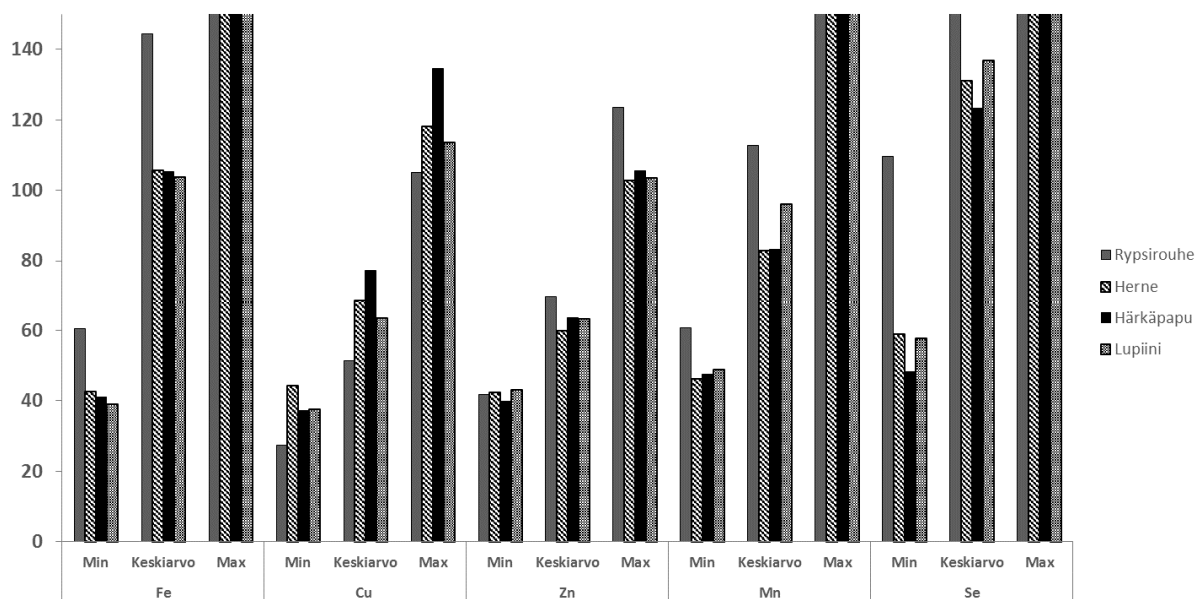
Taulukko 2. Lypsylehmän hivenaineiden saantisuosituksset eri rehuarvojärjestelmissä, maksimisietorajat (NRC 2015) ja EU:n antamat enimmäispitoisuudet.

Maa	Järjestelmä	Hivenaine								Eläin
		Fe	Cu	Zn	Mn	I	Co	Mo	Se	
Suositus (mg/kg ka)										
Suomi ¹	Luke 2015	100	10,0	50,0	40,0*	0,90**	0,10	0,30	0,10	Lypsylehmä
USA ²	NRC	12,3	11,0	43,0	14,0	0,60	0,11	-	0,30	Lypsylehmä, 25 kg maitoa/pv
USA ²	NRC	18,0	11,0	55,0	13,0	0,40	0,11	-	0,30	Lypsylehmä, 54,4 kg maitoa/pv
USA ²	NRC	13,0	12,0	21,0	16,0	0,40	0,11	-	0,30	Lypsylehmä, ummessa, 240 pv tiineenä
Australia ³	ARC	30-40	3-27	9-18	-	0,15-2,0	-	-	0,05	Nautakarja
Saksa ⁴	GfE	50,0	10,0	50,0	50,0	0,50	0,20	-	0,20	Lypsylehmä (ummessa ja lypsävä)
Scandinavia ⁵	NorFor	50,0	10,0	50,0	40,0	1,00	0,10	-	0,20	Lypsylehmä
Ranska ⁶	INRA	-	10,0	50,0	50,0	0,2-0,8	0,30	0,10	0,10	Märehtijät
Maksimisietoraja										
USA ⁷	NRC	500	40	500	2000	50	25	5-10	5,0	Nautakarja, mg/kg ka
EU ⁸		500	15	150	150	5,0	1,0	2,5	0,50	Lypsylehmä, mg/kg

¹Luke (2015); ²NRC (2001); ³ARC (2007); ⁴GfE (2001); ⁵Nielsen & Volden (2011); ⁶Meschy (2007); ⁷NRC (2005);

⁸EU: hivenaineen maksimipitoisuus mg/kg koko rehuannoksessa, jonka kosteuspuiteisuus 12 %

*Kolmen ensimmäisen laktaatiokuukauden aikana 80 mg/kg ka; ** Goitrogeeneja sisältävillä rehuilla 1,3, 1,2 ja 2,0 mg/kg ka



Kuva 3. Esimerkkilaskelma lypsylehmän rehuannoksen Cu-, Zn-, Mn- ja Se-pitoisuuksista ilmaistuna prosenttiosuutena suosituksesta (Luke 2015). Kontrolliruokinta koostui rypsirouheesta, viljasta ja nurmisäilörehusta. Vertailuruokinnossa rypsirouhe korvattiin herneellä, härkäpavulla tai sinilupiinilla ja puolet nurmisäilörehusta korvattiin puna-apilasäilörehulla. Rehujen hivenainepitoisuutena käytettiin kaikille rehuannoksen rehuille kirjallisuudessa esiintyviä mini- tai maksimiarvoja tai eri maiden rehutaulukkoarvojen keskiarvoja. Ruokinnassa ei ole mukana hivenainelisiä.

Johtopäätökset

Kasvilaji vaikuttaa rehuannoksen hivenainepitoisuuteen. Sen sijaan väkilannoitetypen osittainen korvaaminen sian lietteen tyypellä ei vaikuttanut merkittävästi härkävavun, valkolupiinin tai vehnän hivenainepitoisuuksiin. Soijan korvaaminen kotimaisilla valkuaislähteillä kuten herneellä ja härkävavulla, vähentää sikojen ja siipikarjan raudan saantia. Vaikutus muiden hivenaineiden saantiin on melko vähäinen. Apilan osuuden lisääntyminen säilörehunurmista lisää märehitijöiden ruokinnassa useiden hivenaineiden saantia. Jos lypsylehmän ruokinnassa korvataan säilörehumuutoksen lisäksi rypsi kokonaan palkoviljojen siemenillä, vaihtelee vaikutus hivenaineesta toiseen. Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että hivenaineiden saanti perusrehuista ei pääsääntöisesti kattanut sikojen, siipikarjan ja lypsylehmien voimassa olevia kotimaisia saantisuosituksia. Eri maiden hivenaineiden saantisuosittelujen vertailu puolestaan osoitti, että kotimaisten hivenainesuositusten tarkistaminen on tarpeen.

Kirjallisuus

- ARC (Agricultural Research Council)** 2007. Nutrient requirements of domesticated cattle. Csiro publishing.
- European Union Register of Feed Additives** 2015. Edition 222, released 09.12.2015.
http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/registeradditives_en.htm
- Garnett, T., Appleby, M.C., Balmford, A., Bateman, I.J., Benton, T.G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P.K., Toulmin, C., Vermeulen, S.J. & Godfray, H.C.J.** 2013. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science* 341:33-35.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie)** 2001. Recommendations for the supply of energy and nutrients to the dairy cows and beef cattle (Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder). Publisher: DLG e.V.
- Holopainen** 2014. Valkuaislähteen vaikutus kotieläinten hivenaineiden saantiin. Maasteritutkielma. Maataloustieteiden laitos, Helsingin yliopisto. 66 s.
- Hyrkäs, M. & Virkajärvi, P.** 2012. Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit. Maatalouden tutkimuskeskus, raportti 56. Jokioinen:MTT. 121 s.
- Kegley, E.B., Spears, J.W., Flowers, W.L. & Schoenherr, W.D.** 2002. Iron methionine as a source of iron for neonatal pig. *Nutrition Research* 22: 1209-1217.
- Kornegay, E.T.** 1996. Nutritional, environmental and economical considerations for using phytase in pig and poultry diets. International Symposium on Nutrient Management of Food Animals to Enhance the Environment. ss. 276-304.
- Lindström, B.E.M.** 2013. Micronutrients in temperate forage crops grown in Sweden. Doctoral Thesis No. 2013:03. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Production Ecology. 58 s
- Lindström, B.E.M., Frankow-Lindberg, B.E., Dahlin, A.S., Wivstad, M. & Watson, C.A.** 2013. Micronutrient concentrations in common and novel forage species and varieties grown on two contrasting soils. *Grass and Forage Science* 68:427-436.
- Luke (Luonnonvarakeskus)** 2015. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2015. 58 s.
- Markovic, J., Strbanovic, R., Cvetkovic, M., Anelkovic, B. & Zivkovic, B.** 2009. Effects of growth stage on the mineral concentrations in alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf, stem and the whole plant. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25: 1225-1231.
- Meschy, F.** 2007. Alimentation minérale et vitaminique des ruminants: actualisation des connaissances. IN-RA Productions.
- MTT** 2013. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset (verkkojulkaisu). Jokioinen: MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Viitattu 5.3.2014. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>
- Nielsen, N. I., & Volden, H.** 2011. Animal requirements and recommendations. In: NorFor-The Nordic feed evaluation system.
- NRC (National Research Council)** 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th revised edition. Na-

- NRC (National Research Council)** 2005. Mineral tolerances of animals, second revised edition. National Academy Press. ss.14-15.
- Whitehead, D.C.** 2000. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationship. 1 painos. Wallingford, UK: CABI Publications. 369 s.
- Rinne, S.-L., Sillanpää, M., Huokuna, E. & Hiivola, S.-L.** 1974. Effects of heavy nitrogen fertilization on iron, manganese, sodium, zinc, copper, strontium, molybdenum and cobalt contents in ley grasses. *Annales Agriculturae Fenniae* 13: 109-118.
- Yläranta, T. & Sillanpää, M.** 1984. Micronutrient contents of different plant species grown side by side. *Annales Agriculturae Fenniae* 23: 158-170.