

MTT RAPORTTI 35

Seleenityöryhmän raportti 2011

Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Tarja Root,
Titta Suoniitty, Eija-Riitta Venäläinen ja Kari Ylivainio



**Seleenityöryhmän raportti
2011**

**Merja Eurola, Georg Alfthan, Päivi Ekholm, Tarja Root, Titta
Suoniitty, Eija-Riitta Venäläinen ja Kari Ylivainio**

ISBN: 978-952-487-347-5

ISSN 1798-6419

www-osoite: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Eurola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Root, T., Suoniitty, T., Venäläinen, E-R., ja Ylivainio, K.

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2011

Kannen kuva: Heimo Tynkkynen / MTT:n kuva-arkisto

Seleenityöryhmän raportti 2011

**Merja Eurola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Tarja Root⁴⁾, Titta Suoniitty⁴⁾,
Eija-Riitta Venäläinen⁴⁾ ja Kari Ylivainio¹⁾**

¹⁾MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, PL 30, 00271 Helsinki, etunimi.sukunimi@thl.fi

³⁾Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

⁴⁾Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki, etunimi.sukunimi@evira.fi

Tiivistelmä

Ympäristöolosuhteiden vuoksi liukoisen seleenin määrä Suomen viljelymaissa on pieni. Vain noin 4 % maaperän kokonaisseleenistä on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Tämän vuoksi kotimaisten elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuudet olivat pieniä. Kotieläinten ja väestön seleenisaannin turvaamiseksi seleenin lisääminen lannoitteisiin natriumselenaattina aloitettiin vuonna 1984. Kasvit ottavat seleeniatia maaperästä muuttaen sen orgaanisiksi seleeniyhdisteiksi. Näitä orgaanisia seleeniyhdisteitä ihmiset ja eläimet pystyvät hyödyntämään tehokkaammin kuin seleenin epäorgaanisia muotoja. Suomen olosuhteissa toimenpide on osoittautunut tehokkaaksi, turvalliseksi ja edulliseksi keinoksi vaikuttaa kotieläinten ja väestön seleenisaantiin. Rehujen korkeampi seleenipitoisuus on osaltaan vähentänyt seleenipuutostautien esiintymistä naudoilla ja sioilla.

Seleenilannoitustasoa on muutettu kolme kertaa vuosina 1990, 1998 ja 2007. Vuonna 2007 lannoitteiden seleenipitoisuutta nostettiin kymmenestä viiteentoista mg kg⁻¹, koska elintarvikkeiden, rehujen ja seerumin seleenipitoisuuksissa sekä väestön keskimääräisessä seleenisaannissa havaittiin laskeva trendi. Tähän on vaikuttanut lannoitteiden käytön väheneminen. Muutos on nostanut rehujen ja elintarvikkeiden seleenipitoisuuksia.

Seerumin seleenipitoisuus on 2000-luvulla ollut keskimäärin 1,4 µmol/l, mikä on 60 % suurempi kuin mitä oli ennen lannoitteiden seleenilisäystä vuonna 1984. Muuhun Eurooppaan verrattuna seerumin seleenipitoisuus on korkeammalla tasolla.

Väestön keskimääräinen seleenisaanti Suomessa on ollut viime vuosina tasolla n. 0,08 mg/vrk/10 MJ, mikä vastaa hyvin koti- ja ulkomaisia suosituksia. Seleenilannoitustason nostaminen vuonna 2007 lisäsi seleenin saantia noin 20 %. Tärkeimmät seleenin lähteet ovat maito ja liha, joista saadaan n. 70 % päivittäisestä seleenistä. Liian korkea pitkäaikainen seleenisaanti on erittäin epätodennäköistä millään ruokavaliolla.

Avainsanat:

seleeni, lannoitteet, maaperä, elintarvikkeet, vilja, rehu, liha, maito, veri, seerumi, ravinto, ravitseminen, saanti

Selenarbetsgruppens rapport 2011

**Merja Eurola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Tarja Root⁴⁾, Titta Suoniitty⁴⁾,
Eija-Riitta Venäläinen⁴⁾ ja Kari Ylivainio¹⁾**

¹⁾MTT Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi, Forskning om växtproduktion, 31600 Jokioinen, förnamn.efternamn@mtt.fi

²⁾Institutet för hälsa och välfärd, P.O. Box 30, 00271 Helsingfors, förnamn.efternamn@thl.fi

³⁾Helsingfors universitet, Institutionen för tillämpad kemi och mikrobiologi, B.O. Box 27, 00014 Helsingfors Universitet, förnamn.efternamn@helsinki.fi

⁴⁾Livsmedelssäkerhetsverket Evira, Mustialagatan 3, 00790 Helsingfors, förnamn.efternamn@evira.fi

Sammandrag

I Finland har man sedan 1984 tillsatt selen i gödsel i syfte att säkra selenintaget för både husdjur och befolkningen. Selenberikade gödslet har klart höjt selenkoncentrationen av inhemska födoämnen och foder. Förhöjningen syntes redan under växtperioden 1985 då de selenberikade gödselen togs för första gången i bruk. Mängden selen i gödsel har ändrats 3 gånger sedan 1984, dvs. 1990, 1998 och 2007. Den senaste ändringens verkan på selenhalterna framgår först under växtperioden 2008.

Selenhalten av gödseln höjdes från 6 till 10 mg/kg år 1998 för att födoämnens selenhalter och selenintaget hade klart minskat. Detta berodde på ändringen av selenmängden i gödsel från 16 till 6 mg/kg år 1990 och den minskande användningen av gödsel. Förändringen år 1998 föranledde till att selenhalterna av foder, basfödoämnen och humant blod steg från 1999 till 2002 med 20-50%. Förändringen var inte beständig och halterna har minskat i takt med den minskande gödselbrukningen.

Befolkningens selenintag har under de senaste åren uppnått nivån 0,065 mg/ dag/10 MJ. Intaget har minskat från 2000-talets början med c. 20%. Selenintaget är ännu tillfredställande och tryggt och möter kraven av kostrekommendationerna för selen. De viktigaste selenkällorna är mjölk och kött vilka svarar för 70% av det dagliga selenet.

Under finska förhållanden har selenberikningen av gödsel med natriumselenat visat sig vara ett effektivt, säkert och ekonomiskt sätt att påverka selenintaget av både husdjur och människor. Systemet är kontrollerbart planmässigt och noggrant med hjälp av det på selen inriktade programmet.

Nyckelord:

selen, gödsel, gödsling, jord, livsmedel, födoämnen, säd, mjölk, kött, foder, intag, blodserum, cerealier

Report of the Selenium Working Group 2011

**Merja Eurola¹⁾, Georg Alfthan²⁾, Päivi Ekholm³⁾, Tarja Root⁴⁾, Titta Suoniitty⁴⁾,
Eija-Riitta Venäläinen⁴⁾ and Kari Ylivainio¹⁾**

¹⁾MTT Agrifood Research Finland, Plant production, 31600 Jokioinen, firstname.lastname@mtt.fi

²⁾THL National Institute for Health and Welfare, P.O. Box 30, 00271 Helsinki, firstname.lastname@thl.fi

³⁾University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology, P.O. Box 27, FI-00014
University of Helsinki, firstname.lastname@helsinki.fi

⁴⁾Finnish Food Safety Authority Evira, Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki, firstname.lastname@evira.fi

Abstract

The mean total selenium content of Finnish agricultural soils is 0,2 mg ka⁻¹, but only about 4% of it is available to plants. Consequently the selenium content of domestic agricultural products has been naturally low.

In Finland the Ministry of Agriculture and Forestry made a decision in 1984 to supplement compound fertilizers with sodium selenate. Plants convert the inorganic selenium into organic forms, which are more efficiently utilized by humans and animals. The goal was to increase the selenium intake of the population and food producing animals. The selenium fertilization increased the selenium content of domestic foods and feeds significantly and the average daily selenium intake of humans reached the level of 0.11-0.12 mg/day at the energy level of 10 MJ in 1988-1990. This was also seen as higher serum and blood selenium status of humans.

Since 1984 the selenium content of fertilizers has been revised three times (1990, 1998, 2007). The latest amendment was necessary due the decreasing use of fertilizers. The revision in 2007 from 10 to 15 mg kg⁻¹ fertilizer has slightly increased the selenium content of foods and feeds. The average daily selenium intake is stabilized to the level of 0.08 mg/day at the energy level of 10 MJ. The selenium intake meets well the recommendations and is considered adequate and safe level. Excessive selenium intake from any type of diet is not probable. The most important sources of selenium are milk and meat which contribute about 70 % of the total selenium intake.

The average serum selenium content has been at the level of 1.4 mmol l⁻¹ during the 2000. The present level is about 60% higher than before the selenium fertilization and among the highest in Europe.

The selenium supplementation of fertilizers has been an effective, safe and economical way to increase the selenium intake of humans and food producing animals. The system can be controlled by systematic follow-up study focused to main agricultural products and human serum levels.

Keywords:

selenium, fertilizer, fertilization, soil, foods, cereal, milk, meat, feeds, intake, human serum

Alkusanat

Vuonna 1983 maa- ja metsätalousministeriö asetti seleenityöryhmän, joka esitti 6.10.1983 toimenpidesuosituksen seleenin lisäämisestä yleislannoitteisiin natriumselenaattina siten, että viljan seleenitaso nousee noin 0,1 mg kg⁻¹. Työryhmän ehdotuksen perusteella moniravinteisiin lannoitteisiin alettiin lisätä seleeniä 1.7.1984 ja ensimmäistä kertaa lannoitus oli käytössä kasvukaudella 1985. Seleenilisäyksen vaikutusten seuranta on järjestetty siten, että maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalaan kuuluvat laitokset osallistuvat seurantaan omalla budjettirahoituksellaan. Seurannan koordinoijana vuodesta 1998 lähtien on ollut Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Seleenityöryhmän tehtävänä on lannoitteiden seleenilisäyksen vaikutusten seuranta sekä toimenpidesuosituksen antaminen seurantatulosten perusteella. Ryhmä julkaisee säännöllisesti seurantaraportteja sekä seuraa aktiivisesti alan kotimaista ja kansainvälistä tutkimusta. Seleenityöryhmän kokoonpano vuonna 2011:

Georg Alfthan, Terveysten ja hyvinvoinnin laitos
Päivi Ekholm, Helsingin yliopisto
Merja Eurola, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
Veli Hietaniemi, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
Mikko Korhonen, Yara Suomi, Oy, 1.8.2011 saakka
Seija Luomanperä, Yara Suomi Oy, 1.8.2011 alkaen
Tarja Root, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Pirjo Salminen, Maa- ja metsätalousministeriö
Titta Suoniitty, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Eija-Riitta Venäläinen, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira
Matti Verta, Suomen ympäristökeskus
Kari Ylivainio, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Kiitämme niitä henkilöitä ja yrityksiä, jotka ovat vapaaehtoisesti olleet mukana seleeniseurannan toteuttamisessa. Henkilöt Helsingistä ja Leppävirralta ovat vuosittain käyneet antamassa verinäytteen seleenianalyysiin. Oy Karl Fazer Ab, Raisio Oyj, Helsingin Mylly Oy ovat toimittaneet säännöllisesti näytteitä tutkimukseen. Viljavuuspalvelu Oy on luovuttanut viljelynäytteistä tehtyjen seleenimääritysten tulokset työryhmän käyttöön. Lämpimät kiitokset myös seurantaan osallistuvien organisaatioiden laboratoriohenkilöstölle arvokkaasta työstä seleenianalysien parissa.

Seleenityöryhmä

Sisällysluettelo

1 Johdanto	8
Tutkimuksen tausta ja tavoitteet.....	8
2 Näyteaineisto.....	9
3 Tulokset ja tuloksen tarkastelu	11
3.1 Lannoitteiden seleenipitoisuus ja valvonta	11
3.2 Viljelymaan seleeni.....	11
3.3 Seleeni eläinten ruokinnassa ja rehuissa	12
3.3.1 Eläinten seleenin tarve	12
3.3.2 Seleeni rehuissa.....	13
3.4 Seleeni elintarvikkeissa	14
3.4.1 Vilja ja viljatuotteet.....	14
3.4.2 Maito, juusto ja kananmuna	20
3.4.3 Liha ja maksa	22
3.4.5 Kala.....	23
3.4.6 Kasvikset.....	23
3.5 Seleenin saanti.....	24
3.6 Ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuus	25
4 Yhteenveto	27
5 Kirjallisuus	28

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Ilmastollisten ja geokemiallisten tekijöiden vuoksi seleenin määrä Suomen viljelymaissa on pieni. Kasvit pystyvät ottamaan seleenin sekä selenaatina että seleniitinä, mutta happamassa maassa selenatti pelkistyy helposti niukkaliukoiseksi seleniitiksi. Jo 1960-luvulla todettiin kotieläimillä seleenin puutostauteja, joita pystyttiin hoitamaan seleenin ja E-vitamiinin avulla. Vuonna 1969 alettiin eläinten rehuihin lisätä seleeniä. Tämän jälkeen todettiin myös kotimaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksien olevan pieniä ja väestön seleenin saanti, $0,030 \text{ mg vrk}^{-1}$ oli selvästi alle suositusarvojen. Niukalla seleenin saannilla pelättiin olevan merkittäviä kansanterveydellisiä vaikutuksia.

Vuodesta 1984 alkaen Suomessa on lisätty natriumselenaattia moniravinteisiin lannoitteisiin tavoitteena turvata kotieläinten ja väestön seleenin saanti. Seleeniseurantatutkimuksen tavoitteena on lannoitteisiin tehdyn seleenilisäyksen vaikutusten seuranta maaperässä, rehuissa, elintarvikkeissa, ihmisen veressä ja seerumissa sekä arvioida tulosten perusteella väestön seleenin saantia. Toimenpiteellä on onnistuttu nostamaan kotimaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuutta ja väestön seleenin saantia merkittävästi. Tässä seleenityöryhmän raportissa esitetään yleisesti seleeniseurannan tuloksia vuoteen 2010 saakka.

2 Näyteaineisto

Seleenilannoituksen vaikutusta, maan, rehujen, elintarvikkeiden ja ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuuksiin on seurattu säännöllisesti vuosittain eri organisaatioiden toimesta. Organisaatioiden välinen työjako näytteiden oton ja analysoinnin osalta on seuraava:

Terveystieteiden tutkimuskeskus, THL: ihmisen veri ja seerumi
Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, MTT: viljat ja viljatuotteet, maito ja maitotuotteet, kasvikset, kala
Elintarviketurvallisuusvirasto, Evira: liha ja sisäelimet, rehut, lannoitteet
Viljavuuspalvelu Oy: maa

Jokainen seleeniseurantaan organisaatio on kerännyt näytteet itsenäisesti oman näytteenottosuunnitelman mukaisesti ja analysoinut seleenin tavanomaisella menetelmällään. Viljavuuspalvelu Oy on toimittanut seurantaryhmän käyttöön viljelymaiden seleeniä koskevaa tulosaineistoa.

Lannoitteet. Lannoitenäytteet on otettu Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran lannoitevalmistejaoston valvontasuunnitelman mukaisesti. Näytteenotto perustuu standardiin EN 1482:1996 kiinteiden lannoitteiden ja kalkitusaineiden näytteenotosta. Näytteet on otettu pääasiassa valmistuksen valvonnan yhteydessä valmistajan varastolta ja markkinavalvonnan yhteydessä vähittäiskaupasta tai maataloilta. Näytteenottajat ovat Eviran valtuuttamia tarkastajia tai ELY-keskusten (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) tarkastajia. Selenipitoisuudet on analysoitu Eviran tutkimusosastolla.

Rehut. Rehunäytteet on pääsääntöisesti otettu Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran (ennen KTTK) rehujajaoston Näytteenotto rehuista -ohjeen mukaisesti. Ohje perustuu Euroopan komission asetukseen (EY) N:o 152/2009. Säilörehunäytteet on otettu yksityisiltä maataloilta eri puolilta Suomea rehualan alkutuotannon toimijoiden virallisen valvonnan yhteydessä. Teolliset rehuseosnäytteet ovat virallisen valvonnan näytteitä rehualan laitoksista tai vähittäiskaupasta. Näytteenottajat ovat Eviran valtuuttamia tarkastajia, ELY-keskusten (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) tarkastajia tai tutkimuslaitosten henkilökuntaa. Rehujen seleenipitoisuudet on analysoitu Evirassa.

Viljat ja jauhot. Jauhot ja viljojen siilonäytteet on saatu suurimmilta kauppamylyiltä: Oy Karl Fazer Ab, Raisio Oyj, ja Helsingin Mylly Oy. Jauhonäytteet on otettu joka kolmas kuukausi suoraan myllyjen tuotantolinjalta. Tilakohtaiset viljanäytteet on kerätty Eviran kotimaisen viljasadon laadun seuranta-aineistosta. Vehnän osalta seurantaan on valittu leipäviljan laatukriteerit täyttäviä näytteitä. Muiden viljojen kohdalla ei ole eroteltu leipä- ja rehuviljaa.

Leipä, maito, juusto, kala, kasvikset. Leipä, maito, juusto ja silakkanäytteet on kerätty neljä kertaa vuodessa, joka kolmas kuukausi kahdeksasta vähittäismyymälästä, jotka edustavat eri kaupparyhmittymiä. Näytteet on yhdistetty kaupparyhmittäin siten, että analysoitavia näytteitä on ollut neljä näytettä/elintarvike/näytteenottokerta. Vuodesta 2006 lähtien näytteitä on otettu kuudesta vähittäismyymälästä joka kolmas kuukausi. Yhdestä myymälästä on otettu kaksi näytettä, mikäli on löytynyt eri valmistuserää olevia tai eri valmistajan tuotteita. Nämä näytteet on yhdistetty. Analysoitavia näytteitä on ollut kuusi näytettä/elintarvike/näytteenottokerta. Kirjolohi, peruna ja valkokaalinäytteet kerätään kerran vuodessa. Satunnaisesti on kerätty myös muita kuin em. elintarvikenäytteitä.

Liha ja maksa. Sian ja naudan liha- ja maksanäytteitä on analysoitu kansalliseen vierasainevalvontaan tulleista teurastamonäytteistä. Jokaisen näytetyypin näytemäärä on ollut 30 näytettä/vuosi. Näytteitä on tullut kuukausittaisen ohjelman mukaisesti n. 20 eri teurastamosta ympäri Suomen. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on huolehtinut näytteenottotarvikkeiden ja ohjeiden lähettämisestä näytteiden ottajille. Eviran palveluksessa olevat tarkastuseläinlääkärit vastaavat näytteenotosta teurastamoissa.

Veri ja seerumi. Ihmisen veri- ja seeruminäytteet on otettu systemaattisesti vuoden 1984 jälkeen. Maa-seutuväestöä edustaa seurantaryhmä Leppävirralla (35 - 45 samaa henkilöä) ja kaupunkilaisia Helsingissä (30 - 35 henkilöä). Vuosittaisen verinäytteenoton yhteydessä on henkilöiltä kysytty erityisruokavalioista ja varmistettu, että seleeniä sisältäviä ravintovalmisteita ei käytetä säännöllisesti.

Analyysien laadunvarmistus. Jokainen seleeniseurantaa tekevä laboratorio on käyttänyt seleenianalytiikassaan omia sisäisiä ja ulkoisia laadunvarmistusmenettelyjään. Vuodesta 1985 lähtien seleeniseurantaa tekevien laboratorioiden kesken on säännöllisesti järjestetty laboratorioiden välisiä vertailututkimuksia. Näytteinä on ollut erilaisia elintarvike- ja rehunäytteitä, jotka kukin laboratorio on analysoinut omilla menetelmillään. Vertailututkimusten perusteella eri laboratorioiden seleenimääritysten tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

3 Tulokset ja tuloksen tarkastelu

3.1 Lannoitteiden seleenipitoisuus ja valvonta

Maa- ja metsätalousministeriö päättää lannoitteisiin lisätyn seleenin määrän. Seleenin määrä lannoitteissa on vaihdellut seuraavasti:

1984-1990	6 mg kg ⁻¹ nurmen lannoitteet 16 mg kg ⁻¹ viljan lannoitteet
1990-1998	6 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
1998-2007	10 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet
2007-	15 mg kg ⁻¹ kaikki lannoitteet, poikkeustapaukset 25 mg kg ⁻¹

MMM:n lannoitevalmisteasetuksen (24/11) mukaan poikkeavan seleenimäärän sisältäviä lannoitteita saa myydä kotieläintiloille ja lantaa vastaanottaville tiloille nurmen ja viljan täydennyslannoitukseen, kun pääasiallisena lannoitteena käytetään lantaa.

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira tutkii valvonnan yhteydessä vuosittain muutamia kappaleita peltolannoitteita, jotka sisältävät seleeniä. Seleeniä lisää tällä hetkellä lannoitteisiin vain yksi valmistaja, joka valvoo seleenin pitoisuutta lisäksi omavalvonnassaan. Tulosten perusteella lannoitteiden Se-pitoisuudet ovat ilmoitetuissa pitoisuuksissa ja poikkeamat ovat erittäin pieniä.

3.2 Viljelymaan seleeni

Suomen maaperän seleenipitoisuus on alhainen ja ennen seleeniä sisältävien lannoitteiden käyttöönottoa maaperän kokonaisseleenipitoisuus oli noin 0,2 mg kg⁻¹ (Sippola 1979), mikä vastaa muokkauskerroksessa noin 400 – 500 g seleeniä hehtaaria kohden. Lähes 20 vuotta seleeniä sisältävien lannoitteiden käyttöönotosta viljelysmaiden seleenipitoisuus todettiin olevan lähes samalla tasolla (Yli-Halla 2005). Maan kokonaisseleenipitoisuudesta vain pieni osa on kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Suomessa kasveille käyttökelpoinen seleenipitoisuus määritetään kuumavesiuutolla ja se on keskimäärin 4 % kokonaisseleenipitoisuudesta (Ylärinta 1985).

Vuodesta 1984 alkanut seleenilisäys lannoitteisiin ei ole merkittävästi kasvattanut liukoista seleenipitoisuutta suomalaisissa viljelysmaissa. Ennen lannoitteiden seleenilisäystä viljelysmaiden liukoinen seleenipitoisuus oli 0,011 mg l⁻¹ (n = 250, Sippola 1979) ja sen jälkeen suoritetuissa tutkimuksissa vuosina 1990, 1998 ja 2003 - 2006 vastaavat pitoisuudet olivat 0,006 (n = 450, MMM 1994), 0,010 ± 0,005 (n = 705, Mäkelä-Kurto ja Sippola 2002) ja 0,014 ± 0,026 mg l⁻¹ (n = 129, Eurola ym. 2008). Vuosina 2007 - 2010 Viljavuuspalvelu Oy:ssä analysoitujen 23 maanäytteen liukoinen seleenipitoisuus oli keskimäärin 0,013 ± 0,004 mg l⁻¹.

Yli-Hallan (2005) tutkimuksessa seurattiin seleenitasetta (lannoitteissa maahan lisätty - sadon mukana poistunut seleenimäärä) 48 peltolohkolla vuosina 1992 - 2004. Kyseisenä aikana keskimääräinen seleenitase oli 31 g ha⁻¹. Määrä vastasi n 8 % vuoden 1992 kokonaisseleenipitoisuudesta. Positiivisella seleenitaseella ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta kokonaisseleenipitoisuuteen, minkä katsottiin johtuvan maan heterogeenisyydestä. Nykyisillä seleenilisäystasysoilla (500 kg väkilannoitetta sisältää 7,5 g seleeniä) ja analyysimenetelmillä tilastollisesti merkitsevien muutosten todentamiseen tarvitaankin pitkäaikaiset seurantajaksot.

3.3 Seleenin eläinten ruokinnassa ja rehuissa

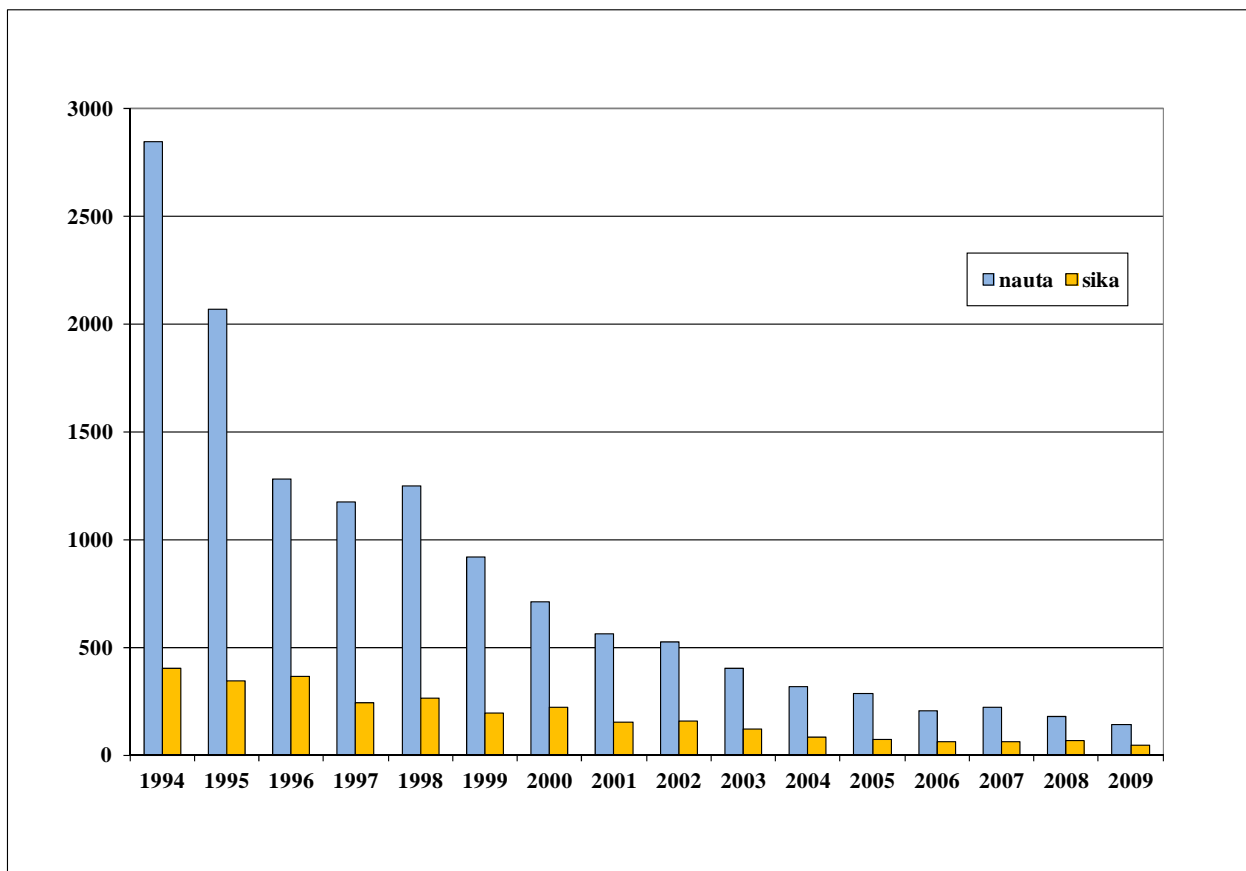
3.3.1 Eläinten seleenin tarve

Seleenin merkitys eläinten ravitsemuksessa havaittiin jo 1950-luvulla, kun osoitettiin, että suurin osa lampaan ja naudan lihassairauksista sekä kananpoikasten tulehdusalttius voitiin ehkäistä lisäämällä seleeniä tai E-vitamiinia rehuannokseen (McDonald ym. 1985). Seleenin on osana glutationiperoksidaasimolekyylä, mikä selittää sen vuorovaikutuksen E-vitamiinin ja rikkihappojen kanssa. Seleenin tarpeen ja haitallisuuden välinen ero on kuitenkin kapea, koska seleeni on suurina määrinä myrkyllistä.

Seleenin on osallisena elimistön tärkeissä toiminnoissa ja on välttämätön kaikkien eläinten kasvulle ja lisääntymiselle. Seleenin ravitsemuksellinen tarve vaihtelee eläinlajien välillä riippuen niiden ruuansulatusjärjestelmästä ja tuotannosta. Lisäksi seleenin vähimmäistarpeeseen vaikuttaa sen kemiallinen muoto ja ravinnon koostumus, erityisesti E-vitamiinipitoisuus (Underwood & Suttle 1999). Epäorgaanisen seleenin yleinen käyttökelpoisuus on alhaisempi kuin orgaanisen seleenin (Mutanen 1986). Kun eläinten seleenin tarvetta määritetään, on E-vitamiinin saannin oltava normaali, koska E-vitamiinin puutos lisää seleenin tarvetta.

Suomessa seleenisuositus on naudoille 0,1 mg kg⁻¹ rehun kuiva-ainetta (ka), sioille 0,2 mg kg⁻¹ ka, siipikarjalle 0,1-0,2 mg kg⁻¹ ka ja turkiseläimille 0,6-0,9 mg kg⁻¹ ka (MTT 2010). Lehmien korkea maidontuotanto lisää seleenin tarvetta (Underwood & Suttle, 1999).

Eläintautien esiintymistä on seurattu eläinlääkäreiden kuukausi-ilmoitusten perusteella. Vuonna 1994 tilastoitiin naudoilla 2846 lihasrappeumatapausta ja vuonna 2009 tapauksia oli 140. Vastaavat luvut sialla ovat 408 ja 47 (Kuva 1). Näiden tulosten perusteella voisi päätellä, että seleenilannoituksella on osaltaan ollut vaikuttamassa eläinten terveyteen. Toisaalta samaan aikaan myös monien muiden eläintautien määrät ovat vähentyneet.



Kuva 1. Lihasrappeuman esiintyminen sioilla ja naudoilla vuosina 1994-2009.

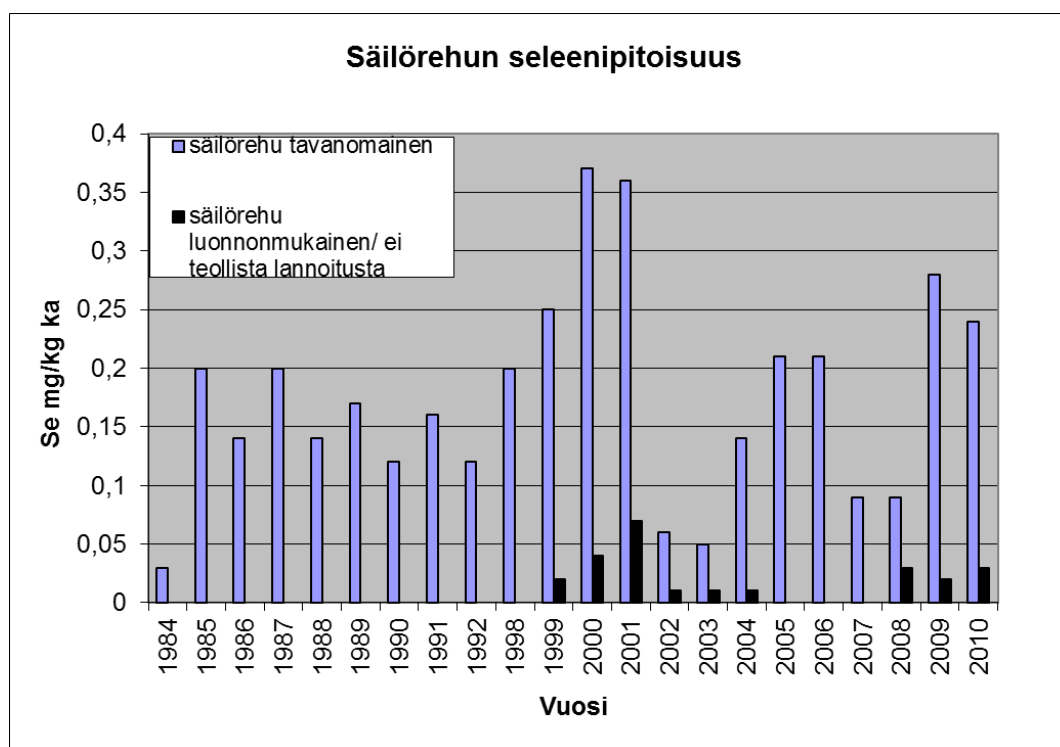
3.3.2 Seleni rehuissa

Seleni on kasvi- ja eläinperäisissä rehuaineissa pääasiassa orgaanisena valkuaiseen sitoutuneena selenometioniinina ja pieninä määrinä selenokysteiininä ja seleniitinä. Selenin määrä kasviperäisissä rehuissa vaihtelee kasvilajin, kasvin osan, kasvukauden ja peltomaan mukaan. Palkokasvien selenipitoisuus on yleensä pienempi kuin nurmikasvien (Underwood & Suttle, 1999).

Suomessa maaperän selenipitoisuuden tiedetään olevan alhainen, mutta sen lisäksi sääolosuhteista ja geokemiallisista syistä johtuen kasvien selenin saanti on rajallinen (Ylärinta 1985). Suomessa lannoitettiin vuodesta 1984 lähtien lisätty natriumselenaatti on nostanut rehuaineiden selenipitoisuutta keskimäärin kymmenkertaiseksi (0,02 vs. 0,2 mg kg⁻¹ ka) (Eurola ym. 2008).

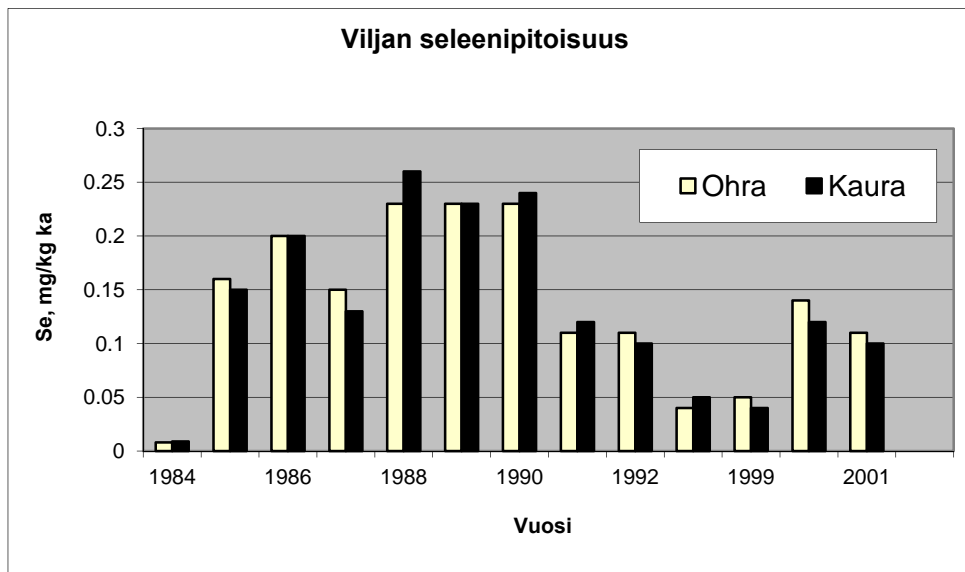
Vuosina 1984-2010 nurmisäilörehun selenipitoisuus on vaihdellut välillä 0,03-0,37 mg Se kg⁻¹ ka (Kuva 2). Lannoitettiin lisättyjen selenimäärien muutokset (vuosina 1984, 1990, 1998 ja 2007) näyttäisivät heijastuvan säilörehujen selenipitoisuuksiin viiveellä, mutta vaikutus ei ole ollut pysyvä pitemmällä aikavälillä. 2000-luvun jälkipuoliskolla säilörehujen selenipitoisuus on ollut keskimäärin yli 0,2 mg kg⁻¹ ka vuosia 2007 ja 2008 lukuun ottamatta.

Luonnonmukaisesti tai muutoin ilman teollisia lannoitteita tuotettu säilörehu on sisältänyt lähes 10 kertaa vähemmän seleniä kuin tavanomaisesti tuotettu rehu (kuva 2.). Kevätsadon säilörehut näyttävät sisältävän enemmän seleniä kuin kesä- ja syysadon rehut, mutta lannoituksen lisäksi muita selkeitä syitä selenipitoisuuden vaihteluun säilörehunäytteissä ei voida havaita. Tähän sekä säilörehunäytteiden selenipitoisuuksien vuosittaiseen vaihteluun voi osaltaan vaikuttaa näytteiden suhteellisen pieni kokonaismäärä, joka on ollut keskimäärin noin 30 vuodessa.



Kuva 2. Säilörehun selenipitoisuus Suomessa vuosina 1984-2010 (Root 2006, 2008, Evira 2007-2011).

Suomessa ohran ja kauran selenipitoisuuden vaihtelu on 1990-luvun alusta lähtien tasaantunut keskimäärin välille 0,10 - 0,14 mg kg⁻¹ ka (Eurola ym. 2008) (Kuva 3). Rehuohraa ja -kauraa ei viimeisen vuosikymmenen seleniseurannassa ole eroteltu vastaavista elintarviketiljoista, joiden tuloksista kerrotaan tämän raportin kappaleessa 3.4.1.



Kuva 3. Ohran ja kauran seleenipitoisuus Suomessa vuosina 1984-2001 (Root 2005).

Eläimistä saatavista rehuista parhaat seleenilähteet ovat peräisin vesiympäristöstä. Euroopan Unionin (EU) komission asetukseen (EY) N:o 1234/2003 mukaan kalajauho ei ole sallittu rehuaine märehitjoiden ruokinnassa ennen märehitistä aloittaneita nuoria eläimiä lukuun ottamatta. Muille tuotantoeläimille kalajauho tarjoaa hyvän valkuaisen ja seleenin lähteen.

Rehuihin voidaan lisätä sekä epäorgaanista (natriumseleniitti tai -senaatti) että orgaanista (seleenihiiwa) seleeniä rehun lisäaineena. Seleenin korkein sallittu määrä täysrehussa tai päiväannoksessa on $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ 12 % kosteutta sisältävää rehua. Sallittu enimmäismäärä koostuu sekä rehuaineiden luonnostaan sisältämästä seleenistä että lisätystä seleenistä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus N:o 43/2005).

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo teollisesti valmistettujen rehujen laatua. Vuosina 2000 - 2001 36 % rehunäytteistä, joista analysoitiin seleenipitoisuus, ylitti rehussa sallitun seleenin enimmäismäärän (Eurola ym. 2003). Rehuseosten valmistus on tarkentunut ja seleenin sallitun enimmäismäärän ylitykset ovat vähentyneet 2000-luvun aikana. Vuonna 2010 seleeniä analysoitiin 50 teollisesta rehuseosnäytteestä, joista neljässä %:ssa todettiin ylityksiä (Evira 2010 ja 2011).

3.4 Seleeni elintarvikkeissa

Seleenilannoituksella on voitu tehokkaasti vaikuttaa sekä kasvi- että eläinperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin. Seleenipitoisilla lannoitteilla tuotettujen maataloustuotteiden seleenipitoisuudet ovat selkeästi suurempia kuin 1970-luvulla ennen seleenilannoituksen aloittamista. Lannoitteiden käyttömäärien vähentyminen ja seleenin määrän vähentäminen lannoitteissa näkyi elintarvikkeiden seleenipitoisuuksien pienenemisenä 1990-luvulla, minkä jälkeen lannoitustasoa on nostettu vuosina 1998 ja 2007. Nykyisellä lannoitustasolla, 15 mg kg^{-1} elintarvikkeiden seleenipitoisuustasot näyttäisivät vakiintuvan seleenin saannin kannalta riittävälle ja turvalliselle tasolle.

3.4.1 Vilja ja viljatuotteet

Viljanäytteiden seleenipitoisuuksia on esitetty kuvissa 4-8 sekä taulukossa 1. Pitoisuuksien hajonta on varsin suurta riippuen lannoituksesta. Vuonna 2009 kauran ja ohran keskimääräiset seleenipitoisuudet olivat $0,120 \pm 0,088$ ja $0,120 \pm 0,094 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Pitoisuudet vaihtelivat välillä $<0,010$ - $0,360 \text{ mg kg}^{-1}$ ka. Suurin seleenipitoisuus oli kaurassa. Pienimpien seleenipitoisuuksien taustalla ovat ulkomaisten seleenitömien lannoitteiden tai karjanlannan käyttö. Kevätviljojen keskimääräiset pitoisuudet ovat pysyneet koko 2000-luvun ajan varsin vakaana, lähellä tavoitetasoa $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Syysviljoissa keskimääräinen seleenipi-

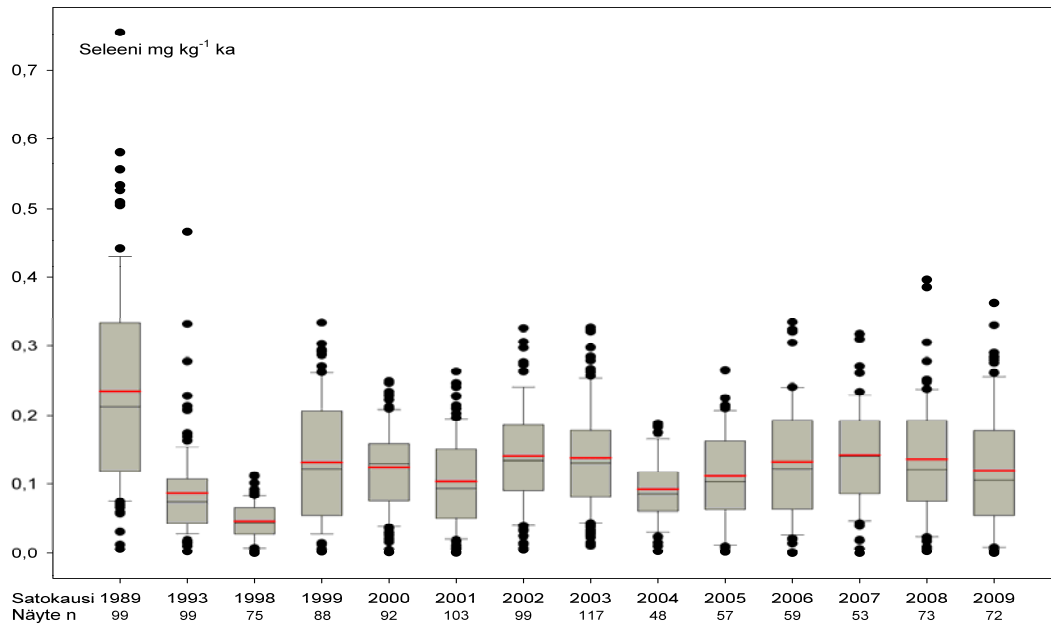
toisuus ja hajonta ovat kasvaneet vuosina 2008 - 2009 viimeisimmän lannoitustason muutoksen jälkeen. Analysoitu näytemäärä on kuitenkin ollut varsin pieni ja muutoksia seurataan tulevina vuosina.

Vuonna 2008 saatiin kolme ohranäytettä ja kolme säilörehunäytettä tiloilta, jolla oli käytetty ns. korkeamman seleenipitoisuuden omaavia lannoitteita. Ohran seleenipitoisuudet olivat 0,074, 0,100 ja 0,210 mg kg⁻¹ ja säilörehun pitoisuudet 0,280, 0,390 ja 0,410 mg ka⁻¹. Ohran seleenipitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla, säilörehun pitoisuudet hieman keskimääräistä suurempia (vrt. taulukko 2).

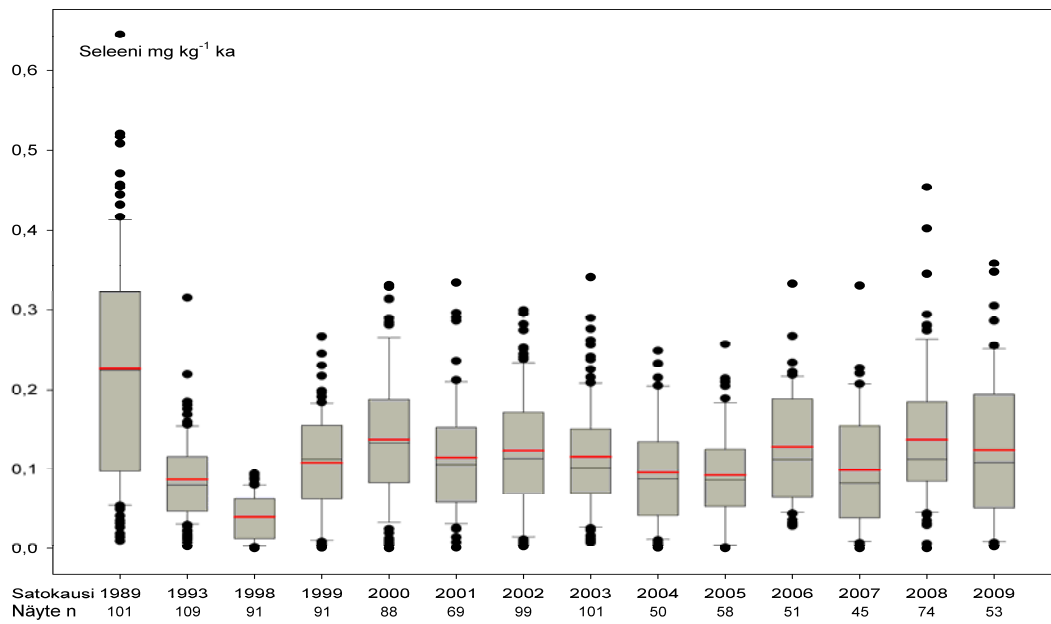
Taulukko 1. Leipävehnän ja rukiin seleenipitoisuuksia siilo- ja tilanäytteissä.

Vuosi	Seleenipitoisuus mg kg ⁻¹ ka					
	n	Kevätvehnä	n	Syysvehnä	n	Ruis
Siilonäytteet						
1984*	12	0,012 ± 0,007			10	0,009 ± 0,003
1998	3	0,076 ± 0,011	3	0,052 ± 0,010	2	0,066 ± 0,000
1999	4	0,130 ± 0,010	2	0,097 ± 0,025	1	0,12
2000	3	0,160 ± 0,014	2	0,130 ± 0,008	2	0,110 ± 0,006
2001	4	0,160 ± 0,050	3	0,091 ± 0,022	3	0,130 ± 0,027
2002	3	0,180 ± 0,034	3	0,100 ± 0,010	2	0,070 ± 0,023
2003	3	0,120 ± 0,008	3	0,085 ± 0,007	2	0,075 ± 0,005
2004	3	0,140 ± 0,035	2	0,076 ± 0,051	2	0,092 ± 0,029
2006	3	0,160 ± 0,022	3	0,092 ± 0,007	3	0,075 ± 0,021
2007	2	0,180	2	0,130	2	0,081
2008	1	0,170			2	0,138
2009	1	0,110				
Tilanäytteet						
1999	13	0,150 ± 0,021	13	0,120 ± 0,015	22	0,130 ± 0,083
2000	14	0,190 ± 0,082	14	0,110 ± 0,042	12	0,110 ± 0,048
2001	21	0,130 ± 0,080	14	0,140 ± 0,051	15	0,084 ± 0,063
2002	44	0,150 ± 0,075	15	0,130 ± 0,059	20	0,072 ± 0,057
2003	32	0,140 ± 0,070	21	0,058 ± 0,032	27	0,079 ± 0,042
2004	33	0,130 ± 0,050	7	0,110 ± 0,033	14	0,074 ± 0,032
2005	46	0,120 ± 0,071	12	0,100 ± 0,047	21	0,074 ± 0,047
2006	23	0,180 ± 0,050	9	0,089 ± 0,026	19	0,067 ± 0,042
2007	26	0,130 ± 0,076	9	0,120 ± 0,060	18	0,071 ± 0,051
2008	35	0,210 ± 0,120	13	0,170 ± 0,094	25	0,110 ± 0,066
2009	41	0,140 ± 0,085	9	0,170 ± 0,073	12	0,100 ± 0,089

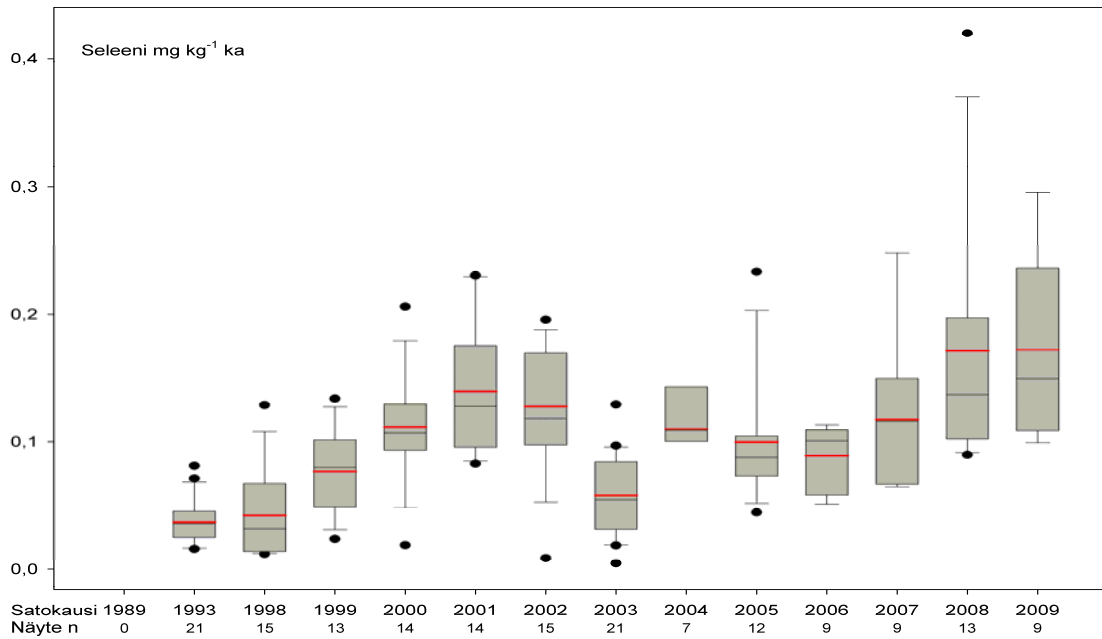
* Maa- ja metsätalousministeriö 1994



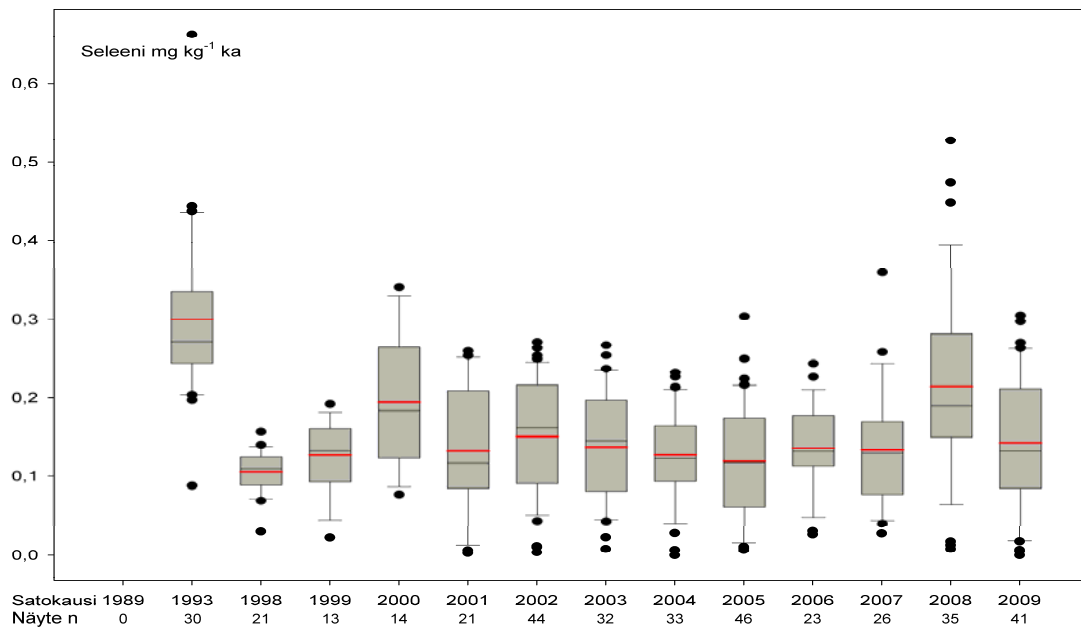
Kuva 4. Kauran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998-2009.



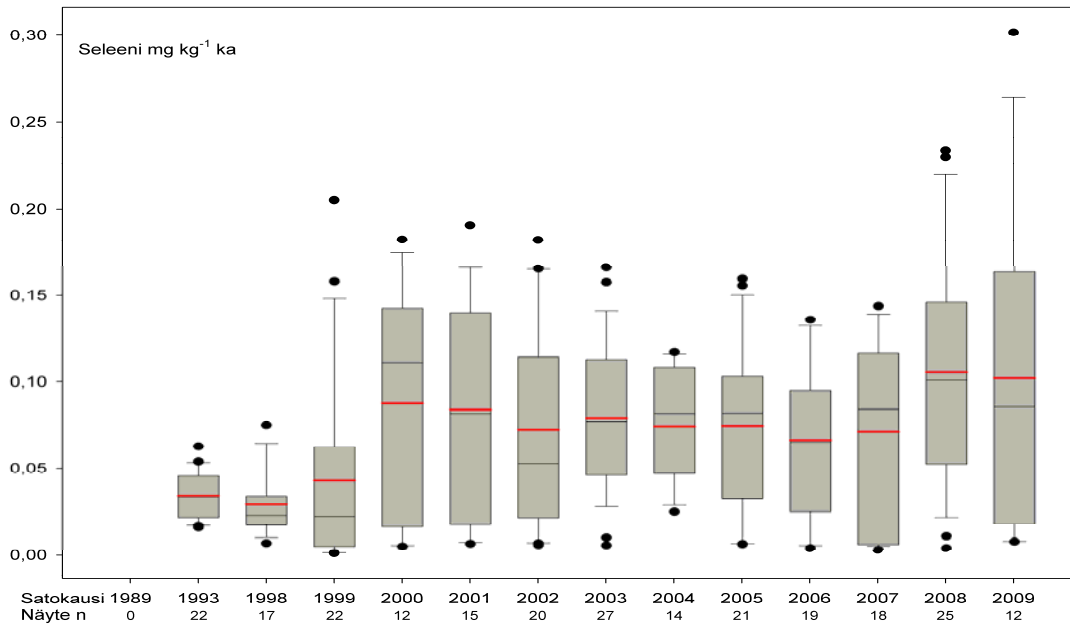
Kuva 5. Ohran seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1989, 1993 ja 1998-2009.



Kuva 6. Syysvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998-2009.

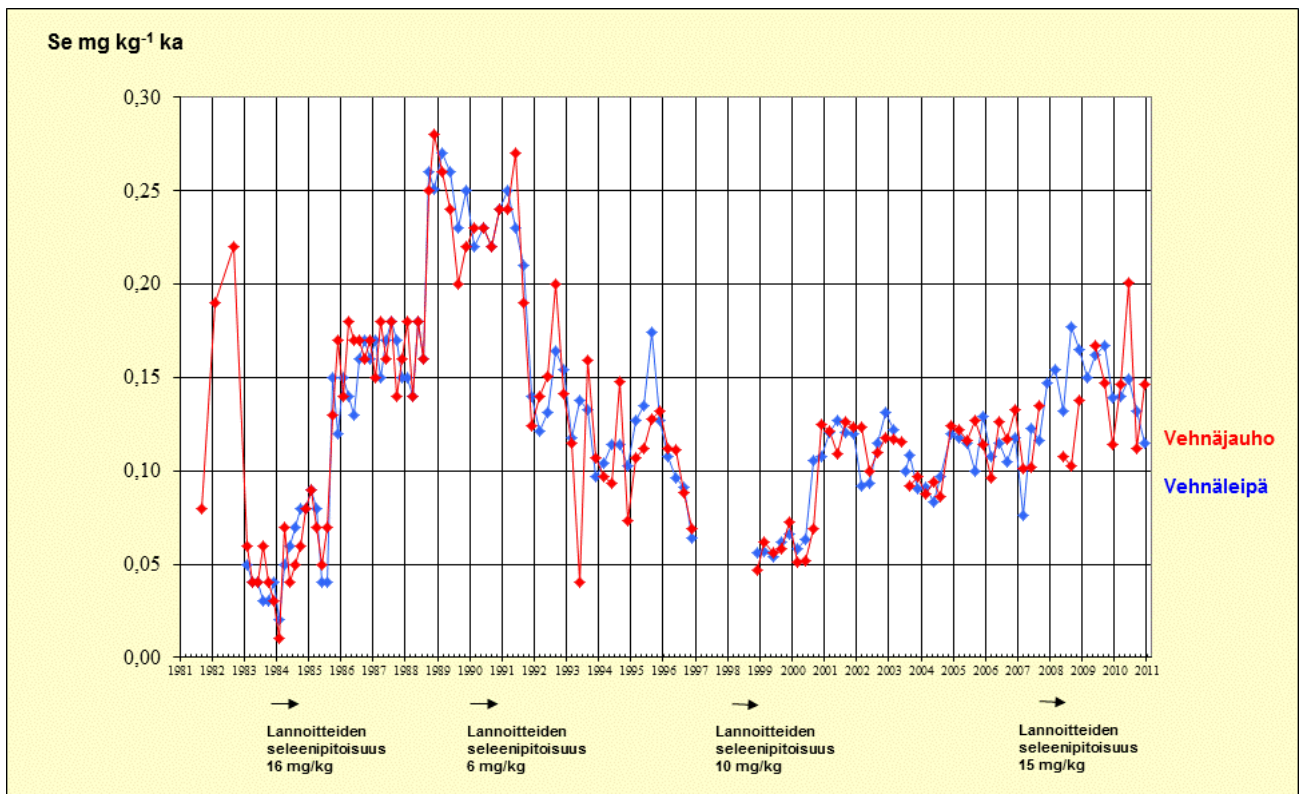


Kuva 7. Kevätvehnän seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998-2009.

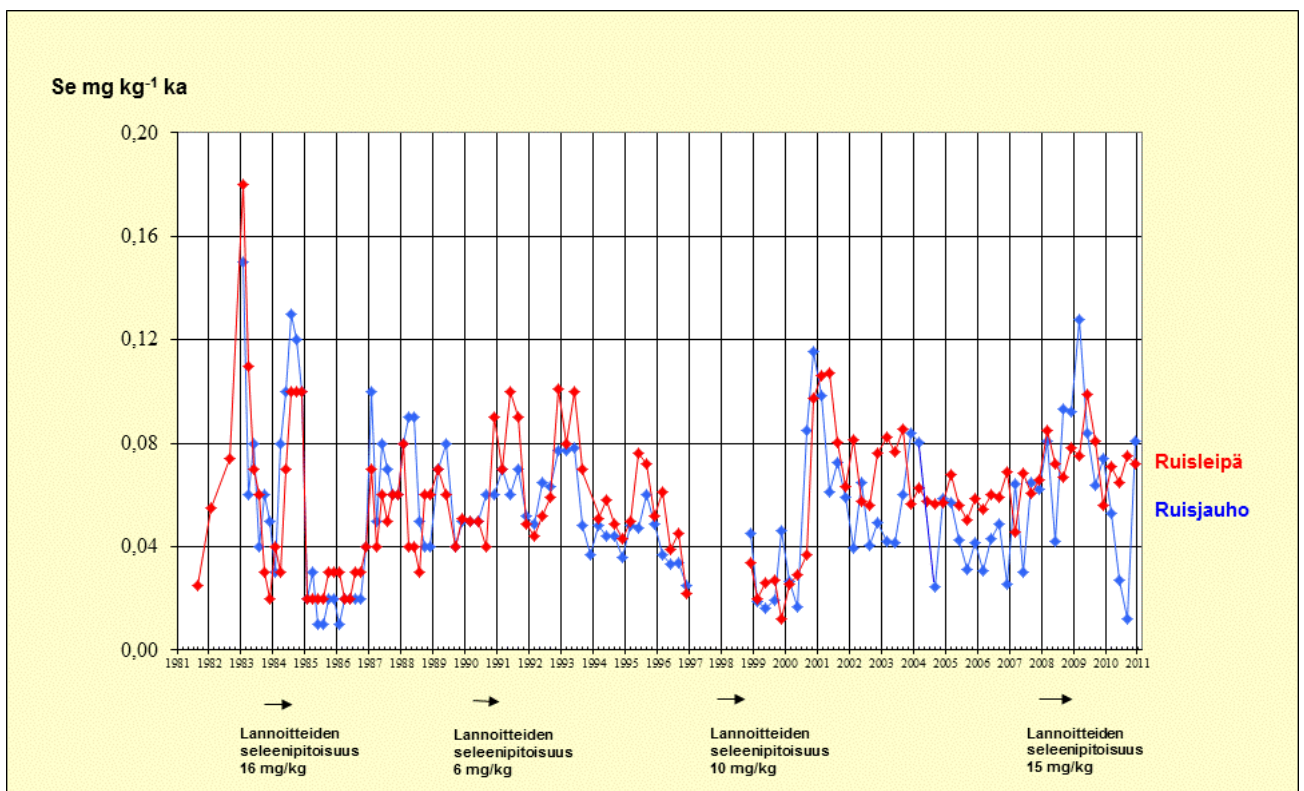


Kuva 8. Rukiin seleenipitoisuus tilanäytteissä vuosina 1993 ja 1998-2009.

Jauhojen ja leipien seleenipitoisuudet ovat hieman kasvaneet vuosina 2009 - 2010 (Kuvat 9 ja 10). Muutokset trendeissä ovat kuitenkin vaikeammin havaittavissa kuin viljoilla, sillä jauhojen ja leipien seleenipitoisuuksiin vaikuttaa kotimaisen ja ulkomaisen leipäviljan suhteellinen osuus jauhatuksessa. Euroopasta tuotu vilja sisältää yleensä vähemmän seleeniä kuin kotimainen vilja. Pitoisuuksien vaihtelu voi olla suurta riippuen kotimaisen leipäviljan saatavuudesta. Vuonna 2010 vehnäjäuhon ja -leivän keskimääräiset seleenipitoisuudet olivat $0,150 \pm 0,038$ ja $0,130 \pm 0,022$ mg kg⁻¹ ka. Vastaavasti ruisjäuhon ja -leivän seleenipitoisuudet olivat $0,046 \pm 0,028$ ja $0,083 \pm 0,066$ mg kg⁻¹ ka. Jauhonäytteitä otettiin joulukuussa 2010 myös vähittäismyymälöistä leipomoilta saadun aineiston täydentämiseksi. Kuuden vehnä- ja ruisjäuhonäytteen keskimääräiset seleenipitoisuudet olivat 0,120 ja 0,100 mg kg⁻¹ ka.



Kuva 9. Vehnäjauhon ja vehnäleivän seleenipitoisuudet vuosina 1981-2010.

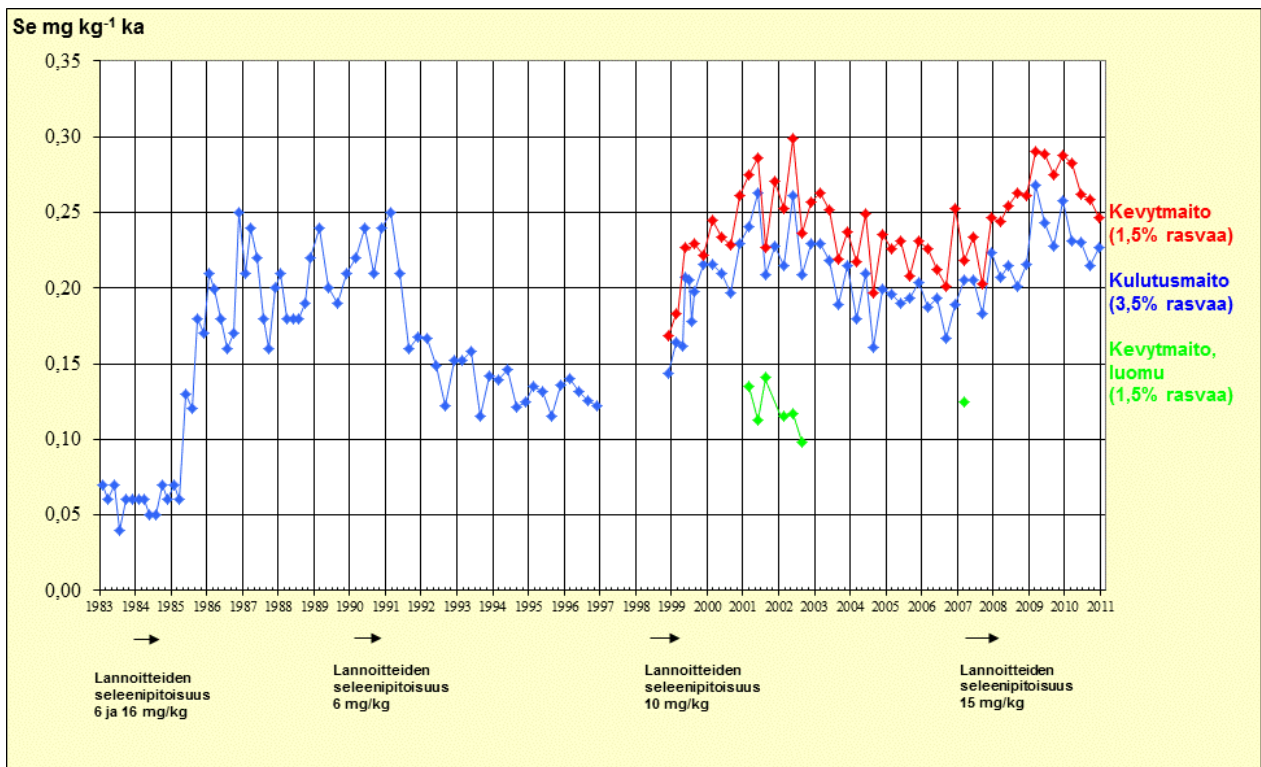


Kuva 10. Ruisjauhon ja ruisleivän seleenipitoisuudet vuosina 1981-2010.

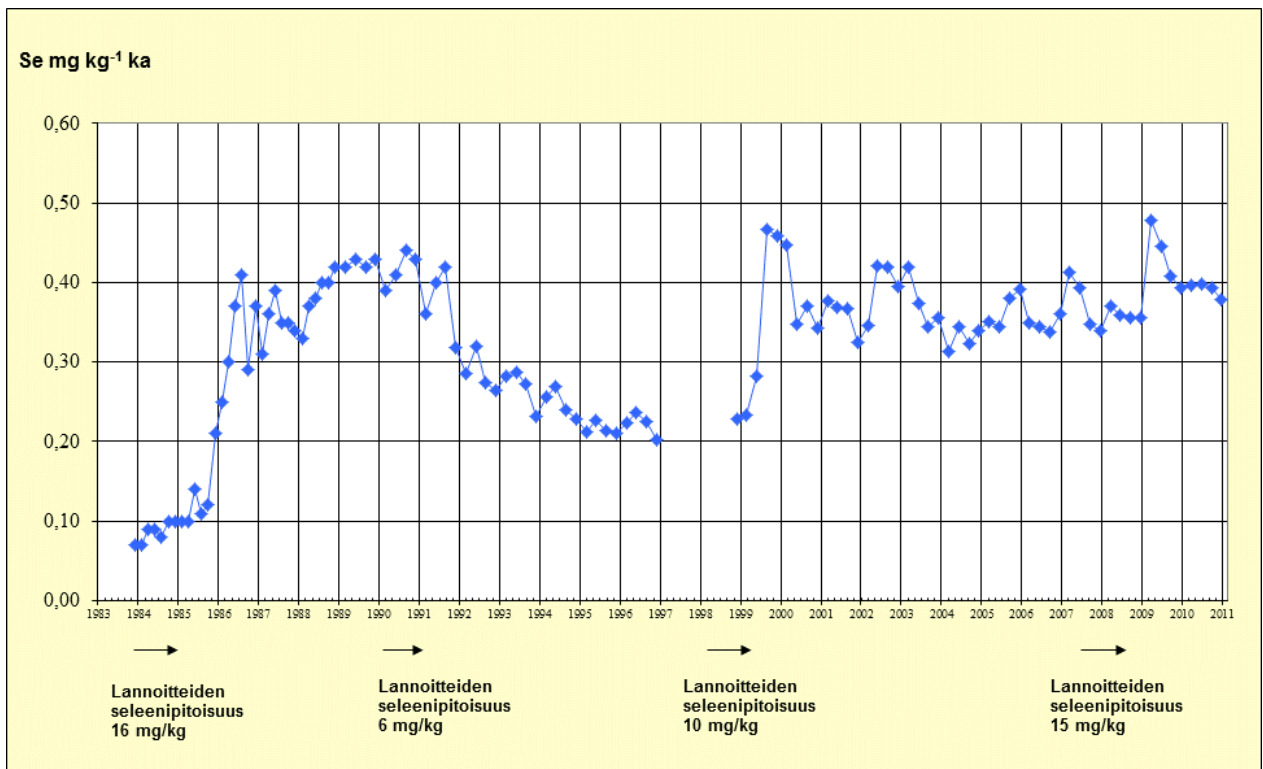
3.4.2 Maito, juusto ja kananmuna

Kevytmaidon ja kulutusmaidon keskimääräiset seleenipitoisuudet vuonna 2010 olivat $0,260 \pm 0,022$ ja $0,230 \pm 0,015$ mg kg⁻¹ ka. Seleenilannoitustason muutokset näkyvät maidon seleenipitoisuuksissa varsin nopeasti. Viimeisimmän seleenilannoitustason muutoksen jälkeen maidon seleenipitoisuudet ovat nousseet noin 20% ja ovat nyt samalla tasolla kuin 1980-luvun lopussa ja 2000-luvun alussa (Kuva 11). Myös juuston seleenipitoisuuksissa on havaittavissa kasvua (Kuva 12). Edamjuuston keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2010 oli $0,390 \pm 0,028$ mg kg⁻¹ ka. Pitkän valmistusprosessin vuoksi seleenipitoisuuksien muutokset tulevat näkyviin juustossa hitaammin kuin maidossa.

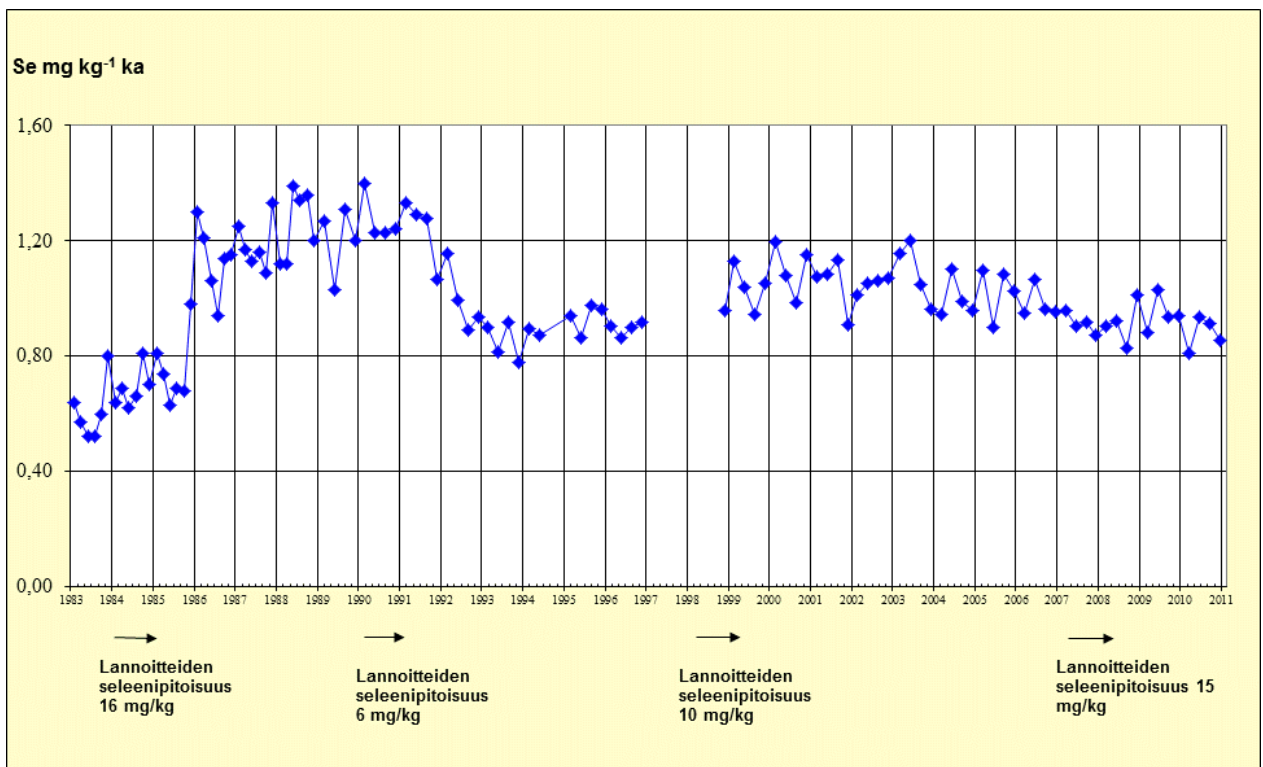
Kananmunan keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2010 oli $0,880 \pm 0,130$ mg kg⁻¹ ka (Kuva 13). Kananmunien seleenipitoisuuksiin vaikuttaa lähinnä käytettyjen rehujen seleenipitoisuus.



Kuva 11. Maidon seleenipitoisuus 1983-2010.



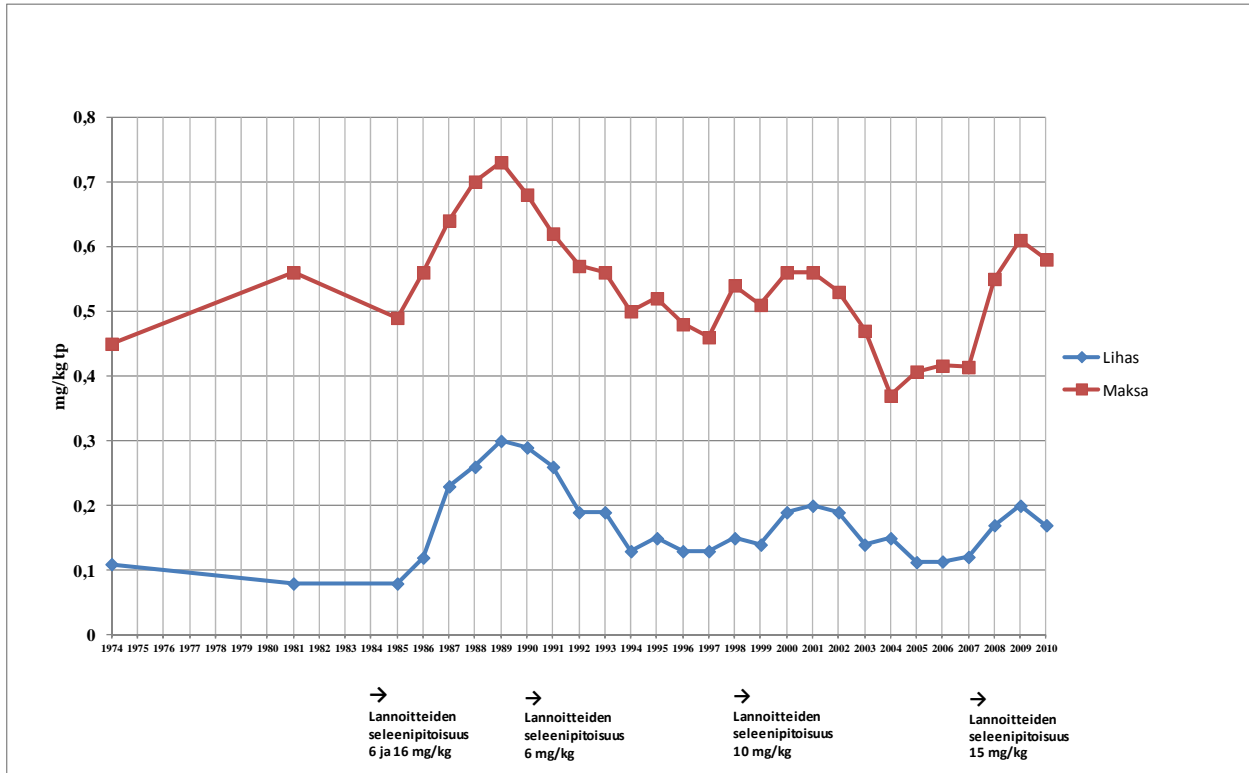
Kuva 12. Edamjuuston seleenipitoisuus 1983-2010.



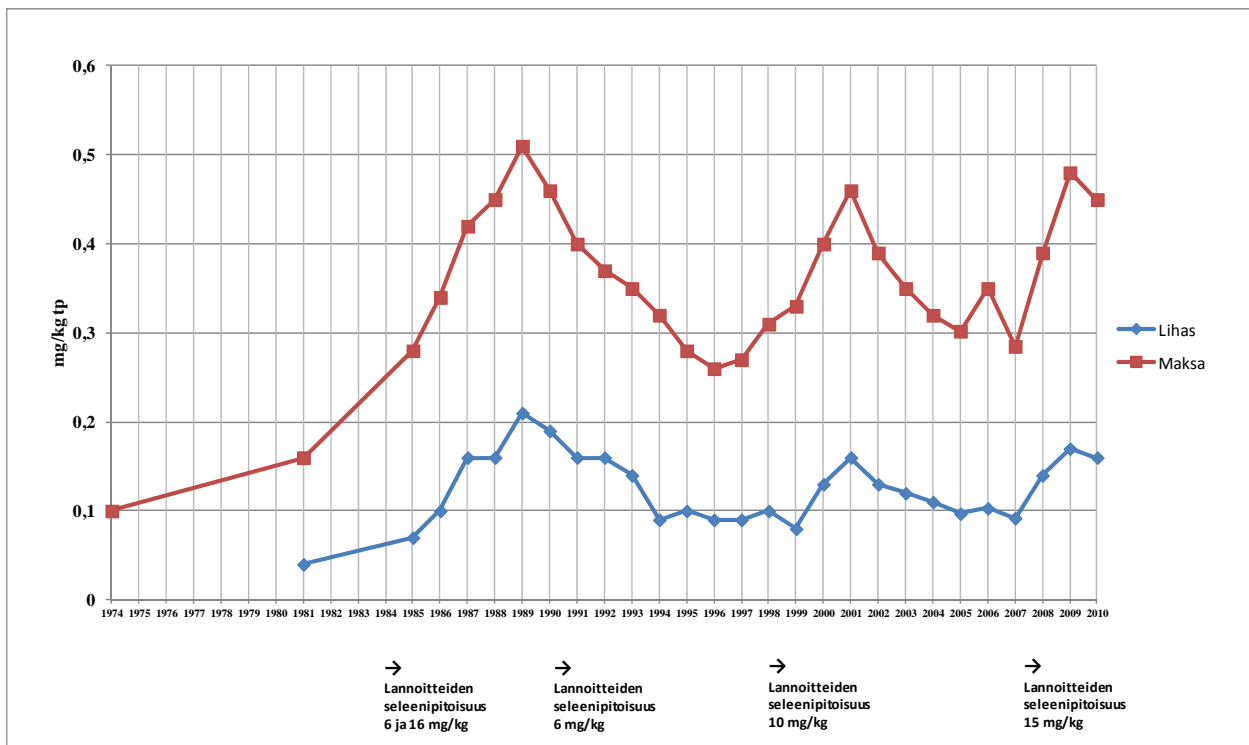
Kuva 13. Kananmunan seleenipitoisuus 1983-2010.

3.4.3 Liha ja maksa

Naudan ja sian seleenipitoisuus on seurannut aika tarkasti lannoitteiden seleenilisäyksessä tapahtuneita muutoksia (Kuvat 14 - 15). Sian ja naudan lihan keksimääräinen seleenipitoisuus on vuoden 2010 tulosten perusteella suunnilleen samalla tasolla n. 0,17 mg kg⁻¹ (sika) ja 0,16 mg kg⁻¹ (nauta), mutta sian maksan seleenipitoisuus 0,58 mg kg⁻¹ on suurempi kuin naudan maksan seleenipitoisuus 0,45 mg kg⁻¹.



Kuva 14. Sian lihan ja maksan keskimääräinen seleenipitoisuus vuosina 1974–2010.



Kuva 15. Naudan lihan ja maksan keskimääräinen seleenipitoisuus.

3.4.5 Kala

Silakan seleenipitoisuuksien keskiarvo vuonna 2010 oli $0,710 \pm 0,180$ mg kg⁻¹ ka, hajonta 0,490 - 1,100 mg kg⁻¹ ka. Silakan seleenipitoisuudet vaihtelevat kalan rasvapitoisuuden mukaan. Kesällä kalan rasvapitoisuus on pienempi ja proteiinipitoisuus on suhteessa suurempi. Tällöin seleenipitoisuudet ovat myös suurempia. Kirjoloihen keskimääräinen seleenipitoisuus vuonna 2010 oli $0,430 \pm 0,086$ mg kg⁻¹ ka. Viljellyn kirjoloihen seleenipitoisuuksiin vaikuttaa lähinnä käytetyn rehun seleenipitoisuus. Seleenilannoituksella ei ole ollut vaikutusta kalojen seleenipitoisuuksiin.

3.4.6 Kasvikset

Perunan ja kaalin keskimääräiset seleenipitoisuudet ovat pysyneet lähes samalla tasolla koko 2000-luvun ajan (Taulukko 2). Vuonna 2007 tehdyn lannoitustason muutoksen vaikutus ei ole selkeästi havaittavissa perunan ja kaalin seleenipitoisuuksissa. Keskimääräinen seleenipitoisuus oli hieman suurempi vuonna 2010 ja myös perunan maksimipitoisuus, $0,093$ mg kg⁻¹ ka, havaittiin vuonna 2010. Pieni näyteaineisto ja tulosten suuri hajonta vaikeuttavat kuitenkin tulosten tulkintaa.

Taulukko 2. Kotimaisen perunan, porkkanan ja valkokaalin seleenipitoisuuksia vuosina 1989 ja 2000-2010.

Tuote	Vuosi	n	Seleenipitoisuus mg kg ⁻¹ ka	
			Keskiarvo	Vaihteluväli
Peruna	1989*	12	0,110	0,05-0,20
	2000	4	0,026	0,016-0,042
	2001	4	0,031	0,020-0,055
	2002	4	0,038	0,027-0,045
	2003	4	0,022	<0,010-0,038
	2004	4	0,033	0,024-0,054
	2005	6	0,048	0,036-0,067
	2006	6	0,037	0,021-0,062
	2007	6	0,039	0,013-0,073
	2008	6	0,033	0,023-0,053
	2009	6	0,025	<0,010-0,047
2010	6	0,051	0,015-0,093	
Porkkana	1989*	2	0,040	0,03-0,05
	2001	4	0,020	0,012-0,032
	2005	6	0,011	<0,010-0,018
	2008	6	0,023	<0,010-0,041
	2009	6	0,025	<0,010-0,030
Valkokaali	1989*	20	0,580	0,09-1,60
	2000	4	0,340	0,071-0,860
	2001	4	0,160	0,087-0,350
	2002	4	0,180	0,150-0,270
	2003	4	0,300	0,210-0,450
	2004	4	0,160	0,091-0,240
	2005	6	0,130	0,049-0,200
	2006	6	0,160	<0,010-0,620
	2007	6	0,116	0,025-0,190
	2008	6	0,110	0,041-0,264
	2009	6	0,170	0,039-0,455
2010	6	0,240	0,045-0,400	
Parsakaali	2002	6	0,300	0,055-0,650

* Eurola ym. 1991

3.5 Seleenin saanti

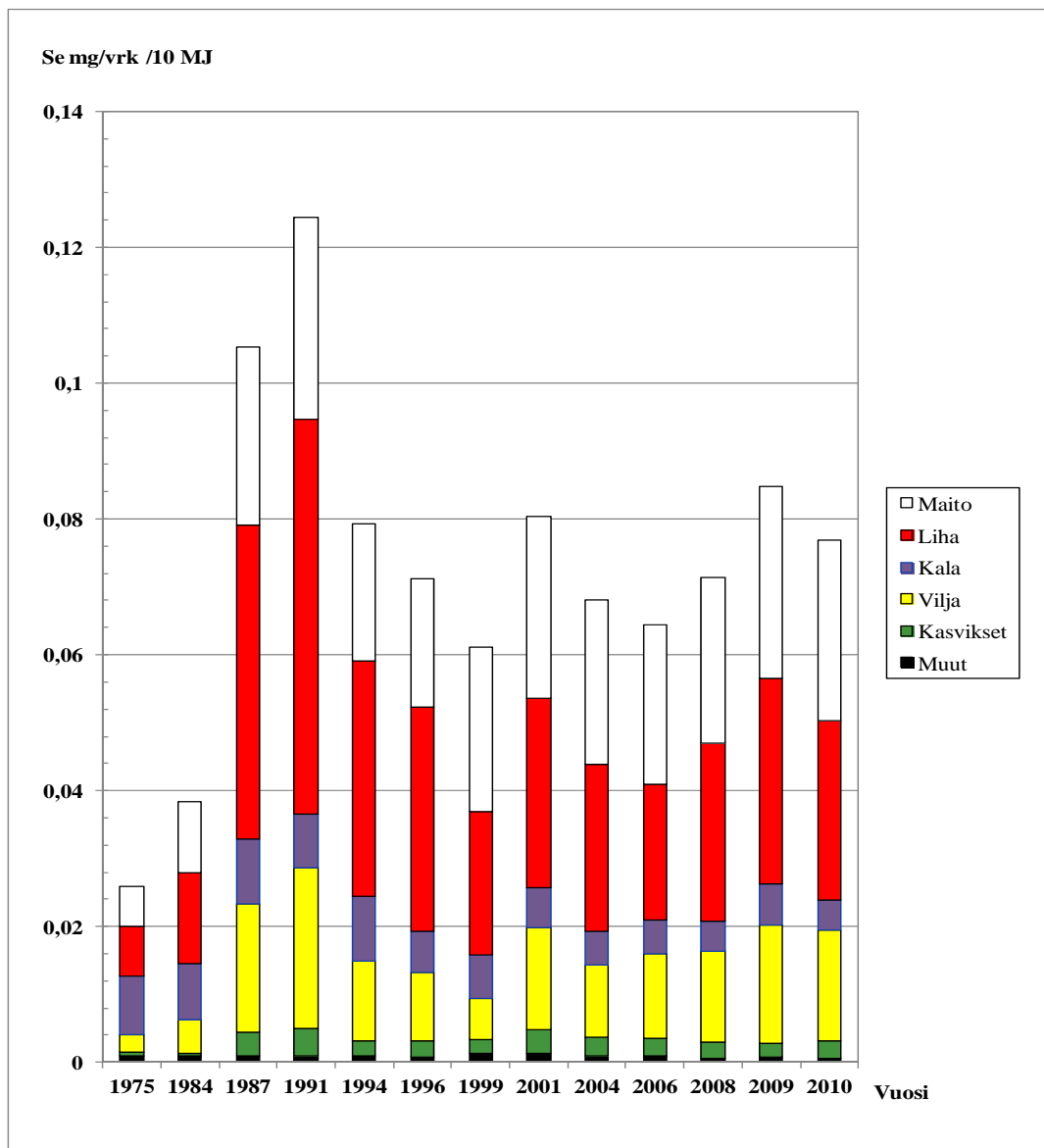
Suomalaisten elintarvikkeiden seleenipitoisuus tutkittiin ensimmäisen kerran systemaattisesti 1970-luvulla tehdyssä laajassa suomalaisten elintarvikkeiden kivennäisainetutkimuksessa. Tällöin todettiin seleeninsaannin olleen Suomessa poikkeuksellisen alhainen (Koivistoinen 1980). Niinä vuosina, jolloin leipäviljaa ei tuotu maahan, seleeninsaanti saattoi olla 0,025 mg/vrk, mikä oli merkittävästi alle kansainvälisten suositusten (Koivistoinen & Varo 1987). Vuonna 1984 aloitetun lannoitteiden seleeni täydennyksen yksi päätavoitteista olikin nostaa suomalaisten keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti turvallisen ja riittävän saannin alueelle (0,05-0,2 mg/vrk, RDA 1980).

Seleenilannoituksen vaikutusta keskimääräiseen seleeninsaantiin on seurattu säännöllisesti vuodesta 1984 lähtien. Tehty saantiarvio on perustunut MMM:n kokoamaan ja julkaisemaan ravintotaseeseen. Saantilaskelmaa tehtäessä on käytetty aina uusinta olemassa olevaa ravintotaseen ennakkoa (TIKE 2010). Tämän laskentatavan on todettu antavan luotettavan ja muihin menetelmiin nähden vertailukelpoisen tuloksen (Ekholm 1997). Seleeninsaanti arviossa oletetaan, että kaikki kulutetut elintarvikkeet ovat kotimaisia. Laskelma yliarvioi seleeninsaantia tältä osin ja sen luotettavuus heikkenee sitä mukaan, kun elintarvikkeiden tuonti Suomen ulkopuolelta lisääntyy ja tuotanto keskittyy EU:n alueella niin, että käytetyt raaka-aineet eivät enää ole kotimaisia. Voitaneen kuitenkin olettaa, että edelleen valtaosa käytetyistä elintarvikkeista on kotimaista alkuperää, joten elintarvikkeiden tuonti EU-alueelta ei ole toistaiseksi merkittävästi vähentänyt tehdyn saantiarvion luotettavuutta.

Seleenilannoituksen vaikutus keskimääräiseen seleeninsaantiin on ollut selvä. Vuosina 1985 - 1990 seleenin saanti oli keskimäärin 10 MJ:n energiatasolla 0,11 - 0,12 mg/vrk. Seleeninsaanti laski vuodesta 1992 lähtien aina vuoteen 1999 asti, jolloin keskimääräinen seleeninsaanti saavutti alhaisimman arvonsa 0,06 mg/vrk/10 MJ. Lannoitteiden seleenimäärää lisättiin 10 mg/kg vuodesta 1998 alkaen, minkä vuoksi keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti nousi 0,08 mg/vrk vuosina 2001 - 2002. 2000-luvulla keskimääräisessä seleeninsaannissa oli laskeva trendi aina vuoteen 2008 asti. Nykyinen keskimääräinen seleeninsaanti Suomessa on ollut viime vuosina tasolla n. 0,08 mg/vrk/10 MJ, (Kuva 16). Seleeninsaantisuositus Suomessa on 0,04 mg/vrk naisille ja 0,05 mg/vrk miehille (Valtion ravitsemusneuvottelukunta, 2005). USA:n suositukset ovat hiukan korkeampia; 0,055 mg/vrk (Dietary Supplement Fact Sheet: Selenium. 2011).

Tärkeimmät seleenin lähteet ovat maito ja liha. Yhteensä näistä elintarvikkeista saadaan n. 70 % päivittäisestä seleeninsaannista. Jos kalan osuus lasketaan mukaan, on näiden eläinperäisten elintarvikkeiden osuus kokonaisseleenin saannista n. 75 % (Kuva 16). Perustellusti voidaan myös olettaa, että liian korkea pitkäaikainen seleeninsaanti on erittäin epätodennäköistä millään ruokavaliolla. Valtion ravitsemusneuvottelukunnan antaman arvion mukaan suurin hyväksyttävä päiväsaanti on 0,3 mg/vrk (Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005).

Lannoitteiden täydentäminen seleenillä on osoittautunut turvalliseksi ja tehokkaaksi keinoksi nostaa koko väestön seleeninsaanti riittäväksi ja suositusten mukaiseksi.



Kuva 16. Keskimääräinen päivittäinen seleeninsaanti Suomessa vuosina 1975-2010.

3.6 Ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuus

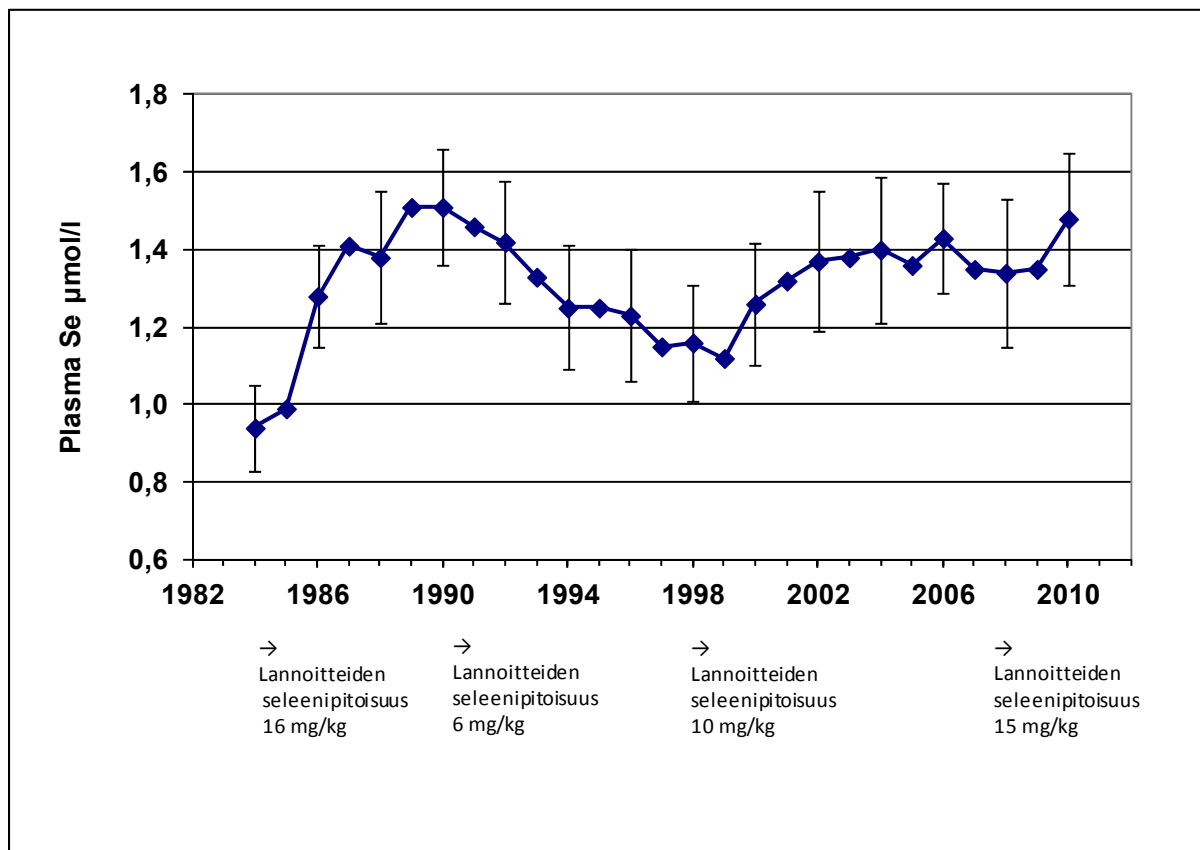
Veren ja seerumin seleenipitoisuuksia on systemaattisesti seurattu vuodesta 1985 lähtien seleeniseurantarhmissä sekä Helsingissä että Leppävirralla. Helsingin seurantar ryhmän (n=30) kokoonpano on vaihdellut, mutta Leppävirralla (n=35) valtaosa henkilöistä ovat samat, jotka aloittivat vuonna 1985. Koska seerumin seleenitulokset eivät poikkea ryhmien välillä, on tulokset yhdistetty.

Keskimääräinen seerumin seleenipitoisuus oli ennen seleenin lisäämistä lannoitteisiin $0,85 \mu\text{mol l}^{-1}$. Seerumin seleenipitoisuus lisääntyi n. 60 % saavuttaen huipputasoa, $1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ vuonna 1990 (Kuva 18). Vuoden 1991 jälkeen seleenipitoisuus laski tasolle $1,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ vuoteen 1999 saakka. Lannoitteiden seleenimäärän lisääminen 6:sta 10 mg kg^{-1} vuonna 1998 havaitaan seleenipitoisuuden hitaana nousuna tasolle $1,4 \mu\text{mol l}^{-1}$, jossa se on ollut koko 2000-luvun. Seerumin seleenipitoisuuden vaihtelu vuosittain on ollut 10-15 % (Kuva 17). Muualla Euroopassa seerumin keskimääräinen seleenipitoisuus vaihtelee $0,9-1,0 \mu\text{mol l}^{-1}$ välillä (Rayman 2000).

Kokoveren seleenipitoisuutta on seurattu vuosittain vain Leppävirralla. Ennen seleenilannoitusta oli veren seleenipitoisuus keskimäärin $1,15 \mu\text{mol l}^{-1}$. Huippuvuosien, 1989–1991 tasosta, $2,6 \mu\text{mol l}^{-1}$ laski pitoi-

suus tasolle $1,9 \mu\text{mol l}^{-1}$, joka on noin 65 % korkeampi kuin lähtötaso ennen seleenilannoitusta. Vuoden 2000–2002 huipun jälkeen näyttää veren seleenipitoisuus tasaantuneen tasolle $1,6 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Muutokset kokoveren ja seerumin keskimääräisissä seleenipitoisuuksissa ovat seuranneet seleenin saannissa tapahtuneita muutoksia



Kuva 17. Seerumin keskimääräinen seleenipitoisuus 1985-2010. Vakiopoikkeamat osoitettu pystyviivoilla.

4 Yhteenveto

Suomen olosuhteissa natriumselenaatin lisäys lannoitteisiin on osoittautunut tehokkaaksi, turvalliseksi ja edulliseksi keinoksi vaikuttaa kotieläinten ja väestön seleenisaantiin. Systemi on myös kontrolloitavissa suunnitelmallisen ja tarkasti kohdennetun seurannan ansioista, jonka pohjalta voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia.

Elintarvikkeiden ja rehujen seleenipitoisuudet nousivat 2000-luvun alkupuolella, kun lannoitteiden seleenipitoisuutta nostettiin 6:sta 10 mg kg⁻¹. Muutos ei kuitenkaan ollut pysyvä, vaan 2004 vuonna oli havaittavissa pitoisuuksien pienenemistä lähes kaikissa elintarvikeryhmissä. Syynä on todennäköisesti lannoitteiden käyttömäärien jatkuva pieneneminen. Myös seleenittömien tuontilannoitteiden lisääntyvä käyttö sekä kasvukausien erilaiset olosuhteen voivat aiheuttaa vaihtelua seleenipitoisuuksiin. Toisaalta tilanne näyttäisi vakiintuneen vuosina 2004 - 2007 ja edelleen 2009 - 2010.

Kasvit ottavat selenaattia maaperästä muuttaen sen orgaanisiksi seleeniyhdisteiksi. Näitä orgaanisia seleeniyhdisteitä ihmiset ja eläimet pystyvät hyödyntämään tehokkaammin kuin seleenin epäorgaanisia muotoja. Seleenilannoitus on vaikuttanut sekä eläin- että kasviperäisten elintarvikkeiden seleenipitoisuuksiin ja sitä kautta väestön keskimääräiseen seleenin saanti on noussut. Nykyinen arvioitu saantitaso, 0,065 mg vrk⁻¹ on riittävä ja suositusten mukainen. Tärkeimmät seleenin lähteet ovat eläinperäiset tuotteet, maito ja liha, joista saadaan noin 70 % päivittäisestä seleenin saannista. Kohonnut seleenin saantitaso näkyy myös ihmisen veren ja seerumin seleenipitoisuuksissa, jotka ovat seuranneet seleenin saannissa tapahtuneita muutoksia. Lisäksi seleenilannoitus vaikuttaa eläinten hyvinvointiin ja vähentää sekä tarvetta lisätä seleeniä teollisiin rehuihin että eläinten seleenilääkintää.

5 Kirjallisuus

- Dietary Supplement Fact Sheet: Selenium. 2011. Office of Dietary Supplements. National Institutes of Health. <http://ods.od.nih.gov/factsheets/selenium#h3>
- Ekholm, P. 1997. Effects of Selenium supplemented commercial fertilizers on Food Selenium Contents and Selenium intake in Finland. EKT-sarja 1047. Yliopistopaino, Helsinki. 1997.
- Eurola, M.H., Ekholm, P.I., Ylinen, M.E., Koivistoinen, P.E. & Varo, P.T. 1991. Selenium in Finnish foods after beginning the use of selenate-supplemented fertilizers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56: 57-70.
- Eurola, M., Alfthan, G., Aro, A., Ekholm, P., Hietaniemi, V., Rainio, H., Rankanen, R. & Venäläinen, E-R. 2003a. Results of the Finnish selenium monitoring program 2000-2001. *Agrifood Research Reports* 36. Jokioinen:MTT. 42 s.
- Eurola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Levonmäki, M., Root, T., Venäläinen, E-R. & Ylivainio, K. 2008. Seleenityöryhmän raportti 2008. Maa- ja elintarviketalous numero 132, Jokioinen:MTT. 34 s.
- Evira, 2007, 2008. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2007 ja 2/2007. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki.
- Evira, 2008, 2009. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2008 ja 2/2008. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki.
- Evira, 2009, 2010. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2009 ja 2/2009. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki.
- Evira, 2010, 2011. Rehu- ja lannoitevalvonnan analyysitulokset 1/2010 ja 2/2010. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Helsinki.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods. *Acta Agriculturae Scandinavica, supplementum* 22: 1-171.
- Koivistoinen, P. & Varo P. 1987. Selenium in Finnish Food. Kirjassa: Combs G., F., Jr., Spallholz, J., F., Levander, O., A., (toim). *Selenium in Biology and Medicine. Proceedings of the third international symposium on selenium in biology and medicine; 1984 May 27- June 1; Beijing.*: Van Nostrand Reinhold Company, New York
- McDonald, P., Edwards, R.A. & Greenhalgh, J.F.D. 1985. *Animal Nutrition*. Longman, UK. 479 s.
- MMM 1994. Seleenityöryhmän raportti. Seurantatulokset vuosilta 1991-1993. Työryhmämuistio MMM 1994:2. Maa- ja metsätalousministeriö 1994, Helsinki. 36 s.
- MTT 2010. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, www.mtt.fi.
- Mutanen, M. 1986. Bioavailability of selenium. *Annals of Clinical Research* 18: 48-54.
- Mäkelä-Kurtto, R. & Sippola, J. 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 273-284.
- RDA 1980. Recommended Dietary Allowances. The National Research Council. 9th edition. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 185 s.
- Rayman, MP. 2000. The importance of selenium to human health. *Lancet* 356:233-241.
- Root, T. 2005. Oral presentation "Selenium in Animal Feeds and Nutrition" in the Workshop "Twenty years of selenium fertilization", 8-9.9.2005, Helsinki, Finland.
- Root, T. 2006. Säilörehunäytteiden seleenipitoisuudet kesän 2005 sadosta sekä Se-pitoisuudet keskimäärin vv. 1984-2005. Dnro 2084/720/2006. Evira, Helsinki.
- Root, T. 2008. Vuoden 2006 säilörehunäytteiden seleenipitoisuudet. Kirjallinen tiedonanto. Evira, Maatalouskemian yksikkö, rehujaosto. Helsinki.
- Sippola, J. 1979. Selenium content of soils and timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 18: 182-187.

- TIKE 2010. Ravintotase 2008 ja 2009 (ennakko). Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 27 s.
- Underwood, E.J. & Suttle, N.F. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. CABI Publishing, UK. 614 s.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta 2005. Suomalaiset ravitsemussuositukset - ravinto ja liikunta tasapainoon. Elintarvikevirasto, Edita Publishing Oy, Helsinki.
- Yli-Halla, M. 2005. Influence of selenium fertilization on soil selenium status. Teoksessa: Eurola, M. (toim.). Proceedings, twenty years of selenium fertilization. September 8-9, 2005, Helsinki, Finland. Agrifood Research Reports 69:25-32.
- Ylärinta, T. 1985. Increasing the selenium content of cereals and grass crops in Finland. Academic dissertation. University of Helsinki. 72 s.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI₃₅

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. (03) 4188 2327, sähköposti julkaisut@mtt.fi

