

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE **18/92**

RITVA MÄKELÄ-KURTTO, LEILA LINDSTEDT ja JOUKO SIPPOLA

**Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen
vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 18/92

RITVA MÄKELÄ-KURTTO, LEILA LINDSTEDT
ja JOUKO SIPPOLA

**Laboratorioiden ja analyysimenetelmien
välinen vertailututkimus
viljelymaan raskasmetalleista**

Maatalouden tutkimuskeskus
Ympäristöntutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881

Jokioinen 1992
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	4
2 TOTEUTUS	4
2.1 Osallistuneet laboratoriot	4
2.2 Vertailumaanäytteet	5
2.3 Analyysimenetelmät	5
2.3.1 Raskasmetallien uutto	5
2.3.2 Raskasmetallien mittaus	5
2.3.3 Happamuuden määrittäminen	6
2.4 Tulosten käsittely	6
3 TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI	6
3.1 Kadmium	6
3.2 Kromi	7
3.3 Kupari	7
3.4 Lyijy	8
3.5 Nikkeli	8
3.6 Sinkki	9
3.7 Elohopea	9
3.8 Raskasmetallimääritysten laboratorioden välinen vaihtelu	9
3.9 pH(H ₂ O)	10
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	10
KIRJALLISUUS	12
TAULUKOT	13
KUVAT	39
LIITTEET	

RITVA MÄKELÄ-KURTTO, LEILA LINDSTEDT ja JOUKO SIPPOLA. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 18/92. 61 p. + 3 liitettä.

Avainsanat: laboratoriovertailu, raskasmetallit, viljelymaa, kuningasvesi, väkevä typpihappo, hapan ammoniumasetaatti-EDTA

TIIVISTELMÄ

Vuonna 1991 järjestettiin valtakunnallinen laboratorioiden välinen vertailututkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää viljelymaiden raskasmetallien ja happamuuden määrittämiseen käytettyjen analyysimenetelmien ja laboratorioiden analyysitulosten luotettavuutta käyttäen samoja näytemateriaaleja. Tutkimuksessa selvitettiin analyysitulosten toistettavuutta (= laboratorioiden sisäistä vaihtelua) ja uusittavuutta (= laboratorioiden välistä vaihtelua). Tutkimukseen osallistui 21 laboratorioita. Raskasmetallimäärittäykseen käytettiin kolmea eri uuttomenetelmää: kuningasvettä (aqua regia = väkevän kloorivetyhapon ja väkevän typpihapon seos 3:1), väkevää typpihappoa (SFS 3044 standardimenetelmä) tai hapanta ammoniumasetaatti-EDTA-uuttoa (AAAc-EDTA). Happamuus tuli määrittää pH(H₂O):na.

Väkevä typpihappo uutti maanäytteistä raskasmetalleja, elohopeata lukuunottamatta, keskimäärin 93 % siitä määrästä, minkä kuningasvesi uutti. Näillä kahdella menetelmällä saadut analyysitulokset olivat keskenään hyvin yhdensuuntaisia. Hapan ammoniumasetaatti-EDTA uutti raskasmetalleja maanäytteistä keskimäärin 14 % kuningasvesiuutolla saadusta määrästä.

Raskasmetallimäärittysten toistettavuus ja uusittavuus oli yleensä sitä parempi, mitä suurempi oli analysoitavan raskasmetallin pitoisuus maanäytteessä ja mitä enemmän käytetty uuttoa liuotti raskasmetallia näytteestä.

Vertailukelpoisimmat tulokset sekä laboratorioiden sisällä että laboratorioiden välillä saatiin SFS 3044 -standardimenetelmällä käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa. Toistettavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin tälle menetelmälle oli 4 % ja uusittavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin 19 %. Vastaavat lukemat kuningasvesiuutolle olivat 4 ja 24 %. Luotettavimmat tulokset saatiin kuparille ja sinkille. Eniten hajontaa analyysituloksissa näytti esiintyvän lyijyn kohdalla. Myös elohopea- ja kadmiummäärittysten uusittavuus oli heikohko, mikä johtui näiden raskasmetallien alhaisista pitoisuuksista maanäytteissä.

Heikon uuttoaallon ja alhaisten pitoisuuksien takia AAc-EDTA-uutolla analyysitulosten vaihtelukertoimet toistettavuudessa olivat keskimäärin 7 % ja uusittavuudessa keskimäärin 31 %.

Osa laboratorioiden ilmoittamista analyysituloksista hylättiin ja osa jäi toistettavuus- ja uusittavuusrajojen ulkopuolelle. Laboratorioiden tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota maanäytteiden raskasmetallimäärittäyksissä käytettävien analyysimenetelmien laadunvalvontaan ja analyysitulosten laadunvarmistukseen.

Happamuus- eli pH(H₂O)-mittausten toistettavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin oli 0,4 % ja uusittavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin 3,2 %. Viljelymaiden happamuuden mittaamisessa laboratorioilla ei näytä olevan suuria ongelmia.

1 JOHDANTO

Eri laboratorioiden tekemien raskasmetallimääritysten luotettavuuden tutkiminen tuli ajankohtaiseksi, kun vuonna 1991 ympäristöministeriö, vesi- ja ympäristöhallitus sekä lääkintöhallitus antoivat uudet ohjeet yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla syntyvän lietteen käytöstä maanviljelyssä (Ympäristöministeriö 1991). Uusissa lieteohjeissa tiukennettiin erityisesti raskasmetallirajoja. Maanviljelyssä käytettävän puhdistamolietteen suurimpia hyväksyttäviä raskasmetallipitoisuuksia alennettiin eräiden metallien kohdalla jopa kymmenenteen osaan, ja ensi kertaa ohjeissa määriteltiin suurimmat hyväksyttävät raskasmetallipitoisuudet myös viljelymaille.

Liete- ja maanäytteitä analysoivien laboratorioiden laatutason pitäisi olla hyvä, sillä laboratorioiden analyysituloksista riippuu ratkaisevasti, soveltuuko liete viljelykäyttöön ja pelto lietteen leviytukseen. Näin ollen analyysituloksilla on huomattavia taloudellisia vaikutuksia puhdistamoille lietteen kierrättämisen kannalta sekä lisäksi myös ympäristöllisiä ja terveydellisiä vaikutuksia koko yhteiskunnalle lietteen käytön seurausten kannalta. Luotettavat analyysitulokset luovat perustan lietteen turvalliselle maatalouskäytölle.

Raskasmetallien vertailututkimus jätevesilietteiden osalta annettiin vesi- ja ympäristöhallituksen tehtäväksi ja viljelymaiden osalta Maatalouden tutkimuskeskuksen tehtäväksi. Vertailututkimukset aloitettiin jätevesilietteillä ja tulokset julkaistiin vuonna 1992 (JOUTTI 1992). Tässä julkaisussa selvitetään tulokset vertailututkimuksesta viljelymaiden raskasmetallien ja lisäksi myös happamuuden osalta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää maaperän raskasmetallien ja happamuuden määrittämiseen käytettyjen analyysimenetelmien toistettavuutta ja uusittavuutta laboratorioiden välisessä vertailussa käyttäen samoja näytemateriaaleja.

2 TOTEUTUS

2.1 Osallistuneet laboratoriot

Maatalouden tutkimuskeskuksen ympäristöntutkimuslaitos tiedusteli toukokuussa 1991 laboratorioiden halukkuutta osallistua vertailututkimukseen. Saatujen vastausten pohjalta vertailumaanäytteet toimitettiin 25 ilmoittautuneelle laboratoriolle, jotka numeroitiin sattumanvaraisesti yhdestä kahteenkymmeneen viiteen. Analyysitulosten vertailututkimukseen näistä osallistui 21 laboratoriota. Osallistuneet laboratoriot ovat aakkosjärjestyksessä seuraavat:

- Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos, tutkimustoimisto
- Helsingin yliopisto, ympäristönsuojelun laitos
- Helsingin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio, kemian osasto
- Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus
- Kemian Palvelu Oy
- Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- Maa ja Vesi Oy
- Maatalouden tutkimuskeskus, ympäristöntutkimuslaitos
- Mikkelin seudun kansanterveystyön kuntainliiton elintarvike- ja ympäristölaboratorio
- Oy Vesi-Hydro Ab, vesilaboratorio
- Pohjois-Kymenlaakson Keskuslaboratorio
- Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto
- Pollab Oy
- Porin kaupungin elintarvikelaboratorio
- Tampereen kaupunki, viemärlaitoksen laboratorio
- Vaasan kaupungin maanviljelys- ja kauppakemiallinen laboratorio
- Valtion maatalouskemian laitos, hivenainelaboratorio

- Vantaan kaupungin elintarvike- ja ympäristölaboratorio
- Vapo Oy, tutkimuslaboratorio
- Vesi- ja ympäristöhallitus, tutkimuslaboratorio
- Viljavuuspalvelu Oy

Kunkin laboratorion tunnuksena käytetään tässä julkaisussa laboratorion numeroa. Osallistuneille laboratorioille ilmoitetaan vain oman laboratorion numero, koska vertailututkimuksen tulokset tulee säilyttää luottamuksellisina.

2.2 Vertailumaanäytteet

Heinäkuun puolivälissä 1991 laboratorioille lähetettiin pahvisissa maanäytekoteloissa viisi esikäsiteltyä vertailumaanäytettä, á 500–600 ml, ja analysointiohjeet. Kustakin maanäytteestä tuli analysoida raskasmetallit ja myös happamuus kahtena rinnakkaismäärityksenä. Analyysitulokset tuli ilmoittaa vastauslomakkeilla lokakuun alkuun mennessä. Tuloksia otettiin vastaan kuitenkin myöhemminkin niin, että mitään laboratoriota ei suljettu pois tulosten viivästymisen takia.

Kukin vertailumaanäyte oli otettu suuresta, samalla tavoin käsitellystä ja homogenoitusta maaerästä, koska pyrkimyksenä oli saada kaikille laboratorioille analysoitavaksi samaa näytemateriaalia (taulukko 1). Vertailunäytteistä neljä (numerot 1–4) edusti viljelymaan muokkauskerrosta (0–20 cm) ja yksi (numero 5) jankkoa (20–40 cm). Kolme ensimmäistä maanäytettä oli otettu alueilta, jonne oli aikaisempina vuosina levitetty kunnallisen jätevesipuhdistamon lietettä. Maanäytteiden mekaanisen analyysin tulokset käyvät ilmi taulukosta 1. Esikäsitelyssä maaerät kuivattiin +35 °C:ssa ilmavirrassa, jonka jälkeen ne jauhettiin ja seulottiin seulalla, jonka silmäkoko oli 2 mm.

2.3 Analyysimenetelmät

2.3.1 Raskasmetallien uutto

Maanäytteistä tuli analysoida ne raskasmetallit, joille puhdistamolieteohjeissa (Suomen Standardisoimisliitto 1991) on asetettu rajoituksia. Uusien lieteohjeiden mukaan puhdistamolieteellä käsiteltävän viljelymaan suurimmat hyväksyttävät raskasmetallipitoisuudet on esitetty kadmiumille, kromille, kuparille, lyijylle, nikkelille, sinkille ja elohopealle. Näiden raskasmetallien analysointi vertailumaanäytteistä voitiin tehdä yhdellä tai useammalla menetelmällä. Laboratorioille annettiin selkeät ohjeet kolmesta eri uuttomenetelmästä.

Raskasmetallien uuttaminen maanäytteistä voitiin tehdä käyttäen puhdistamolieteohjeissa mainittua kuningasvettä eli aqua regia = AR (AICHBERGER ym. 1986), joka on väkevän kloorivetyhapon ja väkevän typpihapon seos 3:1 (liite 1), tai väkevää typpihappoa menetelmästandardin SFS 3044 (Suomen Standardisoimisliitto 1980) mukaan tai hapanta ammoniumasetaatti-EDTA-liuosta eli AAAC-EDTA-liuosta (LAKANEN ja ERVIÖ 1971) (liite 2). Poikkeamat annetuista ohjeista olivat mahdollisia. Niistä tuli kuitenkin ilmoittaa vastauslomakkeella. Jos uuttaamiseen käytettiin joitakin muita kuin edellä esitettyjä menetelmiä, tuli menetelmistä tehdä kuvaukset. Laboratorioiden käyttämät uuttomenetelmät käyvät ilmi taulukosta 2.

2.3.2 Raskasmetallien mittaus

Raskasmetallien mittaustekniikan laboratoriot saivat valita omien edellytystensä mukaisesti. Laboratorioiden ilmoittamat mittausten menetelmät on esitetty taulukossa 2. Mittaustulokset ilmoitettiin

kuningasvesi- ja typpihappouuton jälkeen mg/kg ilmakeivää maata ja happaman ammoniumasetaatti-EDTA-uuton jälkeen mg/l ilmakeivää maata.

2.3.3 Happamuuden määrittäminen

Vertailumaanäytteiden happamuus toivottiin mitattavan puhdistamolieteohjeiden mukaisesti pH(H₂O):na eli vesiliuoksesta (Maatalouden tutkimuskeskus, maantutkimusosasto 1986) liitteen 3 mukaisesti. Mikäli mittaus tehtiin toisin, menetelmä oli kuvailtava vastauslomakkeessa.

2.4 Tulosten käsittely

Laboratorioiden ilmoittamat analyysitulokset käyvät ilmi taulukoista 3–18. Analyysitulosten käsittelyssä noudatettiin SFS-ISO-standardia 5725 (Suomen Standardisoimisliitto 1988). Ennen tulosten tilastollista käsittelyä poistettiin ne tulokset, joissa rinnakkaistulosten erotukset olivat huomattavan suuria (Cochranin varianssitestillä). Lisäksi poistettiin ne tulokset, jotka poikkesivat merkittävästi keskiarvosta (Dixonin hylkäämistestillä).

3 TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI

Laboratorioiden välisen vertailun tarkoituksena oli selvittää kullekin analyysimenetelmälle toistettavuus (r , laboratorion sisäinen vaihtelu) ja uusittavuus (R , laboratorioiden välinen vaihtelu). Hylättyjen tulosten poistamisen jälkeen jäljelle jääneistä tuloksista laskettiin näytekohteisesti toistettavuuden hajonta (s_r , laboratorion sisäinen hajonta), uusittavuuden hajonta (s_R , laboratorioiden välinen hajonta) ja hajontojen vaihtelukertoimet (%) sekä hyväksyttävyyssrajat (95 %:n todennäköisyydellä) toistettavuudelle ($r = 2,8 \times s_r$) ja uusittavuudelle ($R = 2,8 \times s_R$). Tuloksissa on esitetty näytekohteisesti myös käsittelyssä mukana olleiden ja hylättyjen laboratorioiden lukumäärät sekä hyväksytyjen tulosten määrä ja niiden keskiarvo. Näitä asioita kuvaavat lukuarvot on esitetty taulukoissa 19–39.

Tuloksista piirrettiin näytekohteisesti graafiset kuvaajat (kuvat 1–21), joissa on esitetty analyysitulosten keskiarvo (teoreettinen pitoisuus) ja hyväksyttävyyssrajat uusittavuudelle. Näistä kuvista voivat vertailussa mukana olleet laboratoriot tarkistaa analyysitulostensa laadun laboratorion numeron perusteella. Kuvista käy ilmi, onko saatu analyysitulokset hyväksytyillä pitoisuusalueella vai sen ulkopuolella.

Kuningasvesi- ja typpihappouutolla saadut viljelymaiden raskasmetallipitoisuudet olivat keskenään hyvin samansuuntaisia ja ne myös lisääntyivät keskenään samassa suhteessa (kuvat 22–28).

Vertailumaiden keskimääräiset raskasmetallipitoisuudet metalli- ja menetelmäkohtaisesti on esitetty taulukossa 40 samoin kuin eri menetelmien uuttamat raskasmetallimäärät verrattuna kuningasvesiuuttoon. Eri uuttomenetelmien toistettavuus eli laboratorioiden sisäinen vaihtelu (toistettavuuden hajontojen vaihtelukertoimet) käy ilmi taulukosta 41. Taulukosta 42 näkyy eri uuttomenetelmien uusittavuus eli laboratorioiden välinen vaihtelu (uusittavuuden hajontojen vaihtelukertoimet).

3.1 Kadmium (taulukot 19–21; kuvat 1–3, 22)

Vertailumaanäytteiden keskimääräiseksi kadmiumipitoisuudeksi kuningasvesiuutolla saatiin 0,229 mg/kg ilmakeivää maata. Se on lähes sama kuin suomalaisten viljelymaiden keskimääräinen kadmiumipitoisuus, 0,21 mg/kg (SIPPOLA ja MÄKELÄ-KURTTO 1986). SIPPOLAN ja MÄKELÄ-KURTTON tutkimuksessa viljelymaiden kadmiumipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,04–0,76

mg/kg. Puhdistamolietehjeissa viljelymaalle asetettu suurin sallittu kadmiumpitoisuus on 0,5 mg/kg ka. Yhdenkään vertailumaan kadmiumpitoisuus ei saavuttanut tätä arvoa, vaikka tutkimuksissa mukana oli maita, joille oli levitetty jätevesilietteitä. Suurimmat kadmiumpitoisuudet vertailumaissa olivat noin 0,3 mg/kg ilmakeivää maata.

Eniten kadmiumia maanäytteistä uutti kuningasvesi. Väkevä typpihappo uutti vajaat 80 %:a kuningasveden uuttamasta kadmiummäärästä. AAAC-EDTA-uutolla saatu keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli noin 40 % kuningasvesiuutolla saadusta pitoisuudesta. Samanlaisen tulokseen ovat jo aikaisemmin päätyneet SIPPOLA ja MÄKELÄ-KURTTO (1986). Tutkituista raskasmetalleista kadmium oli se, jota hapan ammoniumasetaatti uutti maanäytteistä suhteellisesti eniten.

Huonoin toistettavuus kadmiumille saatiin käyttämällä SFS 3044 -standardimenetelmää, koska toistettavuuden vaihtelukertoimeksi saatiin 10 %. Kaksi muuta uuttomenetelmää eivät juuri poikenneet toisistaan toistettavuudessa, sillä keskimääräiset vaihtelukertoimet olivat noin 7 %.

Kuitenkin uusittavuudeltaan parhaat tulokset saatiin SFS-standardimenetelmällä. Ammoniumasetaatti-EDTA-menetelmän uusittavuus oli heikoin johtuen alhaisista kadmiumpitoisuuksista. Saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, että luotettavimmat ja vertailukelpoisimmat analyysitulokset viljelymaiden kadmiumpitoisuuksista eri laboratorioissa saadaan SFS 3044 -standardimenetelmällä eli käyttäen maanäytteen uuttamiseen väkevää typpihappoa.

3.2 Kromi (taulukot 22–24; kuvat 4–6, 23)

Vertailumaiden keskimääräinen kromipitoisuus kuningasvesiuutosta oli 74,4 mg/kg ilmakeivää maata. Suomalaisten viljelymaiden keskimääräinen kromipitoisuus on lähes samaa suuruusluokkaa eli 87 mg/kg (VUORINEN 1958) vaihdellen välillä 6–300 mg/kg (MÄKITIE 1961). Lietehjeiden raja-arvo viljelymaiden kromipitoisuudelle on 200 mg/kg ka. Kaikkien vertailumaiden kromipitoisuudet jäivät alle 100 mg/kg ilmakeivää maata.

Väkevä typpihappo uutti kromia maanäytteistä noin 90 % verrattuna kuningasveden uuttamaan määrään. Kun maanäytteet uutettiin happamalla ammoniumasetaatti-EDTA-liuoksella, kromipitoisuus oli vain alle yksi prosentti siitä pitoisuudesta, joka saatiin, kun näytteet uutettiin kuningasvedellä.

Käytettäessä kromin uuttamiseen kuningasvettä tai väkevää typpihappoa analyysitulosten toistettavuus laboratorioiden sisällä oli hyvä. Toistettavuuden vaihtelukerroin molemmissa tapauksissa oli noin 3 %. Toistettavuudeltaan heikoin oli hapan ammoniumasetaatti-EDTA-uutto, se johtui alhaisista kromipitoisuuksista.

Uusittavuuden osalta SFS 3044 -standardimenetelmällä saadut kromitulokset poikkesivat eri laboratorioissa vähiten toisistaan, joskaan ero kuningasvedellä saatuihin analyysituloksiin ei ollut suuri. Eniten laboratorioiden välistä vaihtelua kromipitoisuuksissa esiintyi, kun uuttamiseen käytettiin AAAC-EDTA-uuttoa.

3.3 Kupari (taulukot 25–27; kuvat 7–9, 24)

Vertailumaiden keskimääräinen kuparipitoisuus oli 46,5 mg/kg ilmakeivää maata ja näytteet sisälsivät kuparia yli kaksinkertaisesti verrattuna suomalaisten viljelymaiden keskimääräiseen kuparipitoisuuteen, joka VUORISEN (1958) mukaan on 21 mg/kg. MÄKITIEN (1961) mukaan viljelymaiden kuparipitoisuuden vaihteluväli on 1–100 mg/kg. Viljelymaiden suurin sallittu kuparipitoisuus lietteiden levitykseen on 100 mg/kg ka. Vertailumaiden suurinkaan kuparipitoisuus ei yltänyt tähän pitoisuuteen.

Kuparia analysoitaessa kuningasvesiuutto ja typpihappouutto antoivat lähes samat tulokset, sillä typpihappo uutti 97 % siitä määrästä, mitä kuningasvesiuutolla oli saatu mitatuksi. AAAC-EDTA:n uuttama kuparimäärä oli vajaa 20 % kuningasveden uuttamasta määrästä.

Toistettavuudessa kolmella eri uuttomenetelmällä ei ollut selviä eroja. Toistettavuus oli kaikilla hyvä vaihtelukertoimien ollessa 2 ja 3 %:n välillä.

Kuparimäärittysten uusittavuus oli raskasmetalleista parhaimpia. Tälläkin kertaa vertailukelpoisimmat analyysitulokset saatiin SFS 3044 -standardimenetelmällä.

3.4 Lyijy (taulukot 28–30; kuvat 10–12, 25)

Kun vertailumaat uutettiin kuningasvedellä, keskimääräiseksi lyijypitoisuudeksi saatiin 21 mg/kg ilma-kuivaa maata. Tämä on hiukan korkeampi pitoisuus kuin VUORISEN (1958) julkaisema keskiarvo, 16 mg/kg. MÄKITIEN (1961) mukaan suomalaisten peltomaiden lyijypitoisuudet vaihtelevat välillä 1–60 mg/kg. Vertailumaiden lyijypitoisuudet vaihtelivat välillä 10–30 mg/kg ilma-kuivaa maata. Puhdistamolietettä peltoon levitettäessä viljelymaan raja-arvo lyijylle on 60 mg/kg ka. Vertailumaiden lyijypitoisuudet jäivät selvästi tämän raja-arvon alle.

Lyijy oli ainoa raskasmetalli, jota väkevä typpihappo uutti tehokkaammin (105 %) kuin kuningasvesi. AAAC-EDTA uutti noin 20 % siitä määrästä, joka kuningasvedellä oli uutettavissa.

Toistettavuus eri uuttomenetelmällä oli lähes sama, ja vaihtelukertoimet olivat noin 4–5 %.

Analyysitulosten uusittavuus oli lyijylle kaikkein huonoin kuningasvedellä tai väkevällä typpihapolla uutettaessa. Vaihtelukerroin oli kuningasvedellä keskimäärin 35 % ja väkevällä typpihapolla 33 %. Lyijy olikin ainoa raskasmetalli, jolle AAAC-EDTA-uutto antoi paremman uusittavuuden kuin kaksi muuta uuttomenetelmää. Uusittavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin lyijylle tätä uuttomenetelmää käyttäen oli 17 %.

3.5 Nikkeli (taulukot 31–33; kuvat 13–15, 26)

Kuningasvesiuutosta mitattiin vertailunäytteiden keskimääräiseksi nikkelpitoisuudeksi 42 mg/kg ilma-kuivaa maata. Tämä on lähes kaksinkertainen pitoisuus verrattuna VUORISEN (1958) julkaisemaan arvoon. Suomessa nikkelpitoisuuksien on todettu (MÄKITIE 1961) vaihtelevan välillä 3–60 mg/kg. Vertailumaiden nikkelpitoisuudet vaihtelivat välillä 20–54 mg/kg ilma-kuivaa maata ja lähestyivät puhdistamolietehjeissa nikkelille asetettua raja-arvoa, joka on 60 mg/kg ka.

Typpihappo uutti maanäytteistä nikkeliä 97 % ja AAAC-EDTA 5 prosenttia, verrattuna kuningasvesiuuttoon. Laboratorioiden ilmoittamat nikkelpitoisuudet vertailunäytteestä numero 5 käyttäen AAAC-EDTA-uuttomenetelmää olivat niin poikkeavia toisistaan (taulukko 17), että nämä analyysitulokset oli hylättävä.

Kaikki kolme menetelmää olivat toistettavuudeltaan samaa tasoa.

Vahvoilla uuttoliuoksilla saatujen analyysitulosten uusittavuus oli parempi kuin heikolla uuttoliuoksella (AAAC-EDTA) saatujen analyysitulosten uusittavuus. Kuningasvesi- ja typpihappouutosta mitattujen raskasmetallipitoisuuksien laboratorioiden välisen hajonnan keskimääräinen vaihtelukerroin oli alle 20 %, kun se AAAC-EDTA-uutosta oli yli 30 %.

3.6 Sinkki (taulukot 34–36; kuvat 16–18, 27)

Viiden vertailumaan sinkkipitoisuuksien keskiarvo kuningasvesiuutosta mitattuna oli 114 mg/kg ilmakeivää maata. Pitoisuus oli korkea verrattuna VUORISEN (1958) ilmoittamaan viljelymaiden keskimääräiseen sinkkipitoisuuteen 36 mg/kg ja MÄKITIEN (1961) julkaisemaan viljelymaiden sinkkipitoisuuksien vaihteluun 3–100 mg/kg. Puhdistamolieteohjeissa ilmoitettu sinkin raja-arvo viljelymaille on 150 mg/kg ka. Vertailumaista kaksi saavutti tämän raja-arvon. Nämä vertailumaanäytteet oli otettu pelloista, joille oli levitetty puhdistamolietettä.

Typpihapon teho uuttaa sinkkiä vertailumaanäytteistä oli 94 % verrattuna kuningasveden uuttotoon. AAAC-EDTA:lla pystyttiin sinkkiä vastaavasti uuttamaan maista vain noin 3 %.

Raskasmetalleista paras toistettavuus saatiin sinkille kuningasvesiuutosta ja typpihappouutosta. Kummallakin toistettavuuden vaihtelukerroin oli 2 %. Pienistä sinkkipitoisuuksista johtuen AAAC-EDTA:n toistettavuus vaihteli edellisiä hiukan enemmän eli toistettavuuden vaihtelukerroin oli 8,5 %.

Myös sinkin uusittavuus oli raskasmetalleista parhain, kun määrityksiin käytettiin vahvoja uuttonesteitä, kuningasvettä ja väkevää typpihappoa. Uusittavuuden vaihtelukerroin oli kuningasvedelle 10 % ja väkevälle typpihapolle 8 %. AAAC-EDTA:lle vaihtelukerroin oli 23 %.

3.7 Elohopea (taulukot 37–38; kuvat 19–20, 28)

Vertailututkimuksen maanäytteiden elohopeapitoisuudeksi kuningasvedellä uuttaen saatiin 0,062 mg/kg ilmakeivää maata. MÄKELÄ-KURTON ja SIPPOLAN (1986) mukaan suomalaisten pelto-
maiden keskimääräinen elohopeapitoisuus on samaa suuruusluokka eli 0,067 mg/kg ka vaihdellen välillä 0,016–0,285 mg/kg ka. Vertailututkimuksessa suurin elohopeapitoisuus oli 0,115 mg/kg ilmakeivää maata. Puhdistamolietteen käytölle suurin sallittu elohopeapitoisuus viljelymaassa on 0,2 mg/kg ka.

Väkevä typpihappo pystyi uuttamaan vertailumaanäytteistä elohopeaa 79 % kuningasvesiuutolla saadusta määrästä.

Alhaisten pitoisuuksien takia elohopeamääritysten toistettavuus ja uusittavuus eivät olleet kovin hyviä. Tutkitun kahden eri uuttonmenetelmän, kuningasveden ja väkevän typpihapon, toistettavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin oli 11 ja 9 % ja uusittavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin noin 27 ja 31 %.

3.8 Raskasmetallimääritysten laboratorioden välinen vaihtelu

Tässä tutkimuksessa laboratorioden välinen analyysitulosten hajonta oli yleensä sitä suurempi, mitä pienempi oli näytteen raskasmetallipitoisuus aivan samoin kuin jätevesilietteiden vertailututkimuksessa (JOUTTI 1992).

Laboratorioden väliset erot raskasmetallien mittaustuloksissa SFS 3044 -standardimenetelmää käyttäen olivat maanäytteitä analysoitaessa keskimäärin vain hiukan suurempia kuin jätevesilietteitä analysoitaessa (JOUTTI 1992) huolimatta siitä, että maanäytteiden raskasmetallipitoisuudet olivat huomattavasti alhaisempia kuin lietteiden pitoisuudet. Useimmiten vertailumaanäytteissä oli raskasmetalleja vain noin kymmenes- tai sadasosa siitä, mitä niitä esiintyi jätevesilietteissä. Elohopeata maanäytteissä saattoi olla vain tuhannesosa jätevesilietteiden elohopeasisällöstä. Suurin ero vertailututkimuksissa näiden kahden näytetyypin välillä oli lyijyn uusittavuudessa.

Lyijymääritysten laboratorioden välinen vaihtelu oli maanäytteille 31 % ja jätevesilietteille 10 % (JOUTTI 1992).

3.9 pH(H₂O) (taulukko 39; kuva 21)

Vertailumaanäytteiden keskimääräinen pH(H₂O) oli 6,2. Suomalaisten viljelymaiden keskimääräinen happamuus oli 5,8 vuonna 1987 (ERVIÖ ym. 1990). pH-mittausten toistettavuuden hajontojen keskimääräinen vaihtelukerroin oli 0,4 % eli pH-mittausten toistettavuus oli hyvä. Myös mittausten uusittavuus oli hyvä, koska uusittavuuden hajontojen keskimääräinen vaihtelukerroin oli niinkin alhainen kuin 3,2 %.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vertailututkimukseen käytetyt maanäytteet edustivat melko hyvin sekä raskasmetallipitoisuuksiltaan että happamuudeltaan tyypillisiä suomalaisia peltomaita.

Raskasmetallimääritysten toistettavuus ja uusittavuus peltomaanäytteistä oli hiukan huonompi kuin jätevesilietteistä. Ero oli kuitenkin hyvin pieni ottaen huomioon maaperänäytteiden alhaiset raskasmetallipitoisuudet, jotka useimmiten olivat kymmenes- tai sadasosa tai joskus jopa vain tuhannesosa siitä, mitä ne olivat jätevesilietteissä.

Laboratorioden sisäinen ja samoin laboratorioden välinen hajonta analyysituloksissa riippuivat kaikkien metallien määryksissä näytteiden raskasmetallipitoisuudesta siten, että pitoisuuden kasvaessa hajonta pieneni. Tästä syystä myös ne uuttomenetelmät, jotka liuottivat maanäytteistä eniten raskasmetalleja, olivat yleensä myös sekä toistettavuudeltaan että uusittavuudeltaan parhaat. Eniten raskasmetalleja maanäytteistä uutti kuningasvesi, johon verrattuna väkevä typpihappo uutti raskasmetalleista keskimäärin 93 % ja hapaa ammoniumasetaatti-EDTA 14 %.

Raskasmetallimääritysten toistettavuuden keskimääräinen vaihtelukerroin muille paitsi elohopealle oli noin 4 %, kun käytettiin kuningasvesi- tai typpihappouuttoa. Vastaava lukema hapaa ammoniumasetaatti-EDTA-uutolle oli 7 %. Elohopeamääritysten toistettavuus kuningasvesiuuton jälkeen oli 11 % ja typpihappouuton jälkeen 9 %.

Keskimääräinen uusittavuuden vaihtelukerroin kaikille muille raskasmetalleille paitsi elohopealle oli kuningasvesiuuttoa käytettäessä 24 % (10–42 %), väkevää typpihappoa käytettäessä 19 % (8–33 %) ja hapanta ammoniumasetaatti-EDTA:ta käytettäessä 31 % (14–45 %). Elohopealle laboratorioden välisten hajontojen vaihtelukertoimet kahdelle ensinmainitulle uuttomenetelmälle olivat vastaavasti 27 ja 31 %. Vertailukelpoisimmat ja luotettavimmat analyysitulokset maanäytteiden raskasmetallipitoisuuksista saatiin käyttämällä väkevää typpihappouuttoa eli SFS 3044-standardimenetelmää, koska tällä menetelmällä analyysitulosten hajontojen vaihtelukertoimet laboratorioden välillä olivat pienimmät.

Tarkimmin mitattavat raskasmetallit tässä tutkimuksessa olivat kupari ja sinkki, vaikeimmin mitattavia olivat lyijy, elohopea ja kadmium. Vähiten vaihtelua analyysituloksissa eri laboratorioden välillä esiintyi kupari- ja sinkkimäärityksissä sekä kuningasvesi- että typpihappouuton jälkeen. Suurimmat erot analyysituloksissa laboratorioden välillä oli lyijy-, elohopea- ja kadmiumpitoisuuksissa. Elohopean kohdalla ja jossain määrin myös kadmiumin kohdalla syynä olivat näytteiden alhaiset pitoisuudet. Sen sijaan lyijyn osalta syyt ilmeisesti olivat muualla. Erityisesti lyijyn määrittämisessä laboratorioilla näytti olevan vaikeuksia. Tästä syystä lyijymääritysten laadunvalvontaa ja tulosten laadunvarmistusta tulisi tehostaa.

Raskasmetallimäärittysten toistettavuus ja uusittavuus olisivat todennäköisesti olleet todettua pienempiä, mikäli analyysitulokset olisi pyydetty ilmoittamaan mg/kg kuiva-ainetta eikä mg/kg ilmakeivää maata. Vertailumaanäytteiden kuiva-ainepitoisuus analysointihetkellä on näet saattanut poiketa eri laboratorioissa.

Tämän tutkimuksen mukaan näyttää siltä, että maanäytteistä raskasmetalleja analysoivien laboratorioden olisi syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota analyysitulostensa laatuun ja pyrkiä parantamaan analyysimenetelmien laadunvalvontaa ja myös analyysitulosten laadunvarmistusta. Tämä koskee erityisesti niitä laboratorioita, joiden analyysitulokset jäivät raskasmetallimäärittysten uusittavuusrajojen ulkopuolelle. Erityisesti lyijyn määrittämisen laatutasoa maaperänäytteistä tulisi parantaa huomattavasti.

SFS 3044 -standardimenetelmällä, jonka uutto perustuu väkevään typpihappoon, saatiin pelto- ja puuainekäytöistä samansuuntaisia, mutta hiukan alhaisempia pitoisuuksia kuin kuningasvedellä, jossa raskasmetallien uuttoteho perustuu väkevän kloorivetyhapon ja väkevän typpihapon seokseen (3:1). Standardimenetelmällä saatiin yleisesti toistettavampia ja uusittavampia tuloksia kuin kuningasvedellä.

Hapan ammoniumasetaatti-EDTA -uuttomenetelmällä saatiin huomattavasti pienempiä raskasmetallipitoisuuksia viljelymaista kuin kahdella muulla käytetyllä uuttomenetelmällä, eivätkä saadut pitoisuudet aina olleet aivan yhdensuuntaisia.

Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella peltomaiden happamuus pystytään laboratoriossa yleisesti mittaamaan melko luotettavasti. pH(H₂O):n mittaamisessa laboratorioilla ei näytä olevan ongelmia.

KIRJALLISUUS

- AICHBERGER, K. EIBELHUBER, A & HOFER, G. 1986. Soil sampling for trace element analysis and its statistical evaluation. Sampling problems for the chemical analysis of sludge, soils and plants. Toim. Gomez, A., Leschber, R. & LHermitte, P. Commission of the European Communities. Elsevier Applied Science Publishers. London. P. 38–44.
- ERVIÖ, R., MÄKELÄ-KURTTO, R. & SIPPOLA, J. 1990. Chemical characteristics of Finnish agricultural soils in 1974 and in 1987. Kauppi ym. (toim.). Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 217–234.
- JOUTTI, A. 1992. Jätevesipuhdistamolietteen raskasmetallien vertailututkimus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja Nro 357. 77 p.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agric. Fenn. 123. 223–232.
- Methods of Soil and Plant Analysis. 1986. Maatalouden tutkimuskeskus, maantutkimusosasto, Jokioinen. ISBN 951-729-285-6. 45 p.
- MÄKELÄ-KURTTO, R. & SIPPOLA, J. 1986. Viljelymaittemme elohopeapitoisuus. Koetoim. ja Käyt. 43: 9.
- MÄKITIE, O. 1961. Eräiden hivenaineiden esiintymisestä viljelysmaissamme. Maatalouden tutkimuskeskus, maantutkimuslaitos. Agrogeol. julk. 78: 1–25.
- Puhdistamolietteen käyttö maanviljelyssä. 1991. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, ohje 4. 43 p.
- SIPPOLA, J. & MÄKELÄ-KURTTO, R. 1986. Cadmium in cultivated Finnish soils. Ann. Agric. Fenn. 25: 255–263.
- Testausmenetelmien täsmällisyys. 1988. Toistettavuuden ja uusittavuuden määrittäminen laboratorioiden välisissä kokeissa. Suomen Standardisoimisliitto. SFS-ISO 5725. 53 p.
- Veden, lietteen ja sedimentin metallipitoisuudet. 1980. Määrittäminen atomiabsorptiospektrometrisesti liekkimenetelmällä. Yleisiä periaatteita ja ohjeita. Suomen Standardisoimisliitto. SFS 3044. 8 p.
- VUORINEN, J. 1958. On the amounts of minor elements in Finnish soils. Maatal.tiet. Aikak. 30: 30–35.

Taulukko 1. Vertailumaanäytteiden hiukkaskokojakaumat, humuspitoisuus ja muita yleisiä tietoja.

Kalibr. -nro.	Mek.anal. kotelon nro.	Yleisiä tietoja	Sa (%)	HHs (%)	KHs (%)	HHt (%)	KHt (%)	HHk (%)	KHk (%)	HSr (%)	KSr (%)	Humus (%)	Maalaji
1.	27385	Jokioisten puhdistamon alueelta	58.3	8.4	8.2	9.3	5.2	10.6	0.0	0.0	0.0	3.22	HtS
2.	27387	M. Liljan pelto	67.0	6.8	7.2	6.4	4.9	7.7	0.0	0.0	0.0	4.41	AS
3.	27389	Jokioinen + paljon lietettä	76.2	4.7	4.7	4.5	3.3	6.6	0.0	0.0	0.0	10.37	AS
4.	27399	M. Liljan pelto Jokioinen + vähän lietettä	18.5	21.8	33.0	15.2	5.6	5.9	0.0	0.0	0.0	4.61	HS
5.	24363	Network -80 Pätkäne -90 jankkoa	6.2	6.0	28.2	42.9	14.1	2.3	0.3	0.0	0.0	1.12	HHt

Taulukko 2. Laboratorioiden ilmoittamat analyysimenetelmät.

Lab.	Metalli	Uutto- ja mittausmenetelmä
1	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR SFS 3044
2	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR
3	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR AAAac-EDTA HNO ₃ :H ₂ O:HF (5:4,5:0,5), mikroaaltouuni
4	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Hg	AR Hapetus: permanganaatti/rikkihappo Mittaus: kylmähöyry/SnCl ₂
5	Cd, Cr, Pb, Hg Cu, Ni, Zn Cd, Cr, Ni, Hg, Pb, Cu Pb, Ni Cu, Zn	AR, AAS-grafiittiuuni AR, AAS-liekki AAAac-EDTA, AAS-grafiittiuuni AAAac-EDTA, AAS-liekki AAAac-EDTA, ICP
6	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Hg	SFS 3044 (märkäpoltto), DCP-plasma Kylmähöyry-AAS, VTT, Elintarvikelaboratorion menetelmä nro 85 (27.11.1980)
7	Cd, Cu, Pb, Ni, Zn Hg	AAAac-EDTA Hydridi-menetelmä
9	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	Mikroaaltopoltto, AAS
10	Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Hg	AR, AAS-Zeeman taustankorjaus Kylmähöyry
11	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR AAAac-EDTA
12	Hg Cu, Cr, Ni, Zn Cd, Pb Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	KMnO ₄ /H ₂ SO ₄ -poltto AR, AAS-ilma-asetyleeniliekki AR, AAS-grafiittiuuni, standardilisäys-menetelmä matriisimodifikaattorina ammoniumfosf. AAAac-EDTA, AAS-liekki
12	Cd Cu, Cr, Ni, Zn Cd, Pb	AAc-EDTA, AAs-grafiittiuuni, matr.modif. ammoniumfosf. SFS 3044, AAS-liekki SFS 3044, AAS-grafiittiuuni, matr.modif. ammoniumfosf.

Taulukko 2. (jatkoa)

Lab.	Metalli	Uutto- ja mittausten menetelmä
	Cd, Pb Cu, Ni, Zn Cr Hg	SFS 5074, SFS 5502 SFS 3044, SFS 3047 SFS 3044, SFS 5071 SFS 3044, kylmähöyrytislauus hydridimenetelmällä
14	Cu, Ni, Zn Hg	SFS 3044 INSTA-VH93 1986-12
15	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR SFS 3044
16	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Hg	SFS 3044, SFS 3047 : Cd ei uuttoa, AAS-liekki HNO ₃ /H ₂ SO ₄ -poltto
17	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn, Hg Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR SFS 3044 AAAc-EDTA
19	Cu, Cr, Ni, Zn Cd, Pb Cu, Cr, Ni, Zn Cd, Pb Cu, Cr, Ni, Zn Cd, Pb	AR, AAS-liekki AR, AAS-grafiittiuni SFS 3044, AAS-liekki SFS 3044, AAS-grafiittiuni AAAc-EDTA, AAS-liekki AAAc-EDTA, AAAs-grafiittiuni
22	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Hg	AR, SFS 3044, AAAc-EDTA INSTA-VH93
23	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	SFS 3044 AAAc-EDTA
23	Hg	SFS 5229
24	CD, Cr, Pb, Ni Cu, Zn Cd, Pb Cu, Cr, Ni, Zn Hg	AR, SFS 3044, AAS-grafiittiuni AR, SFS 3044, ICP AAAc-EDTA, AAS-liekki AAAc-EDTA, ICP AR, SFS 3044
25	Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn	AR, AAS-liekki + AAS-grafiittiuni AAAc-EDTA, kylmähöyry-AAS

Kuningasvesi. Näyte 1.
Taulukko 3. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		57.00 57.00	86.00 88.00		58.00 58.00	174.00 174.00	
2	0.350 0.350	68.00 64.00	74.00 77.00	26.00 25.00	53.00 51.00	166.00 177.00	
3	0.164 0.164	55.80 54.50	88.60 87.80	26.20 26.40	39.10 40.10	154.60 154.30	
4	< 1 < 1	49.00 49.00	39.00 40.00	24.00 23.00	37.00 36.00	150.00 150.00	
5	0.150 0.140	60.00 58.50	86.20 85.20	21.60 20.50	46.00 44.00	160.00 155.00	< 0.1 < 0.1
10		52.00 51.00	84.00 86.00	23.00 24.00	40.00 40.00	123.00 124.00	0.050 0.060
11	*1.650 *1.110	58.00 59.00	46.00 45.00	*60.00 *54.00	*49.00 *42.00	158.00 159.00	
12	0.130 0.140	59.00 58.00	81.00 81.00	22.00 25.00	53.00 57.00	159.00 153.00	0.050 0.060
15	< 0.1 < 0.1	59.90 58.80	*59.90 *50.80	42.00 41.80	41.00 40.80	*270.00 *174.00	
17	0.140 0.150	55.70 55.70	*140.00 *135.00	26.60 26.80	49.30 50.70	146.00 143.00	0.064 0.065
19	0.200 0.190	*74.00 *77.00	122.00 122.00	20.50 21.50	60.00 59.00	*209.00 *215.00	
22	0.330 0.300	58.10 58.00	91.30 88.50	42.80 43.20	46.50 47.00	155.00 164.00	
24	0.171 0.150	53.70 53.00	76.40 77.80	22.10 24.30	60.50 58.50	130.90 130.50	0.041
25	0.150 0.160	58.00 60.00	84.00 84.00	24.00 23.00	46.00 45.00	160.00 160.00	

* hylätty arvo.

Kuningasvesi. Näyte 2.

Taulukko 4. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		55.00 58.00	105.00 101.00		60.00 65.00	169.00 184.00	
2	0.400 0.350	69.00 65.00	87.00 85.00	26.00 24.00	53.00 54.00	163.00 157.00	
3	0.200 0.220	53.10 52.50	100.10 99.30	29.60 29.60	47.00 46.30	146.00 151.20	
4	< 1 < 1	50.00 49.00	44.00 44.00	25.00 24.00	40.00 40.00	150.00 150.00	
5	0.160 0.160	58.50 60.00	87.20 88.20	22.70 23.10	46.00 44.00	153.00 154.00	< 0.1 < 0.1
10		53.00 53.00	104.00 103.00	21.00 22.00	48.00 50.00	116.00 117.00	0.050 0.040
11	*0.590 *0.780	58.00 59.00	44.00 46.00	*56.00 *56.00	*63.00 *48.00	156.00 158.00	
12	0.180 0.160	59.00 57.00	*95.00 *87.00	23.00 21.00	58.00 60.00	152.00 148.00	0.080 0.070
15	< 0.1 < 0.1	56.80 57.90	67.60 65.90	37.20 40.00	51.90 52.90	132.00 134.00	
17	0.180 0.200	56.40 56.10	*151.00 *150.00	26.60 26.70	52.30 54.50	142.00 139.00	0.088 0.086
19	0.240 0.270	*78.00 *76.00	140.00 139.00	23.40 24.20	69.00 67.00	191.00 196.00	
22	0.380 0.400	58.50 58.30	84.00 86.00	43.60 45.10	51.00 51.00	145.00 146.00	
24	0.241 0.330	53.70 53.70	86.10 84.30	23.00 23.30	73.30 73.20	133.80 131.40	0.051 0.051
25	0.220 0.230	60.00 61.00	90.00 91.00	24.00 25.00	50.00 52.00	150.00 160.00	

* hylätty arvo.

Kuningasvesi. Näyte 3.
Taulukko 5. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		58.00 55.00	112.00 105.00		58.00 58.00	112.00 109.00	
2	*0.950 *0.900	73.00 71.00	98.00 98.00	23.00 23.00	60.00 59.00	113.00 115.00	
3	0.260 0.260	61.40 62.70	109.90 110.20	30.70 29.20	47.50 49.50	99.40 101.30	
4	< 1 < 1	52.00 52.00	47.00 47.00	24.00 24.00	41.00 41.00	110.00 110.00	
5	0.250 0.250	65.00 66.00	91.50 87.10	21.00 22.80	45.00 47.00	99.00 101.00	< 0.1 < 0.1
10		58.00 57.00	118.00 117.00	25.00 25.00	48.00 48.00	80.00 78.00	0.090 0.100
11	*0.750 *0.840	56.00 56.00	45.00 47.00	*52.00 *54.00	42.00 43.00	95.00 96.00	
12	0.200 0.250	65.00 66.00	96.00 96.00	*19.00 *26.00	61.00 64.00	102.00 103.00	0.100 0.130
15	< 0.1 < 0.1	60.90 61.90	65.90 66.90	47.90 48.90	49.90 47.90	*128.00 *117.00	
17	0.240 0.220	61.00 61.30	*135.00 *139.00	30.80 31.20	56.10 55.50	93.90 95.30	0.157 0.161
19	0.300 0.320	*83.00 *82.00	148.00 154.00	27.30 26.20	67.00 70.00	*149.00	
22	0.360 0.370	64.10 65.00	98.80 96.80	41.70 43.40	53.10 53.20	99.00 100.00	
24		58.50 58.10	110.80 108.30	23.70 24.40	72.10 72.90	85.20 84.80	0.094 0.091
25	0.260 0.250	64.00 65.00	96.00 98.00	24.00 22.00	54.00 51.00	100.00 100.00	

* hylätty arvo.

Kuningasvesi. Näyte 4.

Taulukko 6. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		32.00 27.00	16.00		33.00 35.00	85.00 81.00	
2	0.600 0.650	28.00 25.00	39.00 39.00	11.00 9.10	22.00 20.00	85.00 84.00	
3	0.230 0.220	20.00 19.20	37.80 36.50	15.40 13.90	18.10 15.10	68.20 63.80	
4	< 1 < 1	18.00 18.00	24.00 24.00	12.00 12.00	14.00 14.00	80.00 80.00	
5	0.290	22.00 23.50	46.50 42.60	8.80 9.50	15.70	70.00 70.00	< 0.1 < 0.1
10		20.00 21.00	40.00 40.00	11.00 11.00	16.00 16.00	*58.00 *58.00	0.030 0.040
11	*0.610 *0.620	20.00 21.00	24.00 21.00	*41.00 *43.00	19.00 16.00	71.00 71.00	
12	0.200 0.200	22.00 22.00	41.00 37.00	11.00 11.00	23.00 24.00	70.00 70.00	0.060 0.060
15	< 0.1 < 0.1	21.90 20.90	28.80 31.80	21.90 17.90	19.90 15.90	78.10 83.40	
17	0.250	22.20 22.30	*80.40 *82.20	12.90 12.90	19.30 19.40	68.00 68.20	0.071 0.074
19	0.240 0.250	30.00 30.00	61.00 57.00	13.20 10.80	28.00 26.00	*85.00 *89.00	
22	0.370 0.380	26.90 28.00	36.30 35.80	20.30 21.20	19.60 20.50	72.00 71.50	
24	0.224 0.229	19.80 18.40	36.80 39.20	11.20 11.10	18.10 18.60	69.30 58.20	0.042 0.041
25	0.210 0.190	23.00 22.00	40.00 41.00	11.00 11.00	18.00 16.00	72.00 73.00	

* hylätty arvo.

Kuningasvesi. Näyte 5.
Taulukko 7. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		34.00 34.00	91.00 94.00		43.00 43.00	98.00 96.00	
2	0.200 0.250	41.00 38.00	*76.00 *68.00	4.50 4.00	29.00 31.00	99.00 96.00	
3	0.060 0.070	27.20 28.10	87.70 85.90	7.20 7.43	32.20 28.20	88.70 89.50	
4	<1 <1	28.00 28.00	43.00 42.00	7.40 7.70	26.00 25.00	100.00 100.00	
5	0.090	33.40 33.40	74.30	5.90 5.90	30.00 29.00	89.40 89.40	< 0.1 < 0.1
10		31.00 30.00	80.00 80.00	6.30 7.00	26.00 26.00	*71.00 *71.00	0.020 0.020
11	*0.650 *0.680	33.00 34.00	41.00 40.00	*40.00 *41.00	*31.00 *23.00	92.00 92.00	
12	0.044 0.032	34.00 35.00	73.00 75.00	3.10 2.60	35.00 38.00	90.00 91.00	0.020 0.030
15	<0.1 <0.1	33.70 33.90	53.60 55.90	19.80 20.00	28.80 30.90	96.20 97.30	
17	<0.1 <0.1	33.70 33.90	*122.00 *121.00	7.44 7.23	33.70 35.00	88.80 88.60	0.028 0.028
19	0.094 0.098	45.00 46.00	113.00 113.00	8.10 8.40	43.00 43.00	*114.00 *110.00	
22	0.280 0.290	37.20 38.00	73.80 72.30	19.10 20.00	32.90 33.00	89.80 90.00	
24	0.088 0.078	31.10 30.60	80.70 77.70	6.60 6.80	24.80 25.50	79.20 76.10	0.015 0.019
25	0.140 0.110	34.00 36.00	79.00 78.00	8.80 8.40	29.00 30.00	91.00 90.00	

* hylätty arvo.

SFS 3044. Näyte 1.

Taulukko 8. Analyysitulokset, mg/kg ilmakeivää näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		59.00 57.00	83.00 80.00		55.00 55.00	173.00 172.00	
6		50.12 50.11	77.17 73.63	22.22 22.91	47.93 48.40	141.45 141.92	
12	0.110 0.120	57.00 61.00	75.00 83.00	18.00 19.00	53.00 55.00	147.00 162.00	0.060 0.040
13	0.140 0.150	56.00 57.00	63.00 64.00	25.00 25.00	46.00 46.00	154.00 156.00	0.030 0.030
14		62.80 62.10			52.70 54.30	156.00 160.00	
15	< 0.1 < 0.1	58.10 56.20	62.90 60.10	40.70 41.70	*66.80 *45.50	130.00 122.00	
16	*1.400 *1.400	50.20 52.00	85.00 82.00	39.40 35.50	46.00 42.00	146.00 149.00	
17	0.140 0.190	57.60 58.80	*145.00 *142.00	26.70 25.00	47.50 47.50	157.00 163.00	0.052 0.053
19	0.160 0.140	63.00 61.00	85.00 79.00	18.50 18.00	46.00 44.00	148.00 145.00	
22	0.190 0.200	55.40 56.10	54.00 55.00	38.00 40.00	45.30 45.80	144.00 142.00	
23	< 0.5 < 0.5	50.00 51.80	58.00 59.50	26.80 27.30	29.10 27.20	136.00 147.00	
24	0.158 0.154	52.20 51.90	84.90 87.70	23.00 21.40	36.10 34.80	129.20 127.40	0.038 0.041

* hylätty arvo.

SFS 3044. Näyte 2.
Taulukko 9. Analyysitulokset, mg/kg ilmakeivää näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		59.00 60.00	94.00 92.00		59.00 61.00	*150.00 *171.00	
6		51.22 48.71	86.37 89.05	19.65 19.41	53.39 53.38	133.28 129.37	
12	0.160 0.180	58.00 59.00	*85.00 *75.00	22.00 20.00	56.00 52.00	152.00 149.00	0.060 0.060
13	0.200 0.190	57.00 57.00	71.00 71.00	28.00 27.00	51.00 52.00	151.00 151.00	0.030 0.030
14		63.50 61.80			56.70 58.20	154.00 156.00	
15	< 0.1 < 0.1	55.20 57.10	66.80 66.80	37.80 40.60	58.10 50.30	141.00 139.00	
16	*1.400 *1.400	54.50 54.70	93.00 97.00	43.90 40.20	52.00 49.00	138.00 144.00	
17	0.180 0.220	57.40 58.00	*164.00 *159.00	28.90 30.40	52.70 52.10	149.00 150.00	0.067 0.072
19	0.190 0.160	61.00 62.00	91.00 88.00	26.70 21.00	50.00 49.00	142.00 134.00	
22	0.190 0.200	56.90 57.70	56.70 55.00	36.30 38.00	49.50 50.40	138.00 137.00	
23	< 0.5 < 0.5	50.10 49.80	66.60 64.50	22.90 23.30	37.70 31.70	144.00 144.00	
24	0.196 0.187	52.40 52.80	94.50 97.50	23.00 22.20	43.90 42.80	125.30 123.60	0.053 0.053

* hylätty arvo.

SFS 3044. Näyte 3.

Taulukko 10. Analyysitulokset, mg/kg ilma-ilmakuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		59.00 62.00	104.00 104.00		58.00 58.00	95.00 93.00	
6		55.81 55.12	*148.67 *148.66	25.44 24.26	60.68 60.89	93.82 91.42	
12	0.210 0.210	61.00 62.00	88.00 89.00	21.00 20.00	58.00 57.00	103.00 102.00	0.100 0.110
13	0.250 0.260	57.00 58.00	62.00 63.00	27.00 26.00	52.00 52.00	97.00 98.00	0.050 0.050
14		65.40 65.40			61.10 65.20	107.00 108.00	
15	< 0.1 < 0.1	57.10 55.80	64.70 61.50	47.60 45.40	45.70 49.20	100.00 96.50	
16	*1.100 *1.100	58.80 57.80	104.00 103.00	36.10 36.30	55.00 56.00	90.60 90.50	
17	0.240 0.250	56.50 57.50	*137.00 *141.00	30.90 30.40	51.30 52.00	93.04 97.05	0.113 0.127
19	0.150 0.150	57.00 62.00	*94.00 *102.00	19.60 20.00	48.00 51.00	93.00 96.00	
22	0.240 0.230	56.30 57.00	65.00 68.00	38.00 39.40	52.00 53.50	95.30 96.30	
23	< 0.5 < 0.5	52.30 50.60	58.70 57.60	29.10 29.70	46.70 42.80	96.20 94.50	
24	0.286 0.334	55.70 55.40	114.20 112.80	25.90 24.90	48.30 49.40	83.40 83.50	0.065 0.066

* hylätty arvo.

SFS 3044. Näyte 4.

Taulukko 11. Analyysitulokset, mg/kg ilmakeivää näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		24.00 23.00	9.00 11.00		30.00 30.00	64.00 63.00	
6		20.48 20.92	42.59 45.48	9.22 10.20	23.46 22.36	59.24 60.96	
12	0.240 0.230	23.00 23.00	37.00 32.00	12.00 12.00	23.00 20.00	72.00 72.00	0.040 0.050
13	0.220 0.220	22.00 22.00	26.00 27.00	16.00 14.00	21.00 21.00	68.00 69.00	0.030 0.030
14		24.30 23.20			23.40 24.10	74.70 75.20	
15	< 0.1 < 0.1	21.60 20.70	27.50 27.50	21.60 19.70	20.70 19.70	67.40 66.90	
16	*0.600 *0.600	20.80 19.10	41.00 42.00	17.50 14.60	22.00 20.00	64.60 65.50	
17	0.240 0.210	21.90 21.60	*76.20 *78.80	12.30 12.60	20.30 20.10	67.09 67.05	0.060 0.063
19	0.190 0.270	24.00 24.00	39.00 36.00	11.10 10.90	20.00 18.00	69.00 65.00	
22	0.290 0.280	21.70 22.40	27.70 29.00	16.50 15.70	18.70 18.40	70.60 68.80	
23	< 0.5 < 0.5	18.50 18.50	25.20 25.00	14.80 15.60	8.98 10.20	61.70 62.10	
24	0.208 0.196	19.40 19.20	31.10 32.20	11.90 12.50	11.00 11.20	56.30 56.40	0.042 0.039

* hylätty arvo.

SFS 3044. Näyte 5.

Taulukko 12. Analyysitulokset, mg/kg ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
1		38.00 40.00	76.00 78.00		43.00 44.00	*126.00 *104.00	
6		29.48 30.36	74.11 72.36	7.53 6.84	24.42 24.42	61.35 59.50	
12	0.034 0.045	33.00 35.00	71.00 72.00	5.90 5.70	38.00 33.00	90.00 90.00	0.020 0.020
1	0.060 0.080	33.00 33.00	61.00 61.00	8.60 8.30	32.00 32.00	87.00 88.00	0.020 0.020
14		36.80 36.20			36.60 37.90	94.10 94.30	
15	<0.1 <0.1	33.70 31.70	49.60 54.50	17.90 17.80	26.80 29.70	92.20 89.70	
16	*0.600 *0.700	31.10 29.30	79.00 78.00	20.60 18.20	30.00 32.00	84.40 83.30	
17	0.020 0.020	33.80 32.60	*119.00 *117.00	6.39 6.02	32.60 32.30	87.09 88.07	0.026 0.028
19	0.068 0.081	37.00 38.00	77.00 79.00	5.30 5.30	30.00 30.00	87.00 90.00	
22	0.150 0.150	33.50 33.60	55.00 57.50	18.40 17.50	32.00 31.00	82.50 84.90	
23	<0.5 <0.5	28.50 27.70	48.20 48.80	8.19 7.99	24.50 20.60	80.60 81.60	
24	0.080 0.089	30.50 30.20	79.80 80.40	5.90 5.90	29.80 24.40	72.80 71.90	0.012 0.016

* hylätty arvo.

AAAc-EDTA. Näyte 1.
Taulukko 13. Analyysitulokset, mg/l ilmakeivää näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
3	0.070	13.10	0.31	5.60	2.10	11.60	
	0.080	13.10	0.28	5.70	2.00	11.20	
5	0.095	12.50	0.20	6.60	1.50	11.10	< 0.2
	0.095	11.70	0.20	6.20	1.50	12.40	< 0.2
7	0.200	11.00		5.90	1.90	9.00	
	0.200	11.00		6.20	2.00	9.00	
11	0.080	13.00	0.44	*9.50	1.80	12.00	
	0.080						
12	0.080	11.00	*0.70	4.40	*1.90	10.00	< 0.002
	0.080	12.00	*0.90	5.50	*2.40	13.00	< 0.002
17	0.060	10.90	*2.97	5.95	1.66	9.49	
	0.070	11.40	*3.25	5.85	1.69	11.50	
19	0.040	*1.56	0.68	*0.52	1.07	6.93	
	0.030	*1.46	0.58	*0.45	0.97	6.71	
22	0.120	14.20	0.46	7.50	2.40	14.20	
	0.130	15.00	0.47	7.20	2.45	13.50	
23	0.055	12.68	0.21	4.79	0.55	11.50	
	0.033	12.22	0.20	4.50	0.58	11.30	
24	0.060	10.96	0.27	4.93	1.64	9.79	
	0.080	10.79	0.26	5.65	1.73	9.37	
25	0.084	15.00	0.34	6.50	1.90	13.00	
	0.085	15.00	0.35	6.30	2.10	13.00	

* hylätty arvo.

AAAc-EDTA. Näyte 2.

Taulukko 14. Analyysitulokset, mg/l ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
3	0.080	10.50	0.39	5.00	1.90	4.20	
	0.080	10.50	0.41	4.90	1.90	4.10	
5	0.079	9.60			1.50	4.30	< 0.2
	0.080	9.50	0.38	5.80	1.50	4.00	< 0.2
7	0.200	8.20		4.80	1.80	3.50	
	0.200	8.00		4.90	1.90	3.40	
11	0.090	9.90	0.62	*8.30	1.80	4.70	
	0.090						
12	0.090	8.60	0.80	*3.60	1.90	3.80	< 0.002
	0.090	9.50	0.90	*4.60	2.30	4.60	< 0.002
17	0.070	9.09	*2.69	4.95	1.73	3.89	
	0.070	9.32	*2.51	5.04	1.67	3.73	
19	0.030	*0.89	0.79	*0.33	0.89	2.68	
	0.030	*0.90	0.90	*0.34	0.99	2.69	
22	0.110	10.30	0.49	6.30	2.39	4.69	
	0.120	10.00	0.47	6.00	2.32	4.51	
23	0.055	10.16	0.33	3.81	0.66	3.99	
	0.055	10.08	0.32	3.82	0.86	3.93	
24	0.080	8.99	0.31	4.35	1.46	3.53	
	0.100	8.76	0.34	4.25	1.68	3.50	
25	0.091	11.00	0.40	4.80	1.80	4.70	
	0.094	11.00	0.42	5.10	2.00	4.70	

* hylätty arvo.

AAAc-EDTA. Näyte 3.

Taulukko 15. Analyysitulokset, mg/l ilmakeivää näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
3	0.140	13.70	0.87	5.90	4.50	1.50	
	0.120	13.20	0.86	5.80	4.40	1.50	
5	0.130	11.90	0.85	6.30	3.60	1.80	< 0.2
	0.130	12.50	0.86	5.70	3.60	1.70	< 0.2
7	0.300	11.90		6.50	3.80	1.40	
	0.300	11.50		6.40	4.00	1.40	
11	0.130	16.00	1.84	*9.60	4.80	1.80	
	0.130						
12	0.140	12.00	1.50	4.90	*4.30	1.50	< 0.002
	0.150	14.00	1.70	5.80	*5.40	1.70	< 0.002
17	0.120	12.50	*2.95	6.54	3.78	1.36	
	0.110	12.60	*3.01	6.50	3.82	1.36	
19	0.040	*0.30	3.16	*0.69	1.28	0.99	
	0.070	*0.39	3.04	*0.68	1.28	0.98	
22	0.230	17.00	2.04	8.54	5.95	2.15	
	0.240	17.10	1.98	8.18	5.77	2.07	
23	0.120	13.20	0.94	4.65	1.27	1.27	
	0.120		0.95	4.93	1.47	1.36	
24	0.130	11.49	0.77	5.58	4.01	1.30	
	0.110	11.20	0.79	5.65	3.82	1.23	
25	0.150	16.00	1.10	6.70	4.80	1.80	
	0.160	15.00	1.30	7.10	4.80	1.90	

* hylätty arvo.

AAAc-EDTA. Näyte 4.

Taulukko 16. Analyysitulokset, mg/l ilmakeivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
3	0.110	6.30	0.28	1.90	1.40	1.10	
	0.110	6.40	0.29	2.00	1.40	1.20	
5	0.140	5.50	0.20	2.30	1.00	1.40	< 0.2
	0.130	5.00	0.20		0.95	1.20	< 0.2
7	0.200	6.00		2.40	0.90	1.20	
	0.200	5.90		2.40	1.00	1.20	
11	0.150	7.20	0.48	*4.60	1.40	1.60	
	0.160						
12	0.110	*5.00	*0.30	1.30	1.20	1.10	< 0.002
	0.120	*6.30	*0.60	1.70	1.20	1.50	< 0.002
17	0.110	6.03	*1.11	2.09	1.33	1.15	
	0.110	6.07	*1.15	2.02	1.29	1.13	
19	0.080	*0.59	0.59	*0.43	0.69	1.19	
	0.090	*0.60	0.69	*0.43	0.60	1.19	
22	0.120	6.75	0.42	2.33	1.52	1.54	
	0.120	7.00	0.40	2.45	1.50	1.52	
23	0.090	5.82	0.23	1.27	0.83	1.51	
	0.100	5.89	0.20	1.32	0.83	1.31	
24	0.100	4.98	0.18	1.40	1.07	1.02	
	0.100	5.05	0.22	1.43	1.27	1.06	
25	0.150	7.80	0.35	2.20	1.60	1.60	
	0.170	7.90	0.38	2.50	1.70	1.70	

* hylätty arvo.

AAAc-EDTA. Näyte 5.
Taulukko 17. Analyysitulokset, mg/l ilma-kuivaa näytettä.

Laboratorio	Cd	Cu	Cr	Pb	Ni	Zn	Hg
3	0.010	0.37	0.06	0.70	< 0.05	< 0.5	
	0.010	0.40	0.05	0.80	< 0.05	< 0.5	
5	< 0.02	0.44	< 0.1	0.86	< 0.1	< 0.5	< 0.2
	< 0.02	0.44	< 0.1	0.86	< 0.1	< 0.5	< 0.2
7	< 0.2	0.50		1.00	< 0.5	0.20	
	< 0.2	0.50		1.10	< 0.5	0.20	
11	0.012	0.50	0.11	*3.20	0.03	0.30	
	0.014						
12	0.008	0.38	0.00	*0.70	0.00	0.23	< 0.002
	0.008	0.43	0.10	*1.00	0.30	0.25	< 0.002
17	0.010	0.42	*0.22	0.77	< 0.01	0.07	
	< 0.010	0.40	*0.24	0.77	< 0.01	0.05	
19	0.000	*0.20	0.30	*0.25	0.00	0.10	
	0.000	*0.20	0.30	*0.25	0.00	0.10	
22	0.015	0.60	0.12	0.78	0.70	0.19	
	0.015	0.62	0.13	0.75	0.68	0.20	
23	< 0.01	0.70	*0.83	0.74	0.30	0.21	
	< 0.01	0.70	*0.09	0.64	0.42	0.25	
24	0.010	0.61	0.03	0.75	< 0.1	0.12	
	0.010	0.53	0.09	0.65	< 0.1	0.18	
25	0.017	0.58	0.12	0.94	0.17	< 0.25	
	0.022	0.61	0.11	1.00	0.15	< 0.25	

* hylätty arvo.

pH (H₂O).
Taulukko 18. Analyysitulokset.

Laboratorio	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5
1	6.41	6.46	5.17	* 5.19	5.71
	6.40	6.48	5.17	* 5.19	5.72
2	6.80	6.90	5.85	5.80	6.65
	6.75	6.95	5.75	5.70	6.60
3	6.90	7.10	5.80	5.70	6.30
	6.90	7.10	5.80	5.70	6.30
4	6.80	6.90	5.60	5.60	6.20
	6.80	6.80	5.60	5.60	6.20
5	6.80	7.00	5.80	5.60	6.30
	6.80	7.00	5.90	5.60	6.40
6	6.99	7.00	5.83	5.72	6.33
	6.94	7.03	5.82	5.71	6.36
7	6.85	6.99	5.70	5.55	6.33
	6.86	6.98	5.70	5.56	6.34
12	6.79	6.98	5.78	5.61	6.40
	6.84	6.98	5.77	5.61	6.37
13	6.95	7.05	5.88	5.70	6.39
	6.93	7.08	5.87	5.71	6.43
14	6.80	6.90	5.60	5.60	6.20
	6.80	6.80	5.60	5.60	6.20
15	6.85	7.00	5.85	5.65	6.35
	6.90	7.00	5.82	5.65	6.40
16	6.80	6.91	5.75	5.72	6.28
	6.83	6.93	5.71	5.72	6.29
17	6.81	6.84	5.62	5.63	6.26
	6.77	6.83	5.63	5.62	6.33
19	6.37	6.48	5.32	5.22	5.74
	6.43	6.43	5.21	5.22	5.65
22	6.99	7.13	5.85	5.68	6.41
	7.04	7.17	5.90	5.69	6.42
23	6.81	6.94	5.73	5.64	6.31
	6.81	6.94	5.73	5.60	6.38
24	6.77	7.05	5.83	5.62	6.37
	6.82	7.03	5.79	5.66	6.36
25	6.50	6.54	5.39	5.37	5.96
	6.54	6.60	5.42	5.36	5.97

* hylätty arvo.

Taulukko 19. Kadium (Cd)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	9	9	8	9	8
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	2	1	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	18	18	15	16	15
Keskiarvo (mg/kg)	0.196	0.251	0.272	0.296	0.128
Toistettavuus (S_T)	0.010	0.026	0.014	0.014	0.017
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	5.102	10.359	5.199	4.778	13.532
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	0.028	0.073	0.039	0.039	0.048
Uusittavuus (S_R)	0.080	0.086	0.049	0.144	0.087
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	40.816	34.274	18.011	48.489	67.658
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.224	0.241	0.137	0.403	0.244

Taulukko 20. Kadium (Cd)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	6	6	6	6	6
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	1	1	1
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	12	12	12	12
Keskiarvo (mg/kg)	0.154	0.188	0.234	0.233	0.073
Toistettavuus (S_T)	0.017	0.017	0.014	0.024	0.010
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	11.111	9.052	6.038	10.523	13.680
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	0.048	0.048	0.040	0.069	0.028
Uusittavuus (S_R)	0.030	0.017	0.054	0.033	0.046
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	19.443	9.223	22.990	14.247	62.689
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.084	0.048	0.151	0.093	0.128

Taulukko 21. Kadium (Cd)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	11	11	11	11	8
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	22	22	22	22	15
Keskiarvo (mg/l)	0.087	0.090	0.149	0.126	0.011
Toistettavuus (S_T)	0.008	0.005	0.010	0.002	0.001
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	9.195	5.556	6.729	1.587	13.084
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	0.022	0.014	0.028	0.006	0.004
Uusittavuus (S_R)	0.045	0.043	0.066	0.033	0.006
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	52.144	47.441	44.638	26.343	52.201
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.126	0.120	0.186	0.093	0.016

Taulukko 22. Kromi (Cr)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	12	13	13	12
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	2	2	1	1	2
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	24	24	26	25	23
Keskiarvo (mg/kg)	80.033	86.321	94.931	36.644	74.083
Toistettavuus (S_r)	1.126	1.271	2.190	1.755	1.275
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	1.407	1.472	2.307	4.789	1.721
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	3.153	3.558	6.132	4.914	3.571
Uusittavuus (S_R)	21.146	26.100	28.677	10.342	20.919
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	26.422	30.236	30.209	28.224	28.238
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	59.210	73.079	80.297	28.959	58.574

Taulukko 23. Kromi (Cr)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	10	9	8	10	10
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	2	3	1	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	20	18	16	20	20
Keskiarvo (mg/kg)	72.595	80.046	82.469	30.664	67.614
Toistettavuus (S_r)	2.743	1.708	1.260	1.601	1.484
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	3.778	2.133	1.528	5.222	2.195
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	7.680	4.781	3.529	4.484	4.155
Uusittavuus (S_R)	11.936	15.242	22.460	9.780	12.053
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	16.442	19.042	27.234	31.894	17.826
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	33.420	42.678	62.887	27.384	33.748

Taulukko 24. Kromi (Cr)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	8	9	9	8	7
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	2	1	1	2	2
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	15	16	17	15	13
Keskiarvo (mg/l)	0.350	0.517	1.444	0.341	0.117
Toistettavuus (S_r)	0.028	0.041	0.079	0.032	0.034
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	8.081	7.977	5.453	9.292	29.608
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	0.079	0.115	0.221	0.089	0.097
Uusittavuus (S_R)	0.152	0.219	0.783	0.159	0.093
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	43.519	42.341	54.243	46.778	79.721
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.426	0.613	2.193	0.446	0.261

Taulukko 25. Kupari (Cu)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	13	13	13	14	14
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	1	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	26	26	26	28	28
Keskiarvo (mg/kg)	56.950	56.981	61.304	23.004	34.114
Toistettavuus (S_T)	1.050	1.176	0.893	1.255	0.819
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	1.760	2.064	1.460	5.454	2.401
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	2.939	3.292	2.501	3.513	2.293
Uusittavuus (S_R)	4.286	4.402	5.230	4.738	4.642
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	7.526	7.725	8.645	20.596	13.606
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	12.001	12.326	14.839	13.266	12.996

Taulukko 26. Kupari (Cu)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	12	12	12	12
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	24	24	24	24	24
Keskiarvo (mg/kg)	56.101	56.451	57.939	21.638	33.168
Toistettavuus (S_T)	1.252	0.844	1.348	0.529	0.903
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	2.231	1.495	2.327	2.446	2.721
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	3.505	2.363	3.776	1.482	2.527
Uusittavuus (S_R)	4.326	4.119	3.648	1.822	3.336
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	7.711	7.296	6.296	8.418	10.058
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	12.112	11.532	10.214	5.100	9.341

Taulukko 27. Kupari (Cu)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	10	10	10	9	10
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	1	2	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	19	19	18	17	19
Keskiarvo (mg/l)	12.450	9.632	13.488	6.211	0.512
Toistettavuus (S_T)	0.393	0.243	0.606	0.149	0.024
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	3.151	2.522	4.492	2.394	4.784
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_T$)	1.098	0.680	1.696	0.416	0.069
Uusittavuus (S_R)	1.517	0.897	1.987	0.914	0.109
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	12.183	9.307	14.732	14.714	21.211
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	4.247	2.510	5.564	2.559	0.304

Taulukko 28. Lyijy (Pb)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	12	11	12	12
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	2	1	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	24	24	22	24	24
Keskiarvo (mg/kg)	26.888	27.213	29.055	12.963	8.738
Toistettavuus (S_r)	0.920	0.957	0.832	1.098	0.311
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	3.423	3.516	2.864	8.470	3.559
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	2.577	2.680	2.330	3.074	0.870
Uusittavuus (S_R)	7.496	7.139	8.743	3.790	5.386
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	27.877	26.233	30.091	29.237	61.639
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	20.988	19.989	24.430	10.611	15.080

Taulukko 29. Lyijy (Pb)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	10	10	10	10	10
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	20	20	20	20	20
Keskiarvo (mg/kg)	27.707	28.563	29.850	14.036	10.209
Toistettavuus (S_r)	1.175	1.803	0.775	0.968	0.604
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	4.243	6.312	2.595	6.898	5.919
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	3.291	5.048	2.169	2.711	1.692
Uusittavuus (S_R)	8.517	8.247	8.458	3.028	5.623
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	30.741	28.873	28.335	21.574	55.079
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	23.849	23.092	23.683	9.167	15.744

Taulukko 30. Lyijy (Pb)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	9	8	9	9	8
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	2	3	2	2	3
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	18	15	18	17	16
Keskiarvo (mg/l)	5.843	4.921	6.204	1.942	0.819
Toistettavuus (S_r)	0.351	0.125	0.295	0.133	0.053
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	5.994	2.538	4.752	6.851	6.458
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	0.982	0.350	1.849	0.373	0.148
Uusittavuus (S_R)	0.866	0.739	1.054	0.462	0.136
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	14.814	15.011	16.985	23.801	16.554
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	2.426	2.068	2.951	1.294	0.380

Taulukko 31. Nikkeli (Ni)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	13	13	14	14	13
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	1	-	-	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	26	26	28	27	26
Keskiarvo (mg/kg)	48.327	54.208	54.096	20.007	31.962
Toistettavuus (S_r)	1.148	1.419	1.225	1.415	1.210
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	2.375	2.617	2.264	7.073	3.786
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	3.214	3.973	3.430	3.962	3.389
Uusittavuus (S_R)	8.031	9.365	9.382	5.406	5.966
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	16.619	17.276	17.344	27.023	18.666
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	22.488	26.223	26.270	15.138	16.704

Taulukko 32. Nikkeli (Ni)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	11	12	12	12	12
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	22	24	24	24	24
Keskiarvo (mg/kg)	45.665	50.911	53.490	19.900	31.293
Toistettavuus (S_r)	1.212	2.349	1.571	0.943	1.888
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	2.655	4.615	2.938	4.740	6.034
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	3.394	6.578	4.400	2.641	5.287
Uusittavuus (S_R)	8.059	6.795	5.973	5.413	5.846
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	17.647	13.346	10.651	27.201	18.682
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	22.564	19.025	15.952	15.157	16.369

Taulukko 33. Nikkeli (Ni)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	10	11	10	11	
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	1	-	1	-	
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	19	21	19	21	
Keskiarvo (mg/l)	1.660	1.664	3.724	1.175	
Toistettavuus (S_r)	0.068	0.126	0.094	0.060	
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	4.086	7.554	2.534	5.106	
Toistettavuusraja ($r=2.8 \times S_r$)	0.190	0.352	0.264	0.168	
Uusittavuus (S_R)	0.552	0.489	1.472	0.314	
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	33.253	29.355	39.534	26.724	
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	1.546	1.368	4.122	0.879	

Taulukko 34. Sinkki (Zn)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	14	12	13	12
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	2	-	2	1	2
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	24	28	24	26	24
Keskiarvo (mg/kg)	153.346	150.871	99.246	74.046	91.583
Toistettavuus (S_T)	3.380	4.031	1.113	1.773	1.052
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	2.204	2.672	1.121	2.394	1.149
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	9.465	11.286	3.116	4.965	2.944
Uusittavuus (S_R)	14.913	19.019	10.128	8.484	5.929
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	9.725	12.606	10.205	11.458	6.474
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	41.756	53.252	28.376	23.756	16.602

Taulukko 35. Sinkki (Zn)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	12	11	12	12	11
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	1	-	-	1
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	24	22	24	24	22
Keskiarvo (mg/kg)	147.874	142.025	95.589	66.106	83.651
Toistettavuus (S_T)	4.530	2.497	1.500	1.034	1.157
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	3.063	1.758	1.569	1.564	1.383
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	12.683	6.992	4.200	2.896	3.240
Uusittavuus (S_R)	13.584	9.364	6.018	5.198	9.746
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	9.186	6.593	6.296	7.862	11.651
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	38.036	26.220	16.851	14.553	27.289

Taulukko 36. Sinkki (Zn)/AAAc-EDTA.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	11	10	11	11	8
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	1	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	21	19	21	21	15
Keskiarvo (mg/l)	10.933	3.934	1.527	1.306	0.177
Toistettavuus (S_T)	0.884	0.098	0.063	0.114	0.020
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	8.089	10.003	4.142	8.764	11.299
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	2.476	1.102	0.177	0.320	0.056
Uusittavuus (S_R)	2.075	0.635	0.325	0.212	0.072
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	18.975	16.149	21.291	16.261	40.678
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	5.809	1.779	0.910	0.595	0.202

Taulukko 37. Elohopea (Hg)/AR.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	4	4	4	4	4
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	7	8	8	8	8
Keskiarvo (mg/kg)	0.056	0.065	0.115	0.052	0.023
Toistettavuus (S_T)	0.006	0.005	0.012	0.004	0.004
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	10.336	7.769	10.511	7.131	16.556
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	0.016	0.014	0.034	0.010	0.011
Uusittavuus (S_R)	0.009	0.020	0.032	0.017	0.006
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	16.071	30.769	27.498	32.692	26.087
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.025	0.056	0.089	0.048	0.016

Taulukko 38. Elohopea (Hg)/SFS 3044.

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	4	4	4	4	4
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	-	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	8	8	8	8	8
Keskiarvo (mg/kg)	0.043	0.053	0.085	0.044	0.020
Toistettavuus (S_T)	0.007	0.002	0.006	0.004	0.002
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	16.649	3.335	7.168	8.714	7.906
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	0.020	0.005	0.017	0.011	0.004
Uusittavuus (S_R)	0.011	0.017	0.033	0.013	0.005
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	26.719	31.851	39.019	30.404	25.900
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.032	0.047	0.093	0.037	0.015

Taulukko 39. pH(H₂O.)

Vertailumaanäyte	1	2	3	4	5
Hyväksytyjen laboratoriodien lukumäärä	18	18	18	17	18
Hylättyjen laboratoriodien lukumäärä	-	-	-	1	-
Hyväksytyjen tulosten lukumäärä	36	36	36	34	36
Keskiarvo	6.782	6.897	5.682	5.577	6.256
Toistettavuus (S_T)	0.024	0.030	0.033	0.010	0.032
Toistettavuuden vaihtelukerroin (%)	0.361	0.435	0.584	0.179	0.505
Toistettavuusraja ($t=2.8 \times S_T$)	0.069	0.084	0.093	0.028	0.089
Uusittavuus (S_R)	0.173	0.204	0.209	0.162	0.240
Uusittavuuden vaihtelukerroin (%)	2.545	2.957	3.679	2.913	3.802
Uusittavuusraja ($R=2.8 \times S_R$)	0.483	0.571	0.585	0.455	0.671

Taulukko 40. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset raskasmetallipitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä (AR = kuningasvesi; SFS 3044 = väkevä typpihappo ja AAAC-EDTA = hapan ammoniumasetaatti-EDTA) ja raskasmetallien uuttuneet määrät (%) verrattuna kuningasvesiuuttoon. (Ka = keskiarvo.)

Uutto	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Ka	Hg
AR, mg/kg	0.229 (100%)	74.40 (100%)	46.47 (100%)	20.97 (100%)	41.7 (100%)	113.8 (100%)	49.6 (100%)	0.062 (100%)
SFS 3044, mg/kg	0.176 (77.2%)	66.68 (89.6%)	45.06 (97.0%)	22.07 (105.3%)	40.3 (96.5%)	107.1 (94.1%)	46.9 (93.3%)	0.049 (79.0%)
AAAc-EDTA, mg/l	0.093 (40.5%)	0.55 (0.7%)	8.46 (18.2%)	3.95 (18.8%)	2.1 * (4.9%)	3.6 (3.1%)	3.1 (14.4%)	

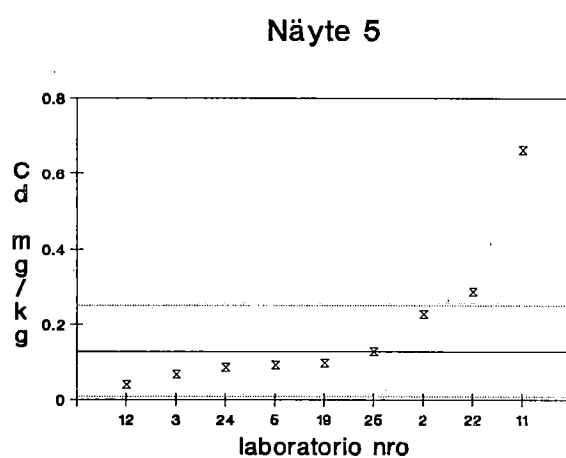
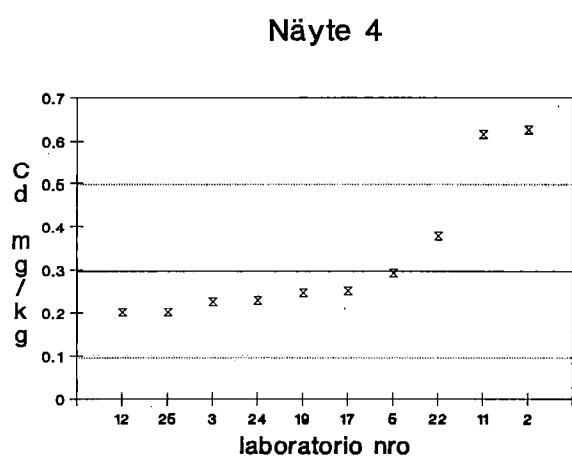
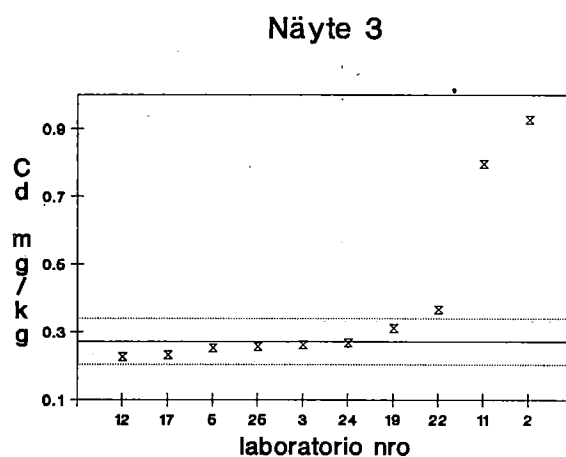
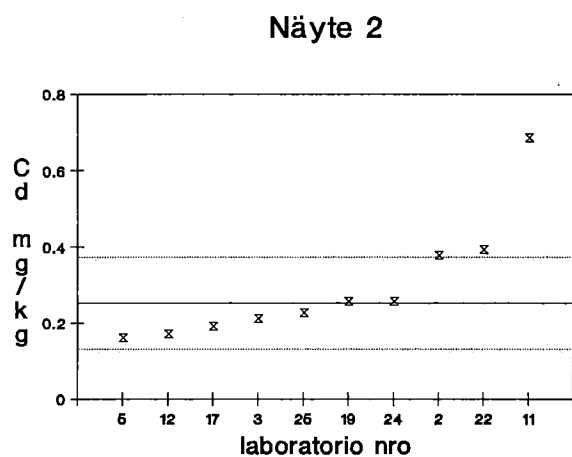
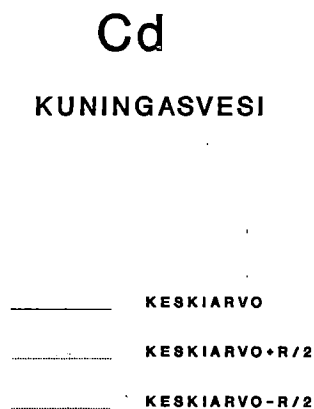
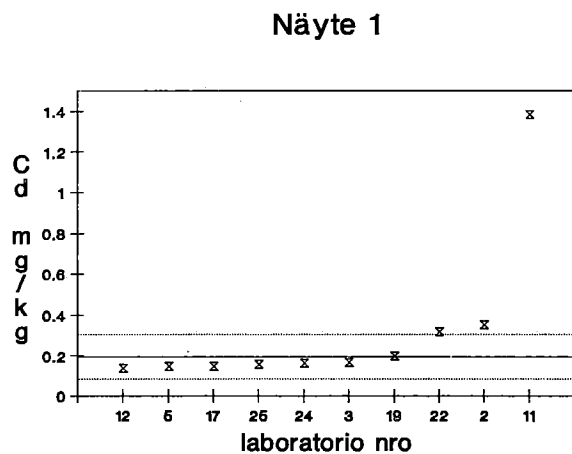
Taulukko 41. Viidestä vertailumaanäytteestä kolmella eri uuttomenetelmällä (AR = kuningasvesi; SFS 3044 = väkevä typpihappo ja AAAC-EDTA = hapan ammoniumasetaatti-EDTA) tehtyjen raskasmetallimääritysten toistettavuuden (= laboratorion sisäisen hajonnan) keskimääräiset vaihtelukertoimet (%). (Ka = keskiarvo.)

Uutto	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Ka	Hg
AR	7.8	2.3	2.6	4.4	3.6	1.9	3.8	10.5
SFS 3044	10.1	3.0	2.2	5.2	4.2	1.9	4.4	8.7
AAAc-EDTA	7.3	12.1	3.5	5.3	4.8 *	8.5	6.9	

Taulukko 42. Viidestä vertailumaanäytteestä kolmella eri uuttomenetelmällä (AR = kuningasvesi; SFS 3044 = väkevä typpihappo ja AAAC-EDTA = hapan ammoniumasetaatti-EDTA) tehtyjen raskasmetallimääritysten uusittavuuden (= laboratorioroiden välisen hajonnan) keskimääräiset vaihtelukertoimet (%). (Ka = keskiarvo.)

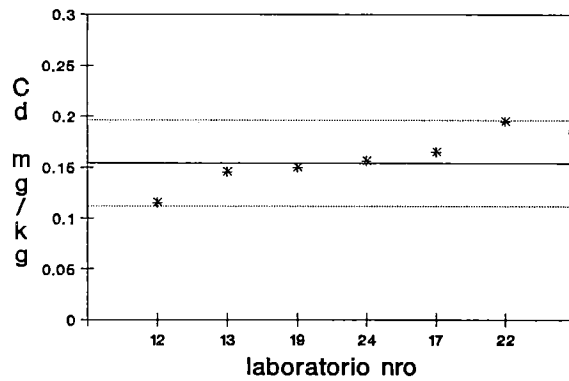
Uutto	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Ka	Hg
AR	41.9	28.6	11.6	35.0	19.4	10.1	24.4	26.6
SFS 3044	25.7	22.5	8.0	32.9	17.5	8.3	19.2	30.8
AAAc-EDTA	44.5	53.3	14.4	17.4	32.2 *	22.7	30.8	

* 4 näytettä.



Kuva 1. Laboratorioiden saamat kadiumpitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

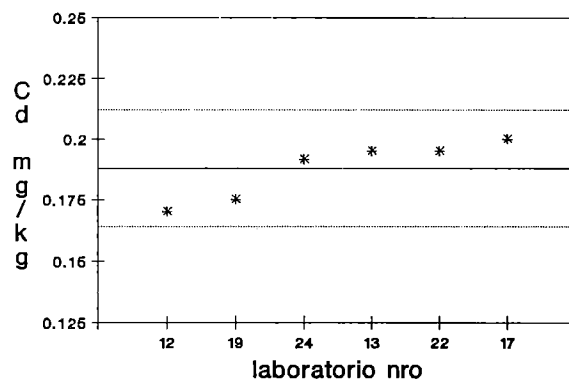


Cd

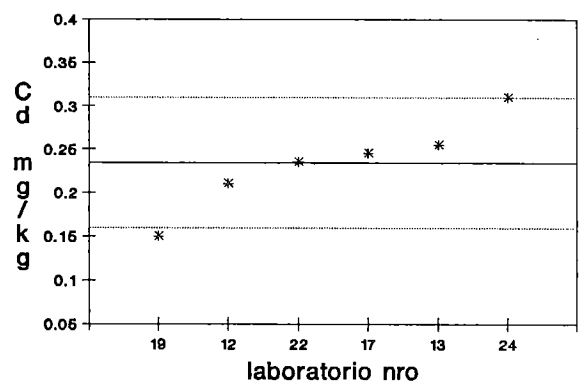
SFS 3044

— KESKIARVO
 KESKIARVO+R/2
 KESKIARVO-R/2

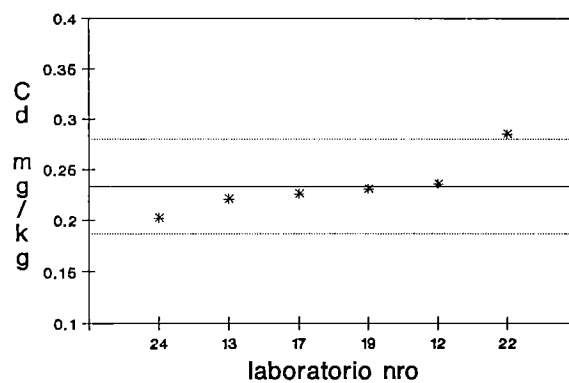
Näyte 2



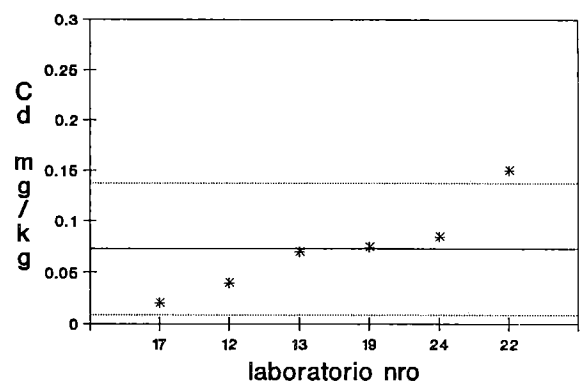
Näyte 3



Näyte 4

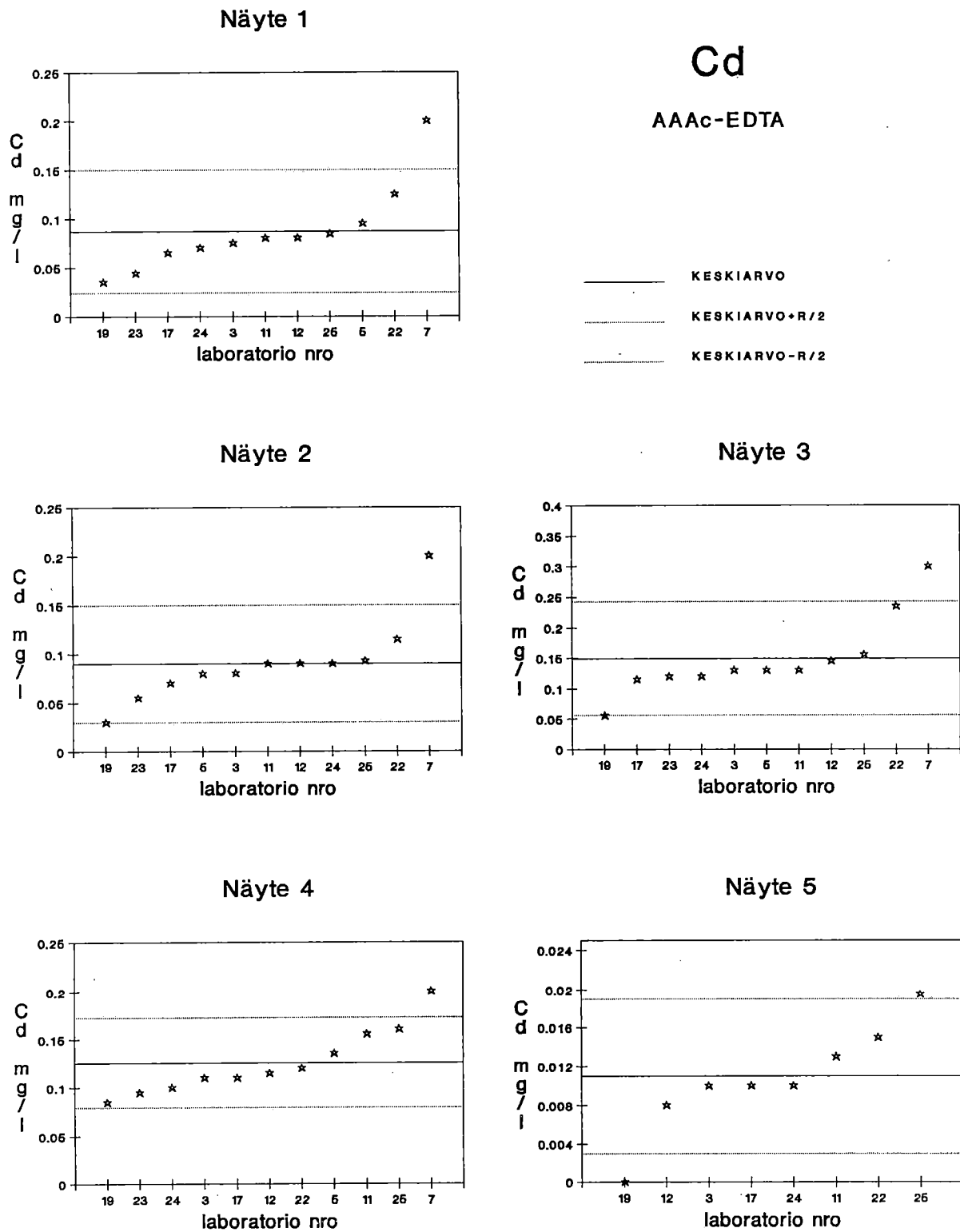


Näyte 5



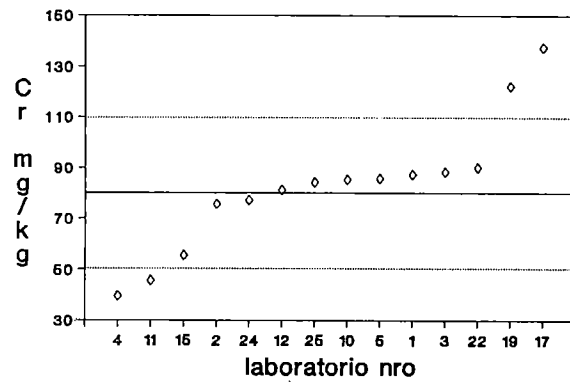
LABORATORIO 16 JÄTETTY POIS

Kuva 2. Laboratorioiden saamat kadiumpitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.



Kuva 3. Laboratorioiden saamat kadiumpitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen hapanta ammoniumasetatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

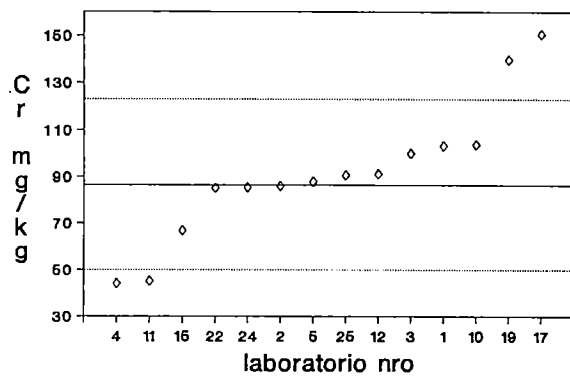
Näyte 1



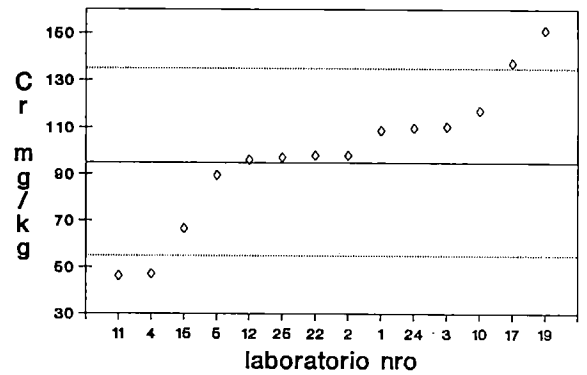
Cr
KUNINGASVESI

— KESKIARVO
 - - - KESKIARVO + R/2
 - - - KESKIARVO - R/2

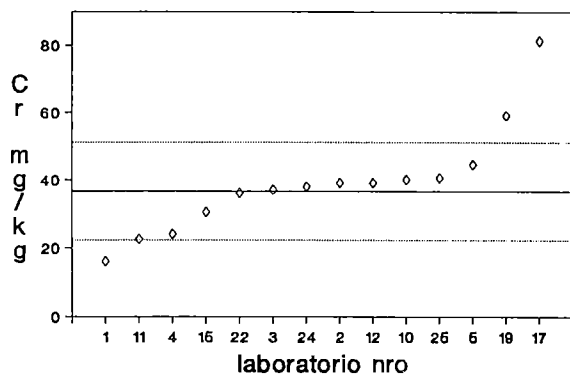
Näyte 2



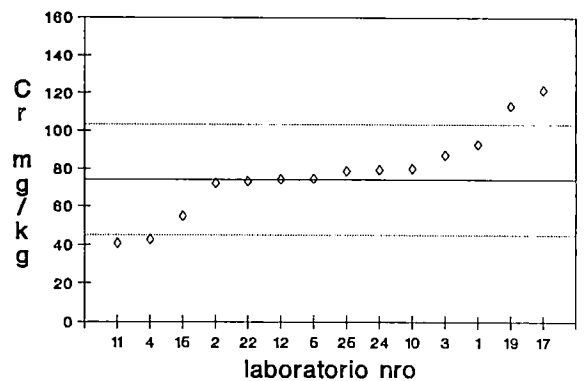
Näyte 3



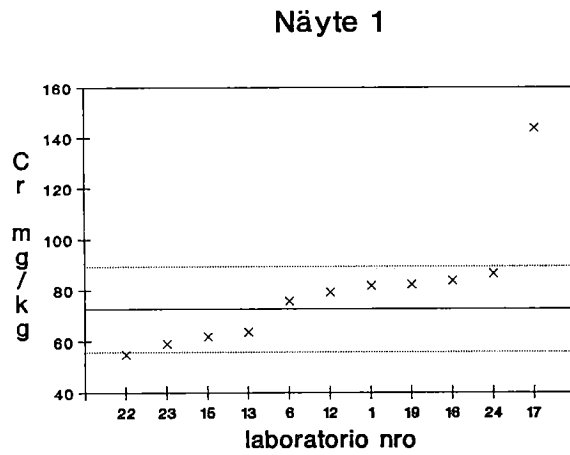
Näyte 4



Näyte 5

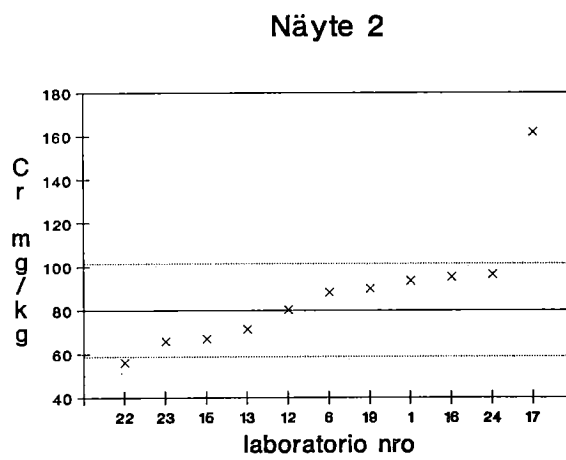


Kuva 4. Laboratorioiden saamat kromipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

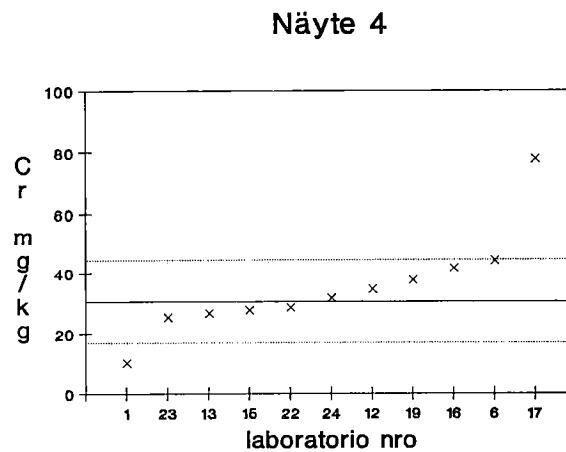
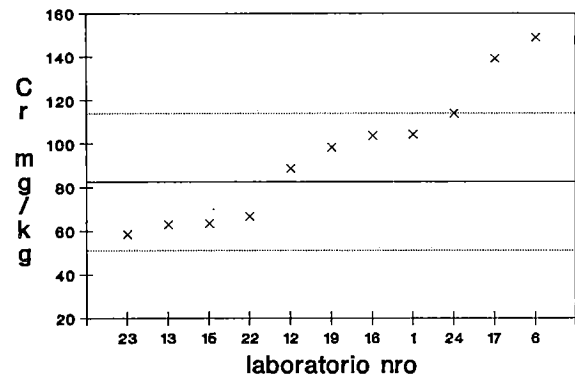


Cr
SFS 3044

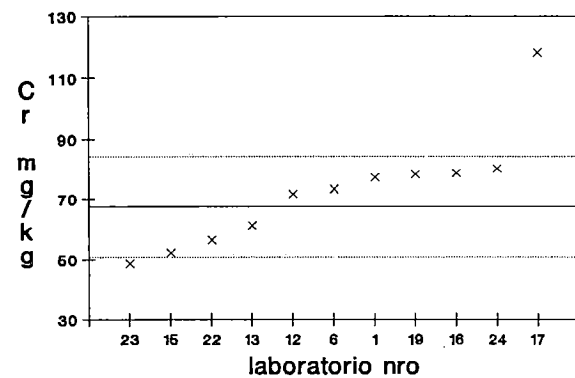
— KESKIARVO
- - - KESKIARVO+R/2
- - - KESKIARVO-R/2



Näyte 3

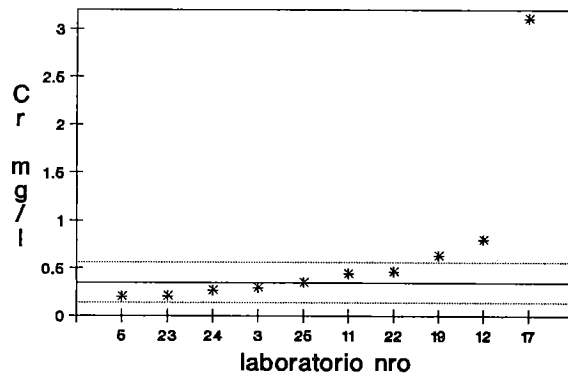


Näyte 5



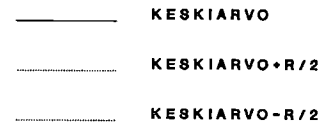
Kuva 5. Laboratorioiden saamat kromipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

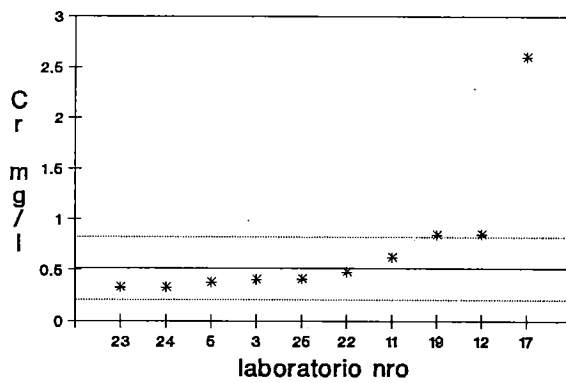


Cr

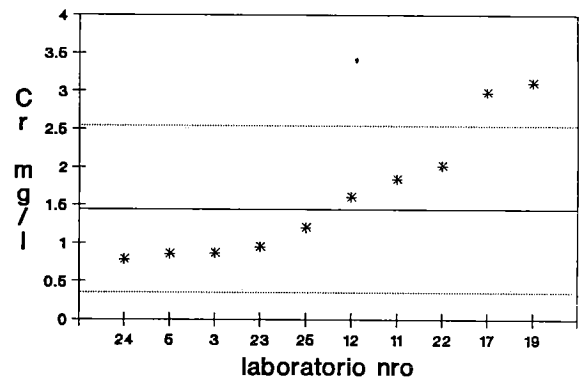
AAAc-EDTA



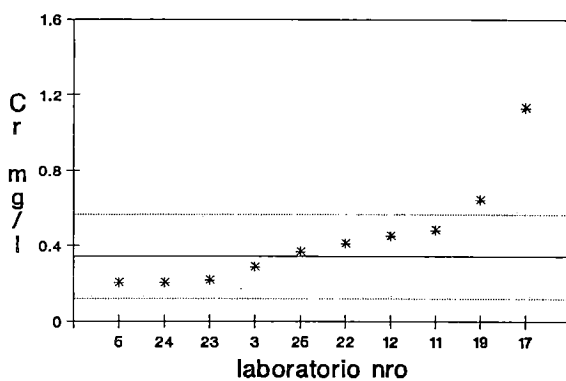
Näyte 2



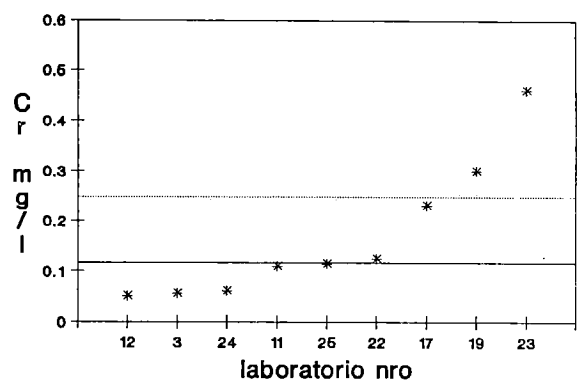
Näyte 3



Näyte 4

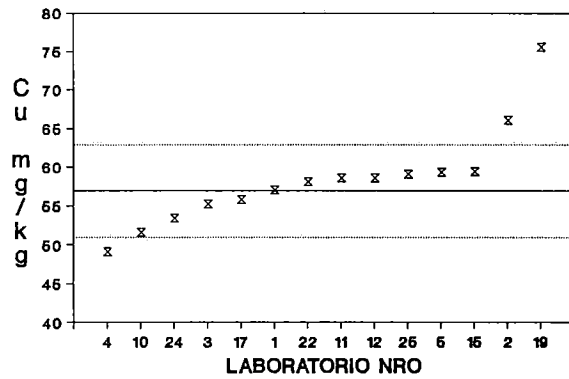


Näyte 5



Kuva 6. Laboratorioiden saamat kromipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen hapanta ammoniumasetaatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

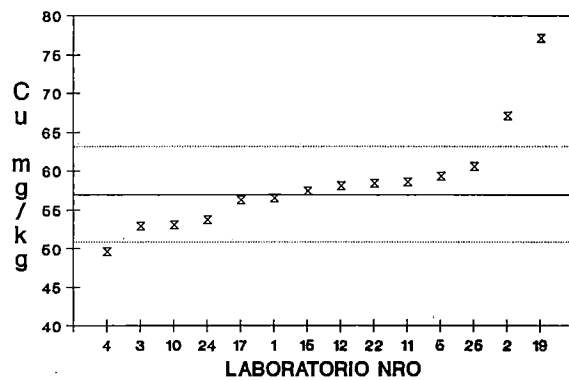


Cu

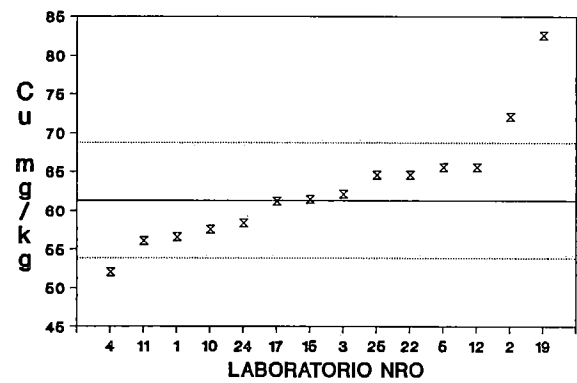
KUNINGASVESI

— KESKIARVO
 KESKIARVO + R/2
 KESKIARVO - R/2

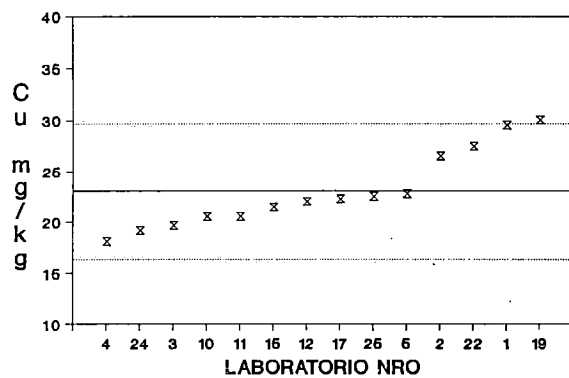
Näyte 2



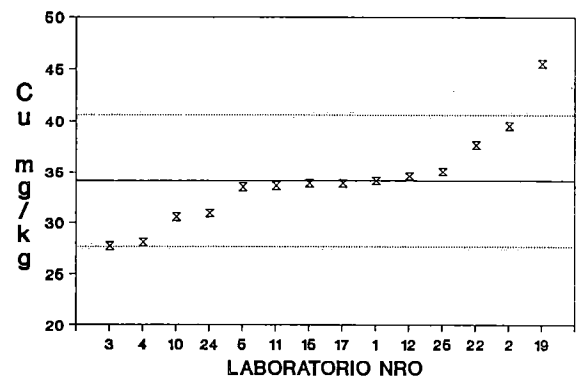
Näyte 3



Näyte 4

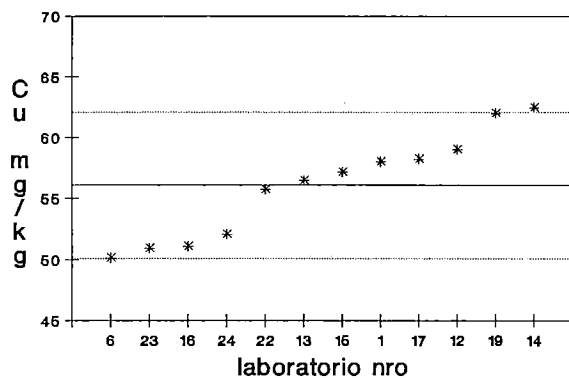


Näyte 5



Kuva 7. Laboratorioiden saamat kuparipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

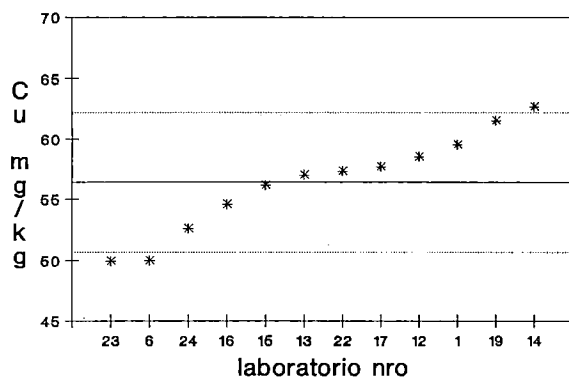
Näyte 1



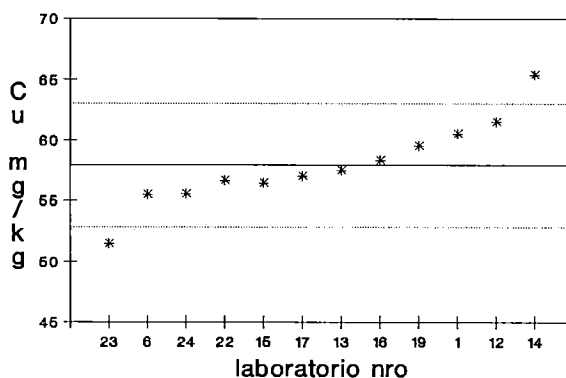
Cu
SFS 3044

— KESKIARVO
 KESKIARVO+R/2
 KESKIARVO-R/2

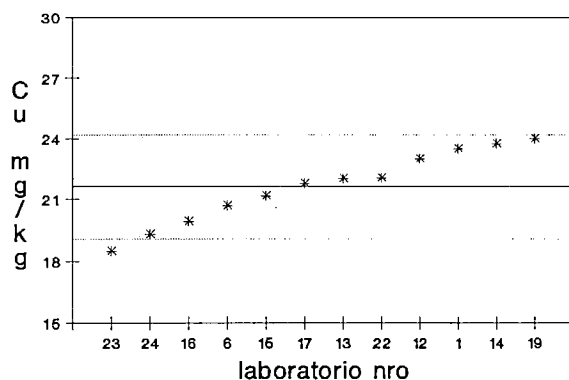
Näyte 2



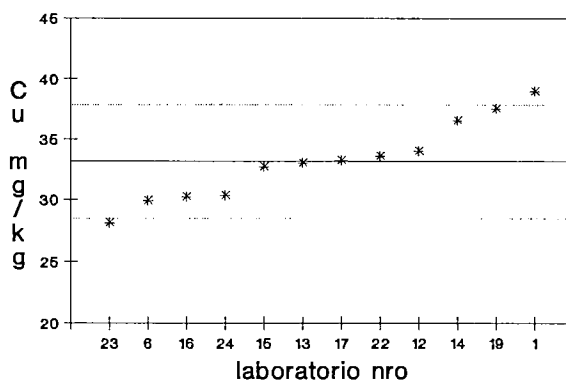
Näyte 3



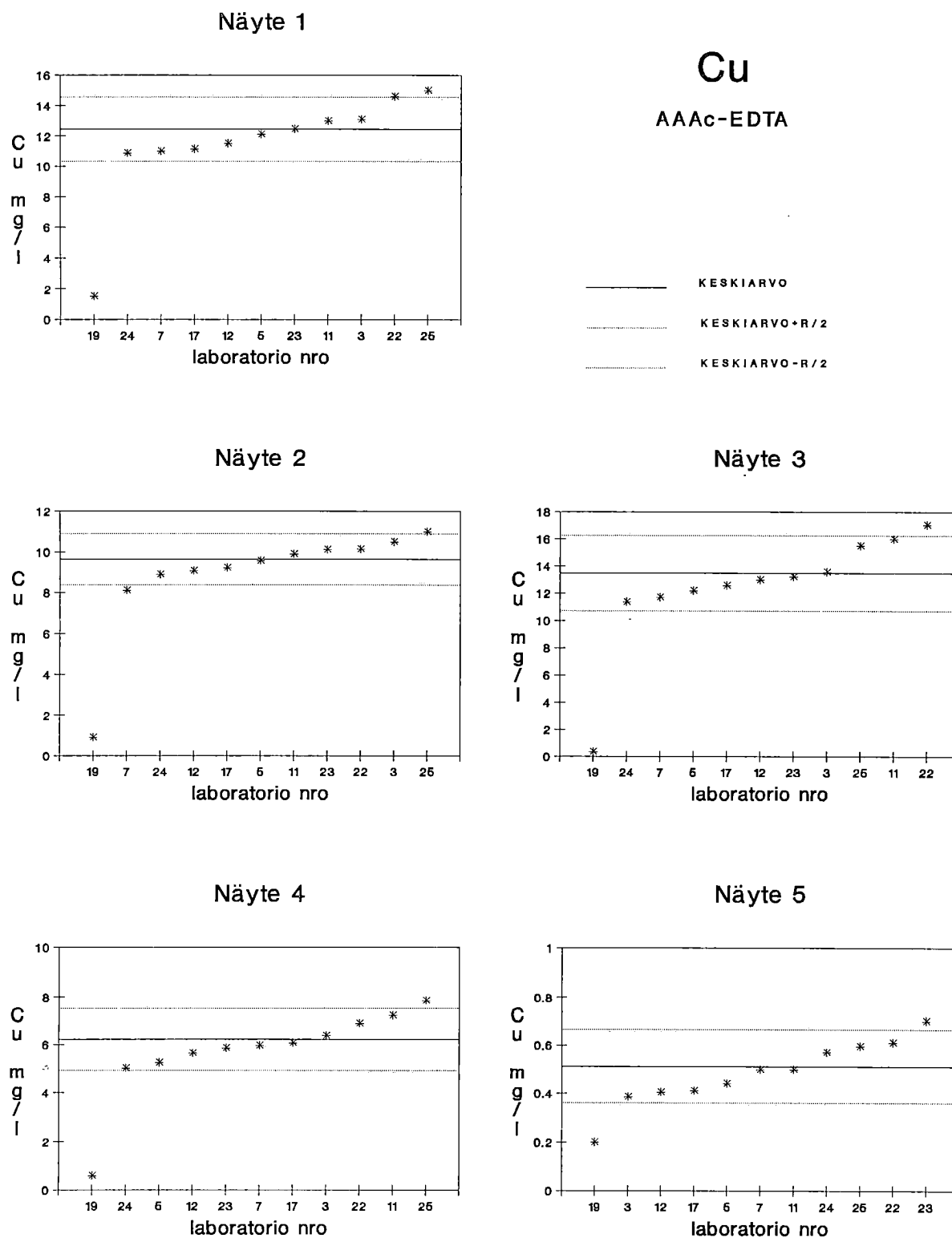
Näyte 4



Näyte 5

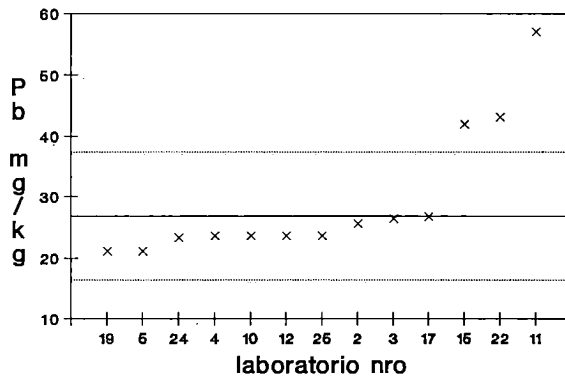


Kuva 8. Laboratorioiden saamat kuparipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.



Kuva 9. Laboratorioiden saamat kuparipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen hapanta ammoniumasetaatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

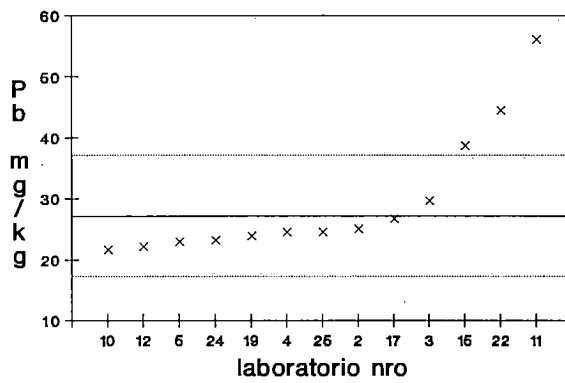
Näyte 1



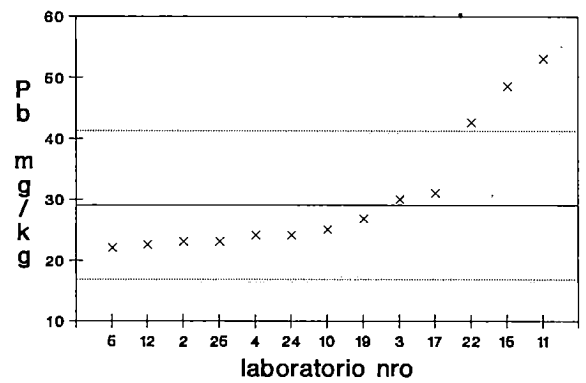
Pb
KUNINGASVESI

— KESKIARVO
 KESKIARVO+R/2
 KESKIARVO-R/2

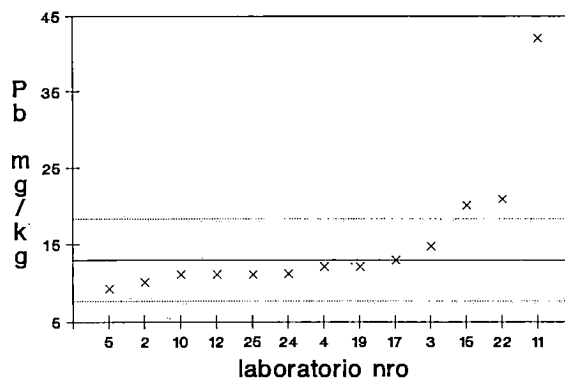
Näyte 2



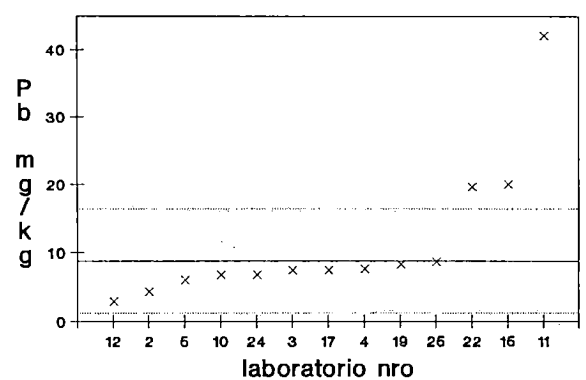
Näyte 3



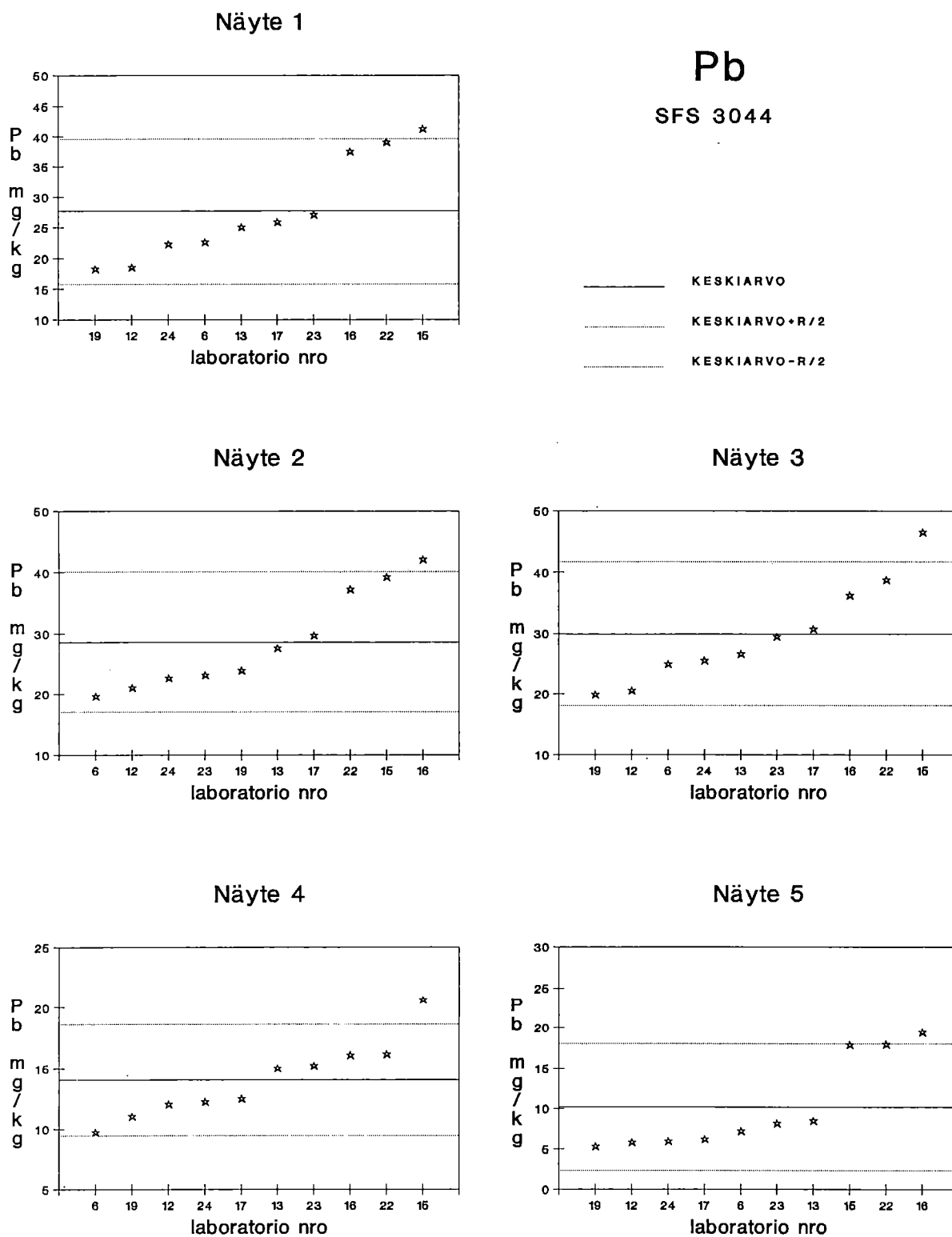
Näyte 4



Näyte 5

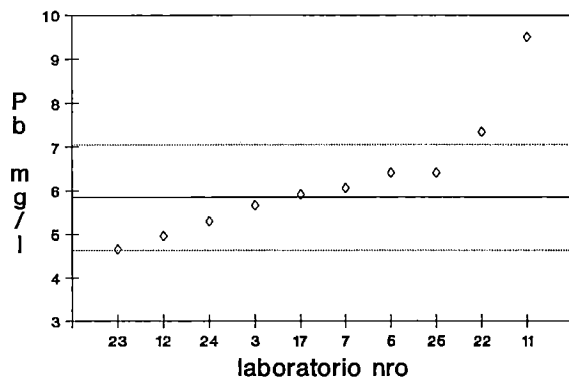


Kuva 10. Laboratorioiden saamat lyijypitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uut-tamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (kes-kiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.



Kuva 11. Laboratorioiden saamat liyypitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uut-
tamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pi-
toisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

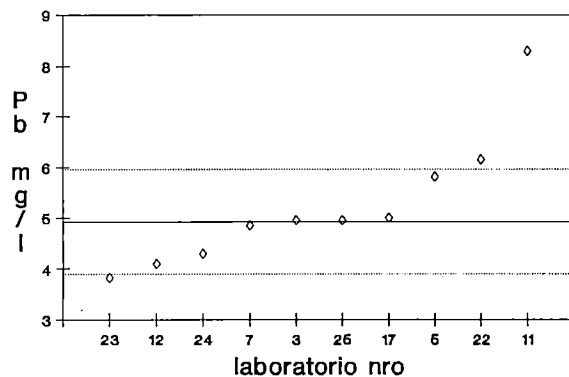


Pb

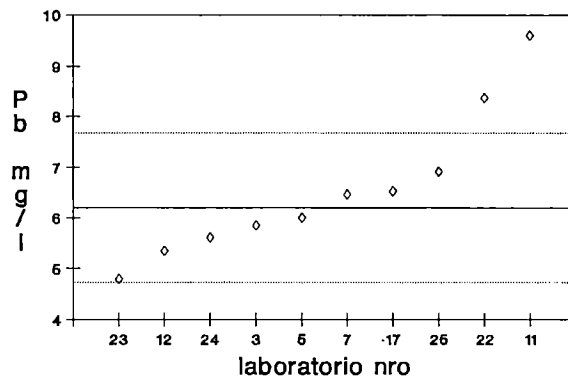
AAAc-EDTA

— KESKIARVO
 - - - KESKIARVO+R/2
 - - - KESKIARVO-R/2

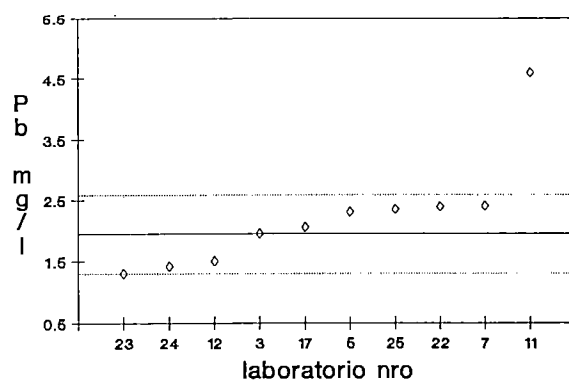
Näyte 2



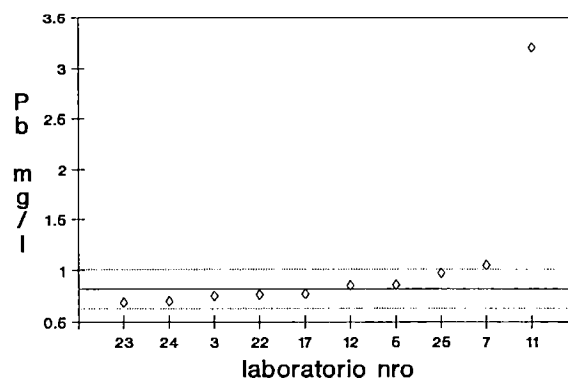
Näyte 3



Näyte 4

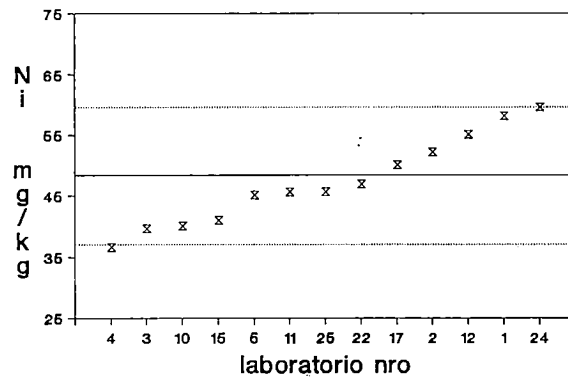


Näyte 5



Kuva 12. Laboratorioiden saamat liijypitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uut-tamiseen hapanta ammoniumasetaatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näyt-teiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

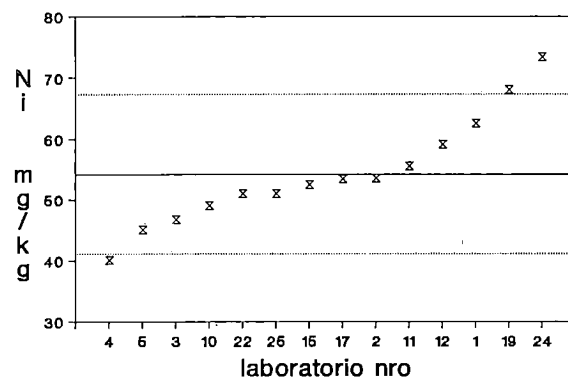


Ni

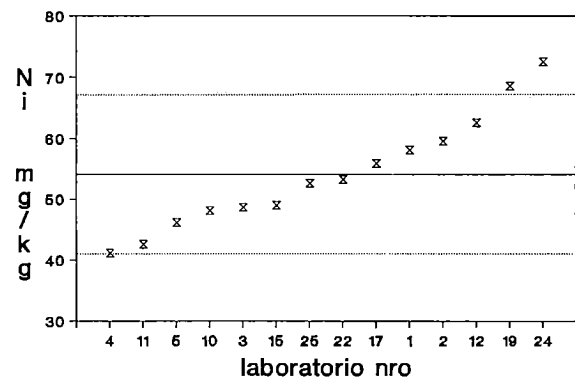
KUNINGASVESI



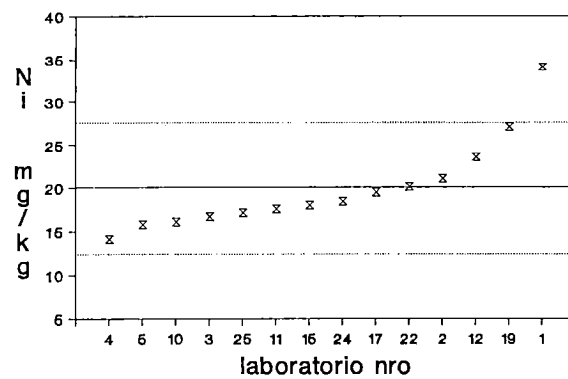
Näyte 2



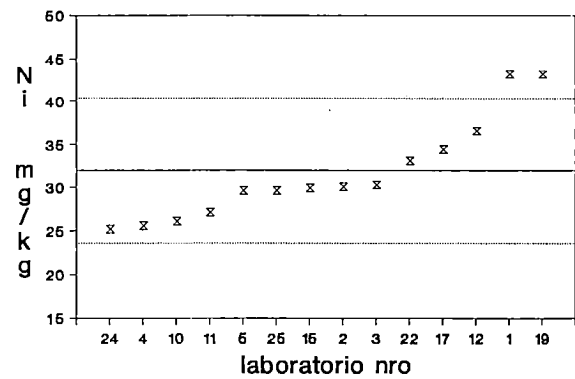
Näyte 3



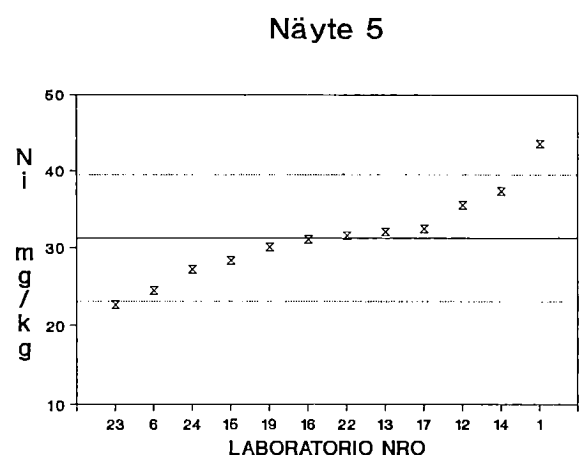
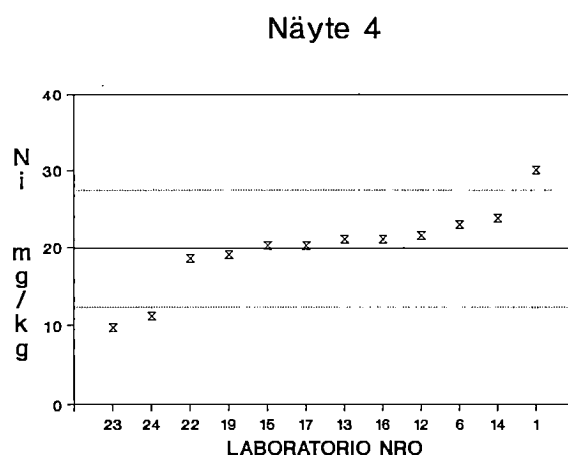
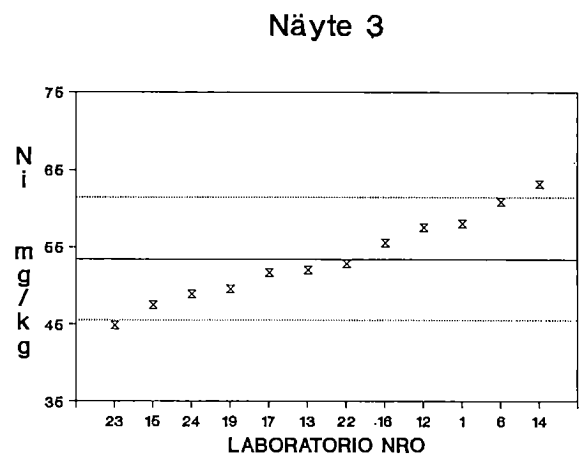
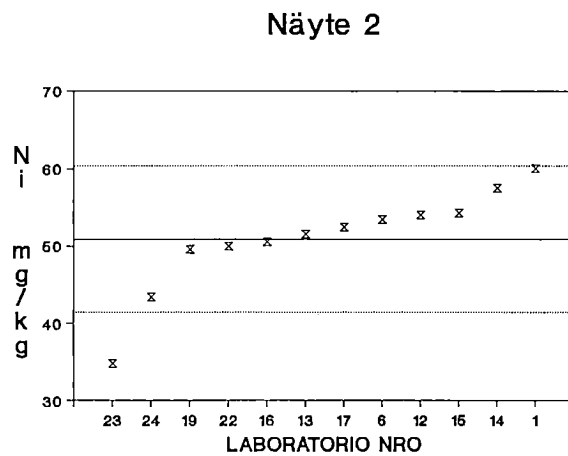
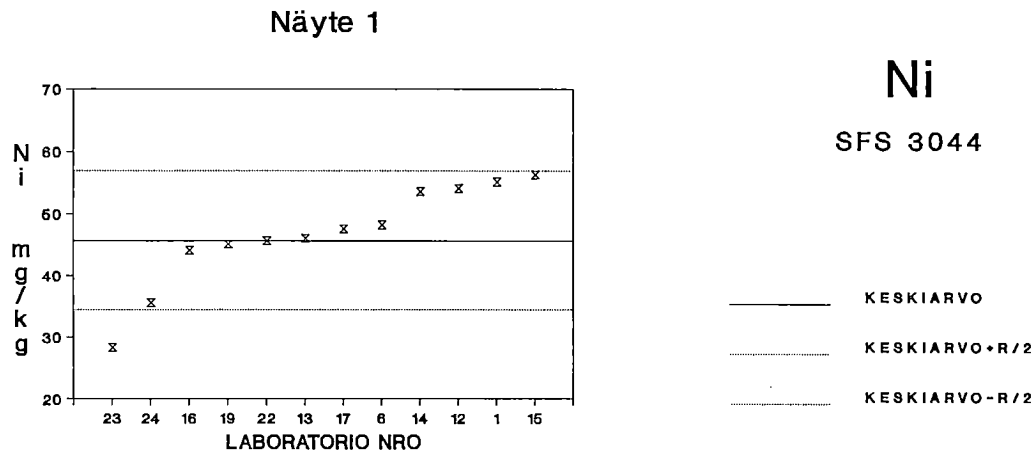
Näyte 4



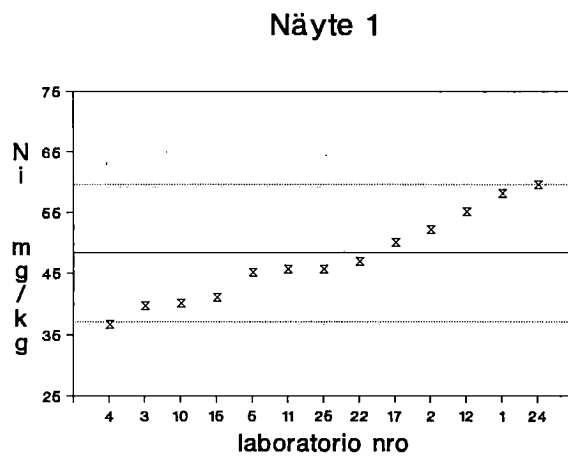
Näyte 5



Kuva 13. Laboratorioiden saamat nikkelipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

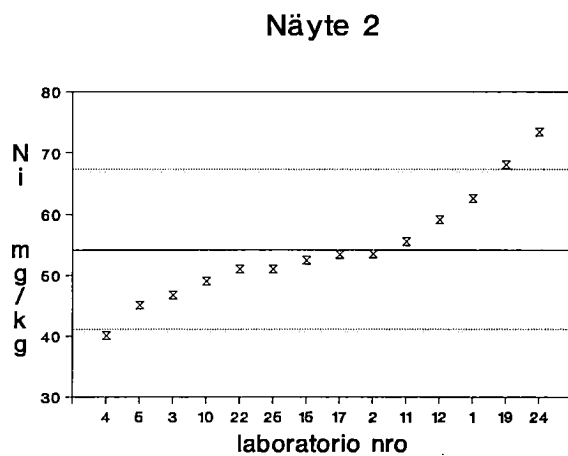


Kuva 14. Laboratorioiden saamat nikkelpitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

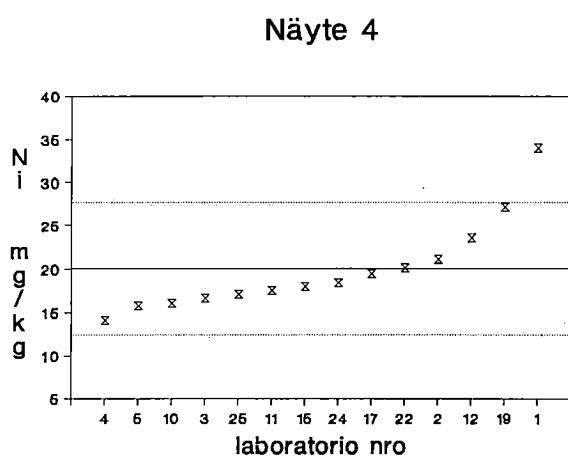
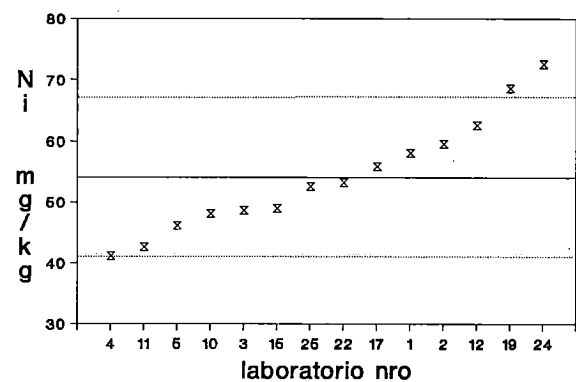


Ni
AAAc-EDTA

— KESKIJARVO
 KESKIJARVO+R/2
 -.-.- KESKIJARVO-R/2

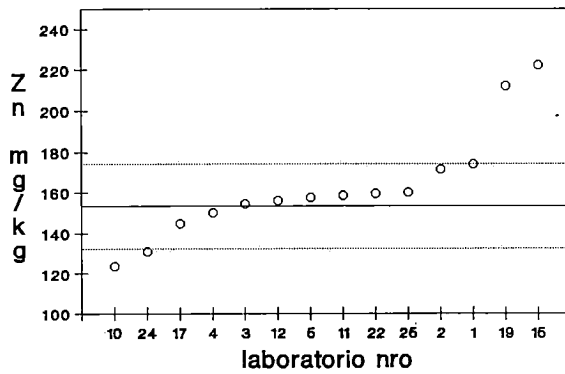


Näyte 3



Kuva 15. Laboratorioiden saamat nikkelpitoisuudet neljälle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen hapanta ammoniumasetaatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

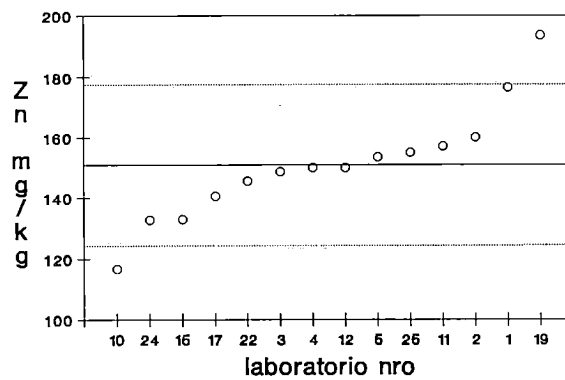


Zn

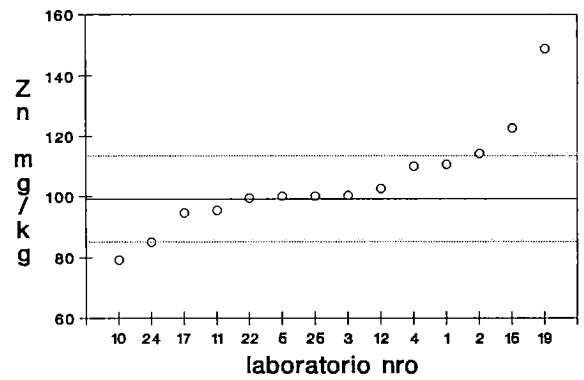
KUNINGASVESI



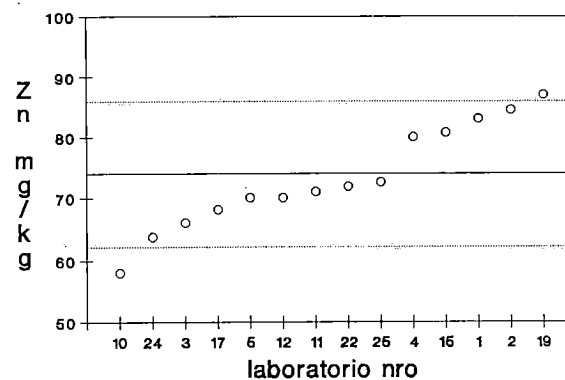
Näyte 2



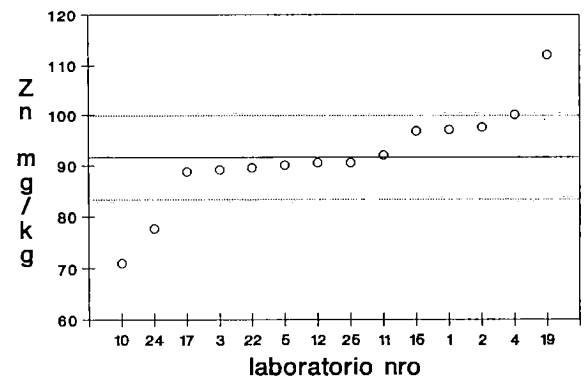
Näyte 3



Näyte 4

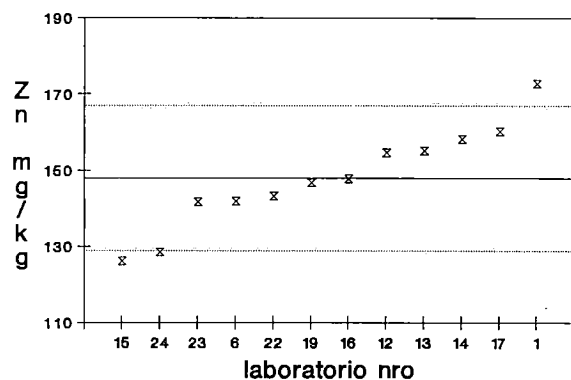


Näyte 5



Kuva 16. Laboratorioiden saamat sinkkipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

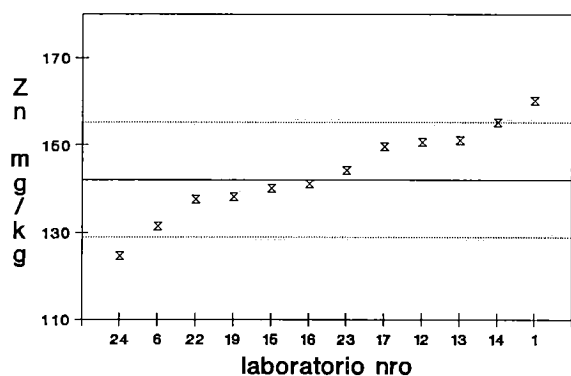


Zn

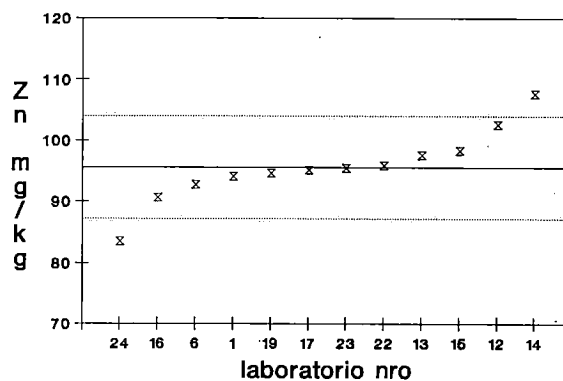
SFS 3044

— KESKIARVO
 KESKIARVO+R/2
 KESKIARVO-R/2

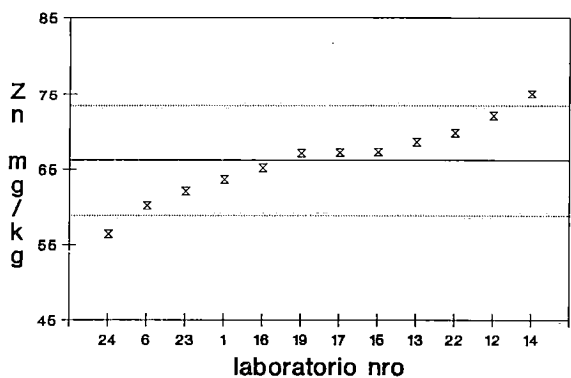
Näyte 2



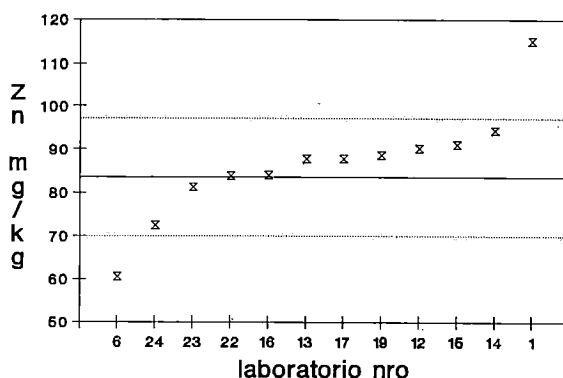
Näyte 3



Näyte 4

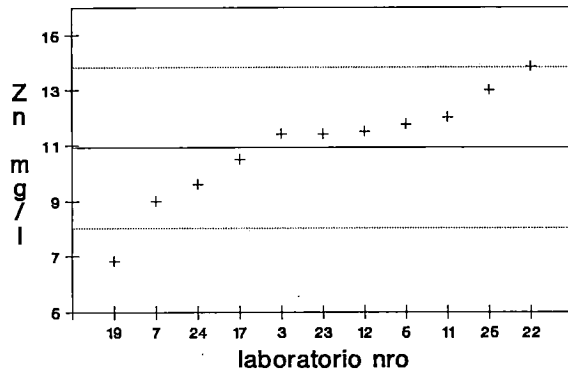


Näyte 5



Kuva 17. Laboratorioiden saamat sinkkipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

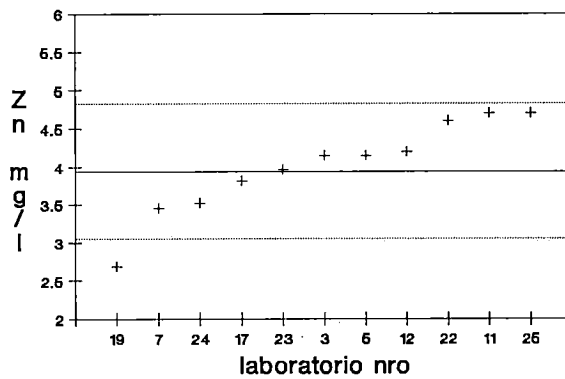


Zn

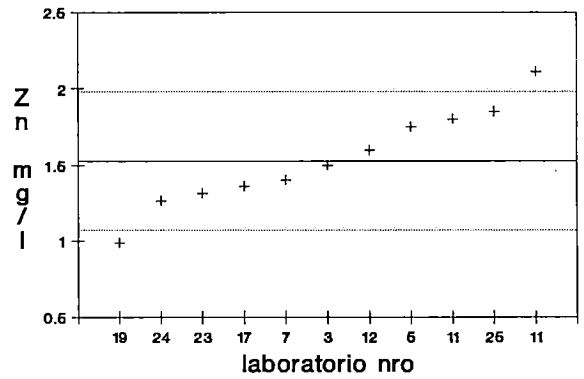
AAAc-EDTA

———— KESKIARVO
 - - - - - KESKIARVO+R/2
 KESKIARVO-R/2

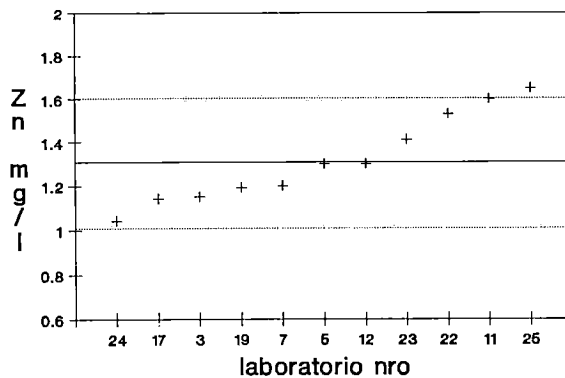
Näyte 2



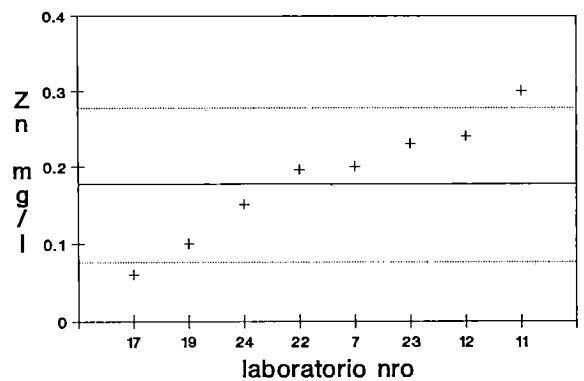
Näyte 3



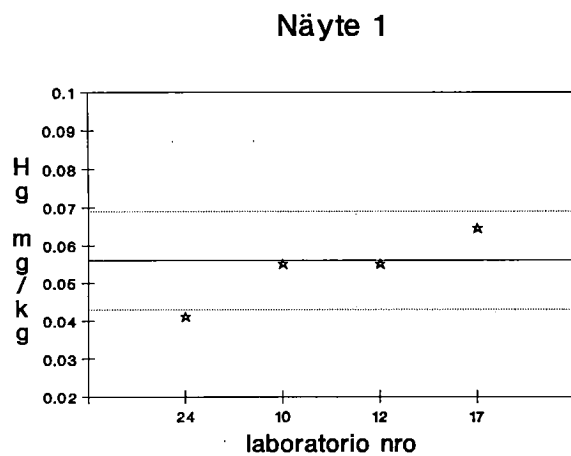
Näyte 4



Näyte 5

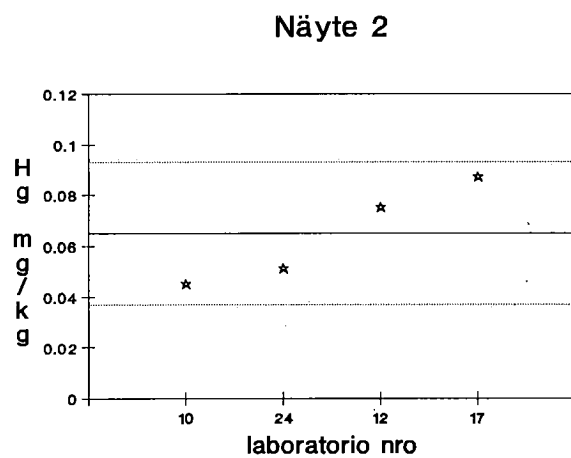


Kuva 18. Laboratorioiden saamat sinkkipitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen hapanta ammoniumasettaatti-EDTA:ta (AAAc-EDTA). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

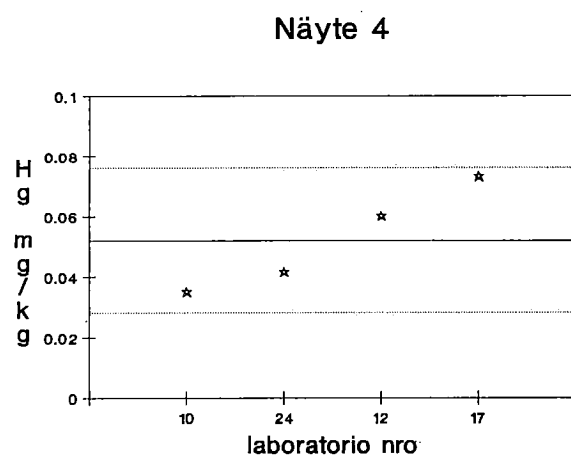
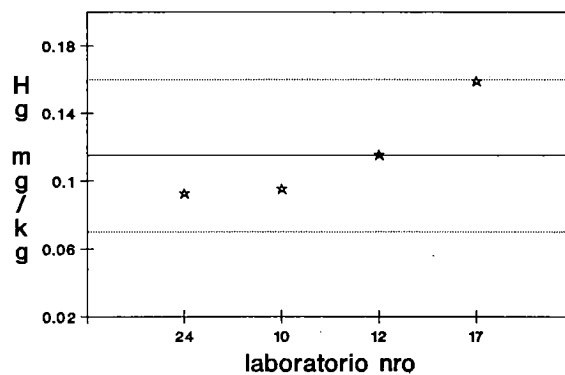


Hg
KUNINGASVESI

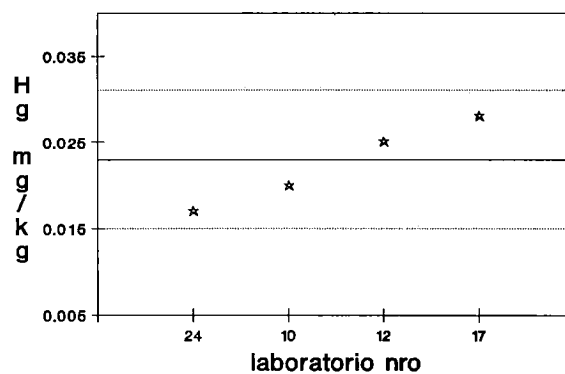
— KESKIARVO
 KESKIARVO+R/2
 - - - - KESKIARVO-R/2



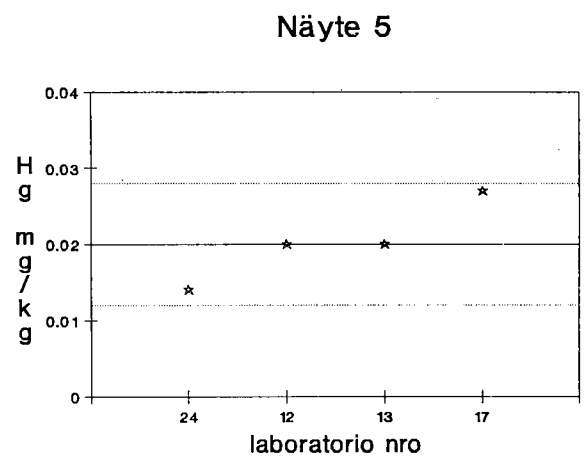
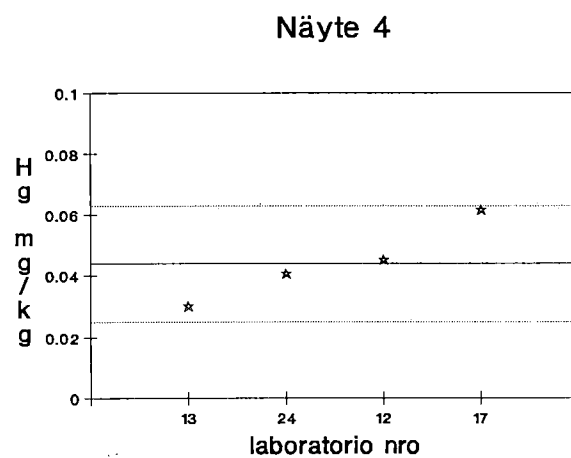
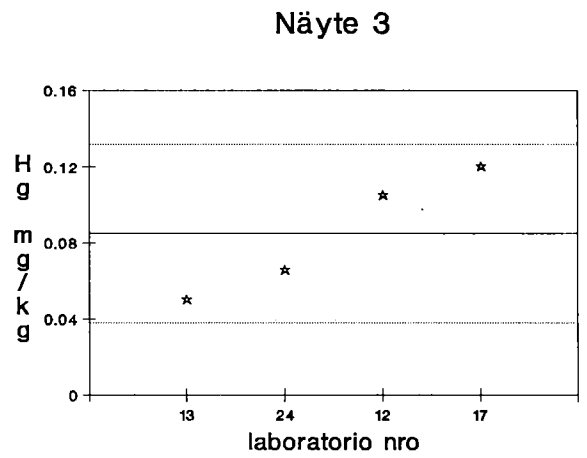
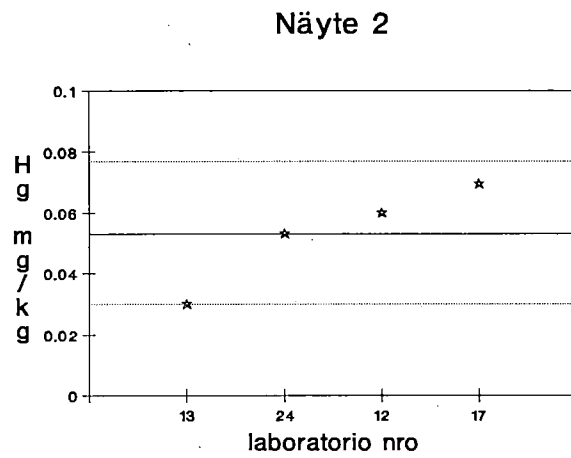
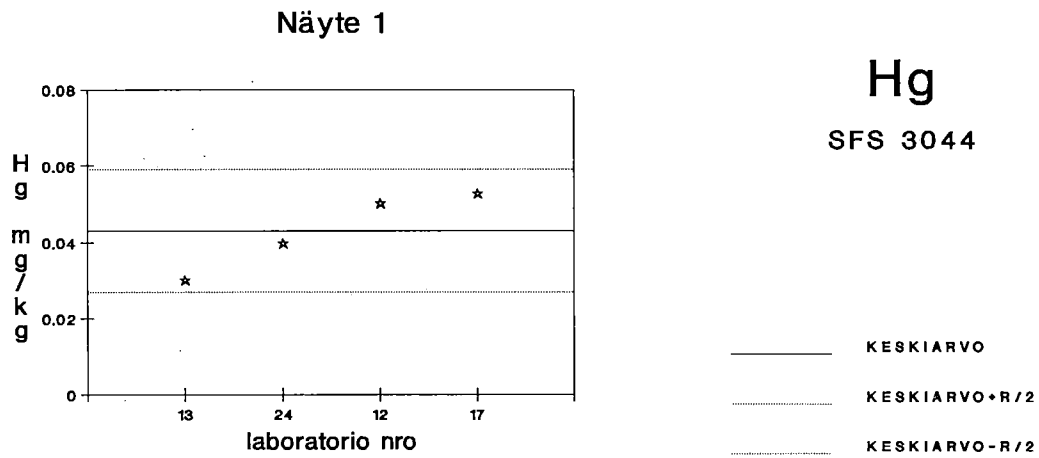
Näyte 3



Näyte 5

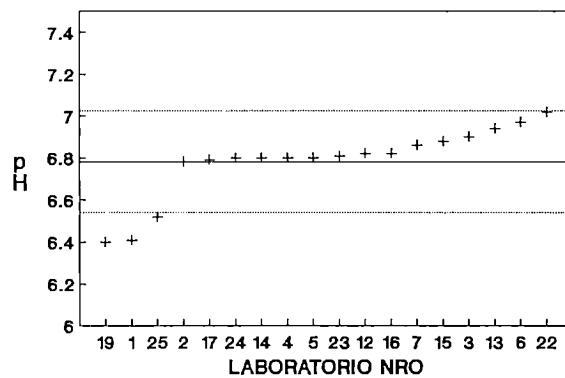


Kuva 19. Laboratorioiden saamat elohopeapitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseksi kuningasvettä (AR). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.



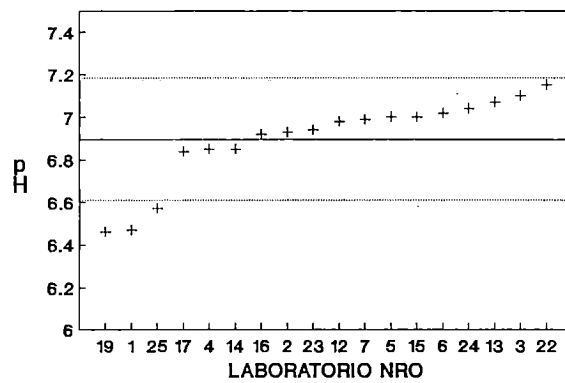
Kuva 20. Laboratorioiden saamat elohopeapitoisuudet viidelle vertailumaanäytteelle käyttäen uuttamiseen väkevää typpihappoa (SFS 3044). Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen pitoisuus (keskiarvo) ja pitoisuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.

Näyte 1

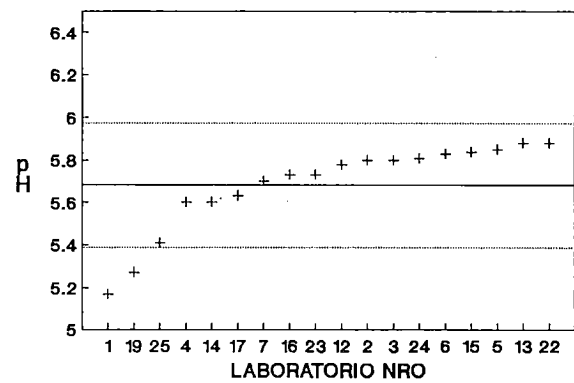
pH(H₂O)

— KESKIJARVO
 KESKIJARVO+R/2
 KESKIJARVO-R/2

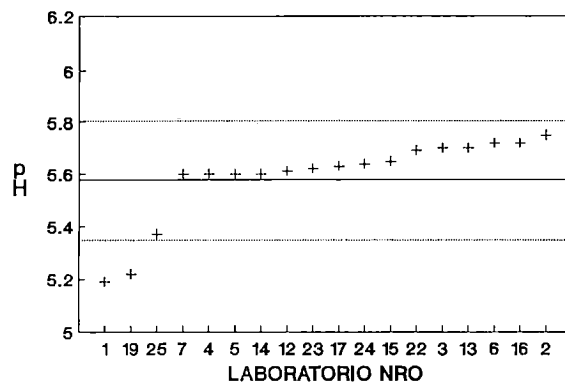
Näyte 2



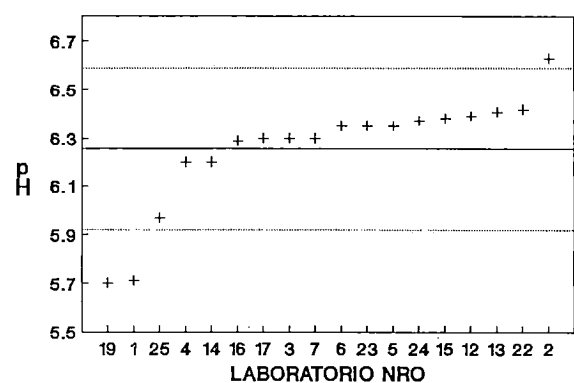
Näyte 3



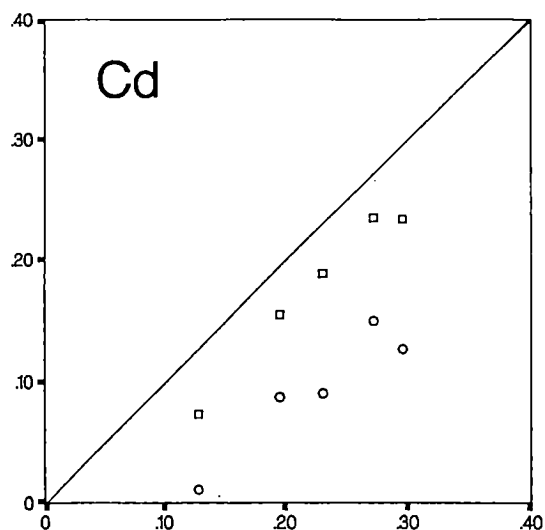
Näyte 4



Näyte 5

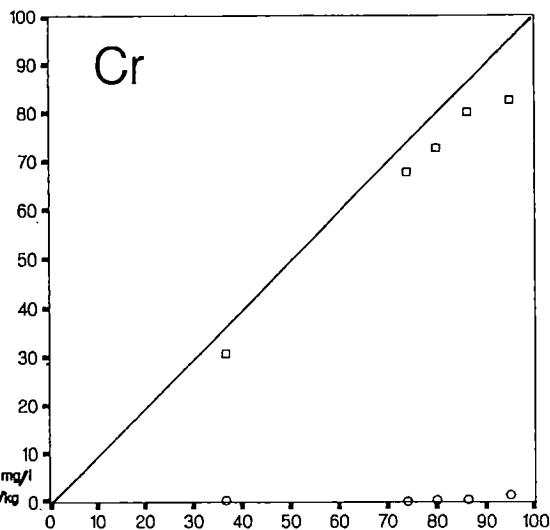


Kuva 21. Laboratorioiden saamat happamuusarvot, pH (H₂O), viidelle vertailumaanäytteelle. Kuvasta käy ilmi myös näytteiden teoreettinen happamuus (keskiarvo) ja happamuuden hyväksyttävyyden ylä- ja alaraja.



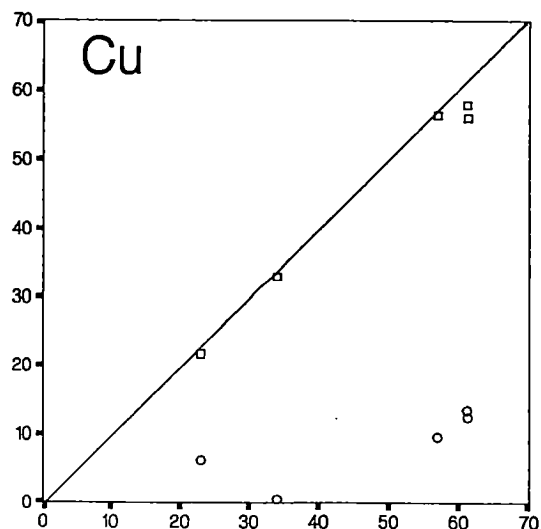
AR, mg/kg

Kuva 22. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset kadiumpitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.



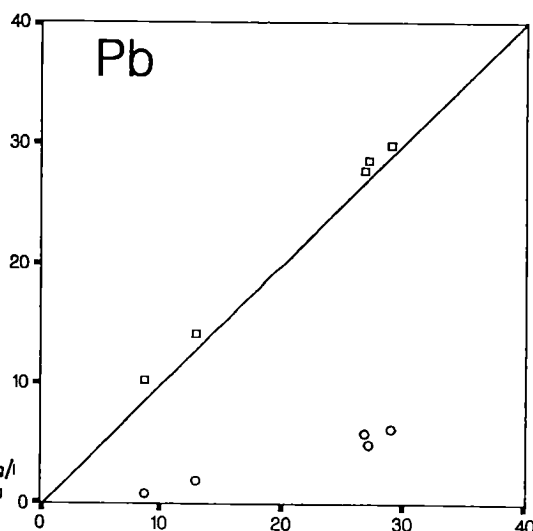
AR, mg/kg

Kuva 23. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset kromipitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.



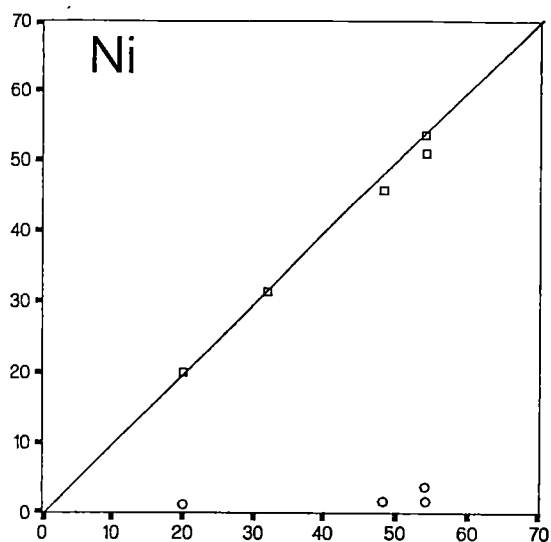
AR, mg/kg

Kuva 24. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset kuparipitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.

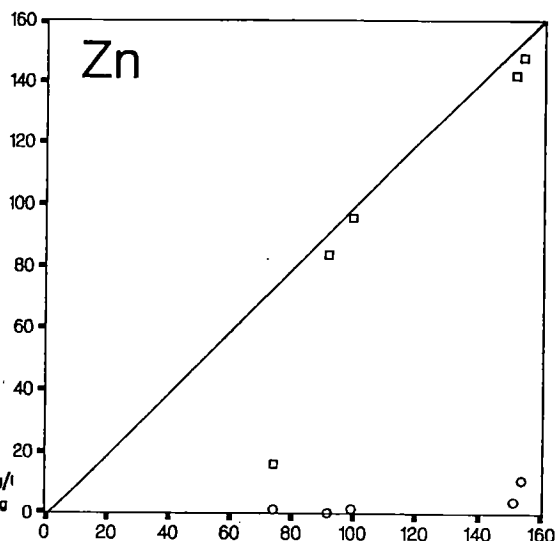


AR, mg/kg

Kuva 25. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset lyijypitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.



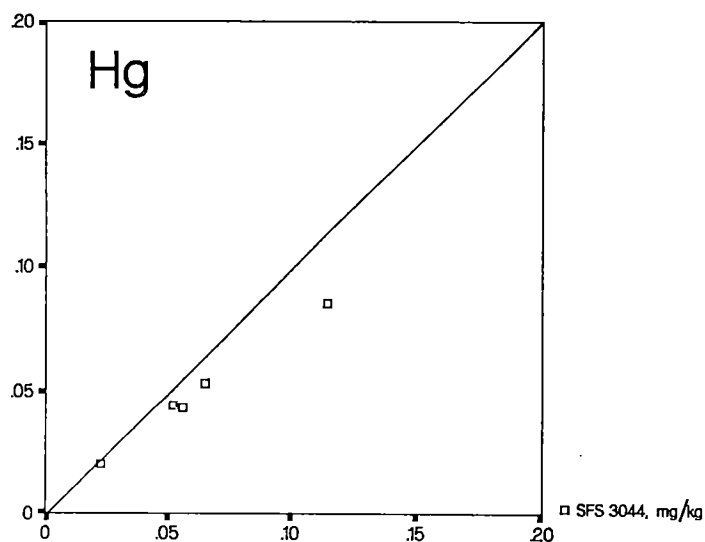
AR, mg/kg



AR, mg/kg

Kuva 26. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset nikkelipitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.

Kuva 27. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset sinkkipitoisuudet kolmella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä, SFS 3044 = väkevällä typpihapolla ja AAAC-EDTA = happamalla ammoniumasetaatti-EDTA:lla.



AR, mg/kg

Kuva 28. Viiden vertailumaanäytteen keskimääräiset elohopeapitoisuudet kahdella eri uuttomenetelmällä, AR = kuningasvedellä ja SFS 3044 = väkevällä typpihapolla.

Maatalouden tutkimuskeskus
Ympäristön tutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
Puh. 916-88111/vaihde
Telefax 916-88396

KUNINGASVESI-UUTTO MAANÄYTTEELLE

Punnitse 1 gramma esikäsiteltyä maata 200 millilitran keittopulloon. Lisää pieni määrä (2-3 ml) deionisoitua vettä. Tämän jälkeen lisää ensin 7,5 ml väkevää suolahappoa (tiheys 1,19 grammaa/millilitra) ja sen jälkeen 2,5 ml väkevää typpihappoa (tiheys 1,4 grammaa/millilitra). Seisota huoneenlämmössä kellonlasilla peitetynä yön yli (vähintään 12 tuntia). Yhdistä pystyjäähdyttävä keittopulloon ja keitä seosta hiljalleen 2 tuntia. Anna seoksen sen jälkeen hitaasti jäähtyä noin huoneenlämpötilaan. Huuhtelee jäähdyttävä korkeintaan 30 millilitralla deionisoitua vettä. Huuhteluvesi lisätään keittopulloon. Irroita jäähdyttävä keittopullostasi. Suodata seos happoa kestävän suodatinpaperin läpi (suodatin valittava siten, että suodos jää kirkkaaksi) 100 millilitran mittapulloon. Huuhtelee suodatin ja sakka 5 kertaa 10 millilitralla lämmintä (noin 50 °C) 2 M typpihappoa. Anna liuoksen jäähtyä ja täytä mittapullo deionisoidulla vedellä merkkiin. Tästä liuoksesta mitataan raskasmetallit.

Maatalouden tutkimuskeskus
Ympäristön tutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
Puh. 916-88111/vaihde
Telefax 916-88396

Liite 2.

RASKASMETALLIEN UUTTO MAANÄYTTEESTÄ HAPPAMALLA AMMONIUM-
ASETAATTI-EDTA:LLA

Reagenssit:

1. CH_3COOH , 100 % (Merck, Art. 63).
2. NH_4OH , 25 % ($=\text{NH}_3$ -liuos, 25 %, Merck, Art. 5432, p.a.).
3. Na_2EDTA (EDTA, ethylenediaminetetracetic acid, Titriplex III, Merck, Art. 8418, p.a.).

Hapan ammonium-asettaatti (AAAc-EDTA) -uuttoneeste, 0,5 M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 0,5 M CH_3COOH , 0,02 M Na_2EDTA , valmistetaan laimentamalla 571 ml CH_3COOH :ta, 373 ml NH_4OH :ta ja 74,4 g Na_2EDTA :ta 10 litraksi deionisoidulla vedellä. pH säädetään 4,65:een etikkahapolla tai ammoniumhydroksidilla.

Suoritus:

25 ml:aan maata lisätään 250 ml AAAC-EDTA-uuttonestettä (uuttosuhte 1 : 10). Suspensiota huiskutetaan (end over end, 27 r.p.m.) yhden tunnin ajan. Tämän jälkeen suspensio suodatetaan käyttäen suodatinpaperina Whatman No. 42. Raskasmetallit mitataan suodoksesta.

Kirjallisuusviite

LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223-232.

Maatalouden tutkimuskeskus
Ympäristön tutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
Puh. 916-88111/vaihde
Telefax 916-88396

pH(H₂O):n MÄÄRITTÄMINEN MAANÄYTTEESTÄ

Maanäytteen happamuus, pH(H₂O) , määritetään valmistamalla esikäsitellystä maanäytteestä maa-vesi-suspensio suhteessa 1 : 2,5 siten, että 25 millilitraan maata lisätään 62,5 millilitraa deionisoitua vettä. Tämän jälkeen suspensio sekoitetaan ja astia peitetään muovikalvolla. Suspension annetaan seistä yön yli. Tämän jälkeen suspensiota sekoitetaan lasisauvalla ja pH-mittaus tehdään pH-mittarilla välittömästi sekoituksen jälkeen.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–86 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenk korkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. P. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. P. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. P. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. P. 67-134.
9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984–1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. P. 1-8.
Domestic Varieties. P. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. P. 1-17.
- Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. P. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. P. 1-27.
PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. P. 28-62.

Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.

15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. P. 1-17.
JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. P. 18-37.
JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. P. 38-47.
JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. P. 48-62.
JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. P. 63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. P. 1-8.
HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. P. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympärys Rhizobium-bakteerilla. *Inoculation of red clover by Rhizobium strain.* 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. *Comparison of forages in the feeding of growing ayrshire bulls.* P. 1-40.
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. *Different levels of concentrate supply in straw-based feeding of growing ayrshire bulls.* P. 41-66.
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. *Benzoic acid as silage preservative.* P. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.
23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. *Phenological study on the trees, bushes and arable peat land.* 120 p. + 5 liitettä.

3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. P. 1-15.
- Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 16-18.
- Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 19-23.
- Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. P. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperaisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. *Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink.* P. 1-13.
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. *Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox.* P. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. P. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. P. 23-34.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 6 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.
12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumiskokeet. P. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhykejakoehdotus. P. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. P. 1-15.
- Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. P. 16-24.

19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan lietalannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TALVITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätiljojen satoon ja laatuun: kuuden koivuoden tulokset. *Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: results after six years.* P. 1-61.
PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. *Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soil.* P. 62-167.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988. 147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.
5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetaimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPI, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.
11. **Öljykasvien viljelyn edistäminen.** Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. 95 p. Toimittanut KATRI PAHKALA.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan *Ficus pumila* L. pistokkaiden juurrutuksessa. P. 2-6.
JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. P. 7-22.
JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. P. 23-34.
PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. P. 35-38.

14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. *Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink.* P. 1-17.
ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. *Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents.* P. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutusjätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. 54 p.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. P. 1-24.
- Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. P. 26-48.
- Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. P. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.
21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.
23. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikassäilörehu ohran korvaajana kasvavien aysonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 2-43.
TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Naattinauriin juurisäilörehu ohran korvaajana kasvavien aysonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 44-66.

1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätiljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y. & PIETILÄ, E. Laari-kevätheinä. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L., RINNE, S.-L., HIIVOLA, S.-L., SIMOJOKI, P., SIPPOLA, J. & TALVITIE, H. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.

7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena. P. 1-11.
- Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina. P. 12-18.
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59 p.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93 p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. P. 1-29.
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. P. 31-42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 1-24
- Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely. P. 25-32.
- Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 33-37.

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983-1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmistöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.

13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittyurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L.-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimusasemalta. 77 p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970-90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuu-teen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesi- lietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.

8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984-1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.
11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.**
 SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyschiehot. P. 4-23.
 KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24-40 + 9 liitettä.
 KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoiset ja kolmoset. P. 41-48 + 2 liitettä.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvärikoiden ruokintakoetuloja 1990-91.** 57 p. + 1 liite.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvärikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4-20.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimä jauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus värikoilla. P. 21-40.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvärikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41-57.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk