

Johanna Helminen

# Näytteiden esikäsittelyn testaus ja mikroaaltouunin käyttöönotto sekä menetelmän validointi ICP-OES-laitteella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Laboratorioanalyttikko (AMK)

Laboratorioalan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

29.11.2016

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Johanna Helminen Näytteiden esikäsittelyn testaus ja mikroaaltouunin käyttöönotto sekä menetelmän validointi ICP-OES-laitteella  45 sivua + 5 liitettä 29.11.2016
Tutkinto	Laboratorioanalyttikko (AMK)
Koulutusohjelma	Laboratorioalan tutkinto-ohjelma
Ohjaajat	Tutkija Sonja Sirviö Yliopettaja Jukka Niiranen
<p>Opinnäytetyö suoritettiin Nesteen Tutkimus- ja kehitysyksikössä Porvoon jalostamolla. Työn tarkoituksena oli testata mikroaaltouunin soveltuvuutta rasvanäytteiden hajotukseen ja ottaa näytteenkäsittelytekniikka käyttöön metallianalytiikassa. Näytteiden analysointia varten induktiivisesti kytketylle plasmaemissiospektrometrille (ICP-OES) kehitettiin menetelmä, joka validoitiin.</p> <p>Näytteiksi valittiin aiemmin ongelmia tuottaneita eläin- ja kasvirasvanäytteitä. Nämä näytteet hajotettiin kahdella eri näytteenkäsittelytekniikalla, mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla.</p> <p>Mikroaaltouunin menetelmää kehittäessä kokeiltiin eri lämpötilaohjelmia, joissa muutettiin lämpötilan nousua ja pitoaikaa. Lopulliseksi ohjelmaksi valittiin hajotus, jossa lämpötila pysyi halutussa arvossa ja näytteet hajosivat parhaiten.</p> <p>Vertailemalla mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla saatuja tuloksia huomattiin, että tekniikat eroavat tilastollisesti merkitsevästi 95 % luottamustasolla suurimmalla osalla analysoitavista alkuaineista. Tämä näkyy selvästi myös saantokokeista. Mikroaaltouunilla hajotettujen näytteiden saanto-% vaihtelevat 90–110 %, kun taas kuivapoltolla saadut saanto-% jäävät alle 80 %. Selvin ero havaitaan helposti haihtuvien alkuaineiden, kuten arseenin ja boorin kohdalla, jotka haihtuvat lähes kokonaan kuivapoltotekniikalla.</p> <p>Validoinnissa menetelmälle määritettiin toteamis- ja määritysrajat ja varmistettiin sen lineaarisuus. Lisäksi tutkittiin mikroaaltouunin toistettavuutta. Tulosten perusteella vain osa tutkitavista alkuaineista on tilastollisesti toistettavia eri hajotusten välillä.</p> <p>Mikroaaltouunille kehitetty menetelmä on laboratorion käytössä. Siihen on kehitetty myös muille näytematriiseille soveltuvia hajotusohjelmia.</p>	
Avainsanat	Mikroaaltouuni, ICP-OES, menetelmän kehitys, rasvanäytteet, validointi

Author Title	Johanna Helminen Testing Pretreatment of Samples by Microwave Oven and Validation of Method by ICP-OES
Number of Pages Date	45 pages + 5 appendices 29 November 2016
Degree	Bachelor of Laboratory Services
Degree Programme	Laboratory Sciences
Instructors	Sonja Sirviö, Research Scientist Jukka Niiranen, Principal Lecturer
<p>This thesis was carried out at Neste Research and Development unit in Porvoo. The aim of this Bachelor's thesis was to study the applicability of a microwave oven for disintegration of fat samples and to validate the method for inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP-OES).</p> <p>The samples were animal and vegetable fats which are normally difficult to analyze. Samples were digested with two different sample preparation techniques: microwave oven and dry ashing.</p> <p>The main parameter of the microwave oven is the temperature. During the developing of microwave oven method, various temperatures were tested in order to reach the best sample digestion.</p> <p>The difference between the sample preparation techniques was obvious. Recoveries of the samples digested with microwave oven were 90–110 %. The results strongly support the original presumptions that microwave oven is more suitable for volatile elements. When using an open vessel in dry ashing, these elements, such as arsenic and boron, will be lost during the digestion.</p> <p>The limits of detection and qualification were determined in the validation and the linearity of the measurement range was ensured. In addition, the reproducibility of microwave oven was tested. Based on the results, only a few elements were statistically reproducible.</p> <p>The microwave oven is now used in the Neste Research and Development unit laboratory for sample digestion. There has also been further developing for different sample matrixes.</p>	
Keywords	Microwave oven, ICP-OES, method development, fat samples, validation

# Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Mikroaaltouuni	1
3	ICP-OES	4
3.1	Näytteensyöttö	5
3.1.1	Peristalttinen pumppu	6
3.1.2	Sumutin ja sumutuskammio	6
3.2	Plasma	8
3.3	Spektrometri	10
3.4	Detektori	13
3.5	Häiriöt	16
3.6	Sisäinen standardi	17
4	Reagenssit ja laitteet	18
5	Työn toteutus	20
5.1	Näytteiden hajotus mikroaaltouunilla	20
5.2	Näytteiden hajotus kuivapoltolla	23
5.3	Kalibrintiliuosten valmistus	23
5.4	Sisäisen standardin valmistus	24
5.5	Näytteiden analysointi ICP-OES-laitteella	25
6	Tulokset	27
6.1	Mikroaaltouunimenetelmän kehitys	27
6.2	Näytteenkäsittelytekniikoiden vertailu	28
6.2.1	T-testit	28
6.2.2	Saanto	30
6.3	Validointi	34
6.3.1	Toteamis- ja määritysrajat	34
6.3.2	Toistettavuus	36
6.3.3	Lineaarisuus ja mittausalue	40
7	Tulosten käsittely	42
	Lähteet	45

## Liitteet

Liite 1. Toteamis- ja määritysrajojen laskemiseen käytetyt tulokset

Liite 2. T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Liite 3. Saanto-% laskemiseen käytetyt tulokset

Liite 4. Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Liite 5. Lineaarisuuden laskemiseen käytetyt tulokset

## Lyhenteet

ICP-OES	<i>Inductively coupled plasma – optical emission spectrometry, induktiivisesti kytketty plasmaemissiospektrometri.</i>
IR	<i>Infrared, infrapuna</i>
PTFE	<i>Polytetrafluorieteeni</i>
QC	<i>Quality control, laadunvarmistusnäytteet</i>
RF	<i>Radio Frequency, radiotaajuus</i>
PMT	<i>Photomultiplier tube, valomonistinputki</i>
CID	<i>Charge-Injection Device</i>
CCD	<i>Charge-Coupled Device</i>
CTD	<i>Charge Transfer Device</i>
SCD	<i>Segmented-array Charged-Coupled Device</i>
LOD	<i>Limit of detection, määrittäysraja</i>
LOQ	<i>Limit of quantitation, toteamisraja</i>
ppm	<i>Parts per million, miljoonasosa</i>
UV	<i>Ultraviolet, ultraviolettisäteily</i>
Vis	<i>Visible lighth, näkyvä valo</i>

## 1 Johdanto

Opinnäytetyö suoritettiin Nesteen Tutkimusanalytiikka-ryhmässä Porvoon jalostamolla. Työn tavoitteena oli ottaa käyttöön mikroaaltouuni uutena näytteenkäsittelytekniikkana metallianalytiikassa. Näytteet on tähän asti käsitelty kuivapoltolla, jossa näytteet poltetaan avoimessa astiassa, tuhkastetaan yön yli ja liuotetaan. Mikroaaltouunitekniikka on suljettu märkäpolttolaitteisto, joka otettiin käyttöön, koska haluttiin saada nopeampia ja luotettavampia tuloksia. Opinnäytetyössä mikroaaltouunille kehitettiin rasvanäytteille soveltuva hajotusohjelma ja induktiivisesti kytketylle plasmaemissiospektrometrille (ICP-OES) metodi, jolla näytteitä voitiin analysoida. Menetelmien kehityksen jälkeen suoritettiin validointi.

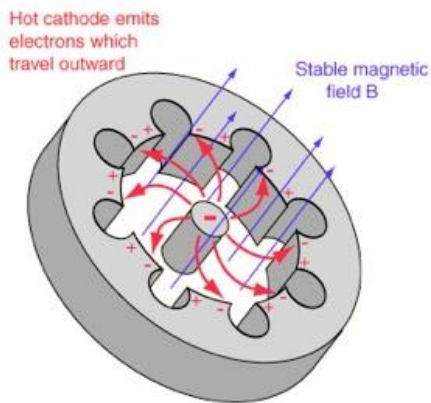
Laboratorion ICP-OES:lla määritetään alkuainepitoisuuksia muun muassa voiteluaineista, perusöljyistä, eläin- ja kasvirasvoista sekä polttoaineista. Näytteistä osa voidaan analysoida suoraan, mutta hankalat tai epähomogeeniset näytteet täytyy esikäsitellä.

Neste Oyj on öljy-, energia- ja kemianteollisuuden yritys, joka perustettiin vuonna 1948 huolehtimaan Suomen öljytuotannosta. Sen tärkeimpiä liiketoiminta-alueita ovat öljytuotteet, uusiutuvat tuotteet ja öljyn vähittäismyynti. Nesteen tavoitteena on olla Itämeren alueen johtava toimija ja kasvaa uusiutuviin raaka-aineisiin perustuvilla markkinoilla. Tutkimus- ja kehitysyksikkö luo uusia keinoja vähentää liikenteen aiheuttamia ympäristövaiikutuksia kehittämällä jatkuvasti puhtaampia tuotteita. [1.]

## 2 Mikroaaltouuni

Mikroaaltotekniikka on laajasti levinnyt analyttisissä laboratorioissa ympäri maailmaa. Tekniikkaa tarvitaan, jotta näytteet saadaan liuosmuotoon alkuaineanalytiikkaa varten. Siinä orgaaninen aines, kuten rasvat, hajotetaan ja epäorgaaninen aines, kuten maanäyte, liuotetaan. Hajotuksen tehokkuuteen vaikuttavat mikroaaltouunin malli, hajotuksessa käytettävät astiat ja niiden lukumäärä, hajotettavan näytteen massa, käytetyt reagenssit ja niiden määrät. [5; 7.]

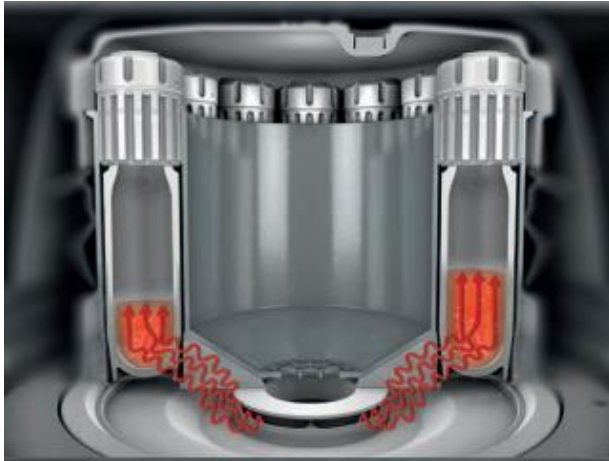
Uuneissa käytettävän mikroaallon yleisin aallonpituus on 12,2 cm ja värähtelytaajuus 2450 MHz. Mikroaaltouuni toimii magnetronin avulla, joka muuttaa sähköenergiaa mikroaalloiksi. Magnetroni on ontto putki, jonka keskellä on lieriönmuotoinen katodi. Putken reunoilla on onttoja koloja, jotka toimivat anodina. Kun katodia lämmitetään, elektronit irtoavat ja yrittävät kulkea suoraan kohti anodia. Elektronien liikerata kuitenkin muuttuu kohtisuorassa toimivan magneettikentän takia. Magneettikenttä saa elektronit kiertämään katodia spiraalimaisesti, jolloin ne kulkevat onttojen kolojen läpi (kuva 1). Tämä liike aiheuttaa värähtelyä, jolloin sähkö- ja magneettikentästä syntyy mikroaalloja. [2.]



Kuva 1. Magnetronin rakenne, keskellä katodi ja reunoilla anodi. [2.]

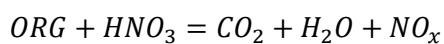
Mikroaaltojen energia absorboituu näytteeseen, jossa se on vuorovaikutuksissa näytteen molekyylien kanssa kahdella eri tavalla, dipolirotaationa ja ionien liikkeenä (kuva 2). Esimerkiksi vesimolekyyli on poolinen molekyyli, joka pyörii sähkökentän värähtelyn vaikutuksesta edestakaisin. Ionien liike syntyy, kun vapaat ionit liikkuvat eteen ja taakse yrittäessään asettua sähkökentän kanssa samaan linjaan. Dipolien ja ionien liikkumisesta syntynyt kitka lämmittää näytettä. Lämpötilan noustessa molekyylien liikenopeus kasvaa. Suljetussa astiassa kohonnut lämpötila nostaa myös hajotusastian sisäistä painetta. [3.]





Kuva 2. Magnetroni lähettää mikroaalloja ja pyörivä alusta takaa aaltojen levittymisen tasaisesti kaikkiin näytteisiin. [4.]

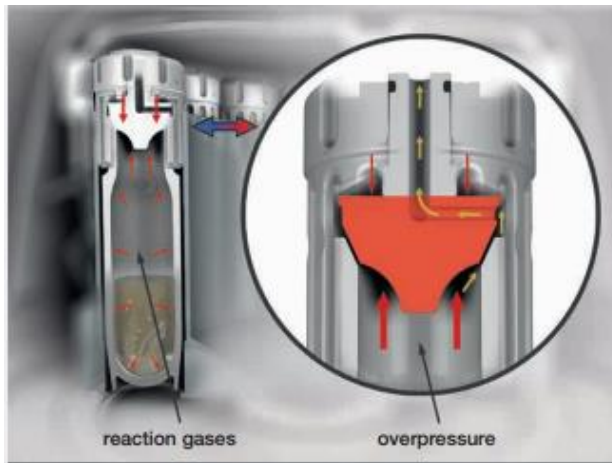
Pelkästään mikroaallojen synnyttämä korkea lämpötila ei hajota orgaanisten molekyylien sidoksia, vaan hajotukseen tarvitaan myös happoa. Yleensä käytetään typpihappoa ( $\text{HNO}_3$ ), jota tarvittaessa tehostetaan vetyperoksidilla ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Typpihappo mahdollistaa metallien liuottamisen ja vetyperoksidi parantaa näytteen hapettumista (kaava 1). Muita yleisiä happoja ovat suolahappo ( $\text{HCl}$ ), rikkihappo ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ja fluorivetyhappo ( $\text{HF}$ ). Eri-tyisesti silikaatteja analysoitaessa käytetään fluorivetyhappoa, mutta turvallisuussyistä fluorivetyhappoa käytetään vähemmän. Käytettävien reagenssien tulee olla supra purity<sup>®</sup>-laatua, jotta vältetään kontaminaatioilta. [5; 7.]



Kaava 1. Mikroaaltouunissa tapahtuva reaktio, kun käytetään typpihappoa. Alkuaineet muuttuvat liukoisiksi nitraateiksi.

Opinnäytetyössä käytetyssä Multiwave Go -mikroaaltouunissa (Anton Paar) on IR-lämpötilasensori (infrared), joka mittaa ajon aikana vuorotellen jokaisen näytteen sisälämpötilaa. Infrapuna-alueella kappaleet säteilevät sitä voimakkaammin, mitä lämpimämpiä ne ovat. Näytteen lämpötilan tarkkailu on hajotuksen tärkein parametri, koska se kertoo miten näytteet reagoivat happojen kanssa mikroaaltouunissa. Jos IR-sensori havaitsee, että lämpötila näyteastiassa nousee haluttua arvoa suuremmaksi, se sammuttaa magnetronin. Kun astia on jäähtynyt haluttuun lämpötilaan, magnetroni käynnistyy uudelleen. [6, s. 304.]

Mikroaaltouunissa käytetään polytetrafluorieteenistä (PTFE) valmistettuja reaktioasti-  
oita. Materiaali sopii hyvin mikroaaltouunihajotukseen, koska se on erittäin puhdasta ja  
kestää sekä kemiallisesti että korkeita lämpötiloja. Opinnäytetyössä käytetyssä mikro-  
aaltouunissa ei ollut erillistä paineanturia, joka tarkkailisi paineen muodostumista, mutta  
astioissa oli paineensäätöventtiilit, jotka vapauttavat ylipaineen (kuva 3). [6, s. 303.]



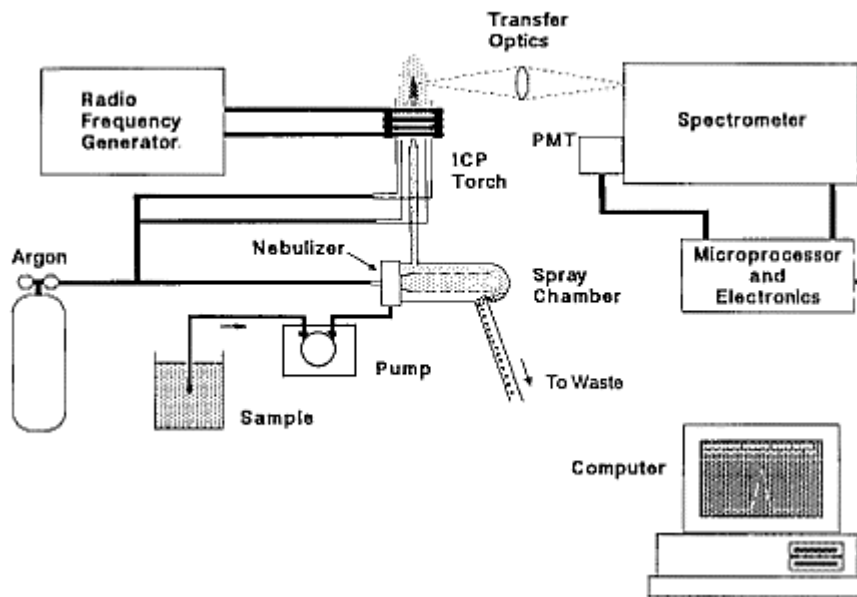
Kuva 3. Teflon-putkien korkeissa on paineensäätöventtiili, joka vapauttaa ylipaineen. [4.]

Mikroaaltouunitekniikassa on monia etuja. Siinä on alhainen kontaminaation riski, se on  
nopea, eikä se altista työntekijää happohöyryille. Haittapuolena on rajoitettu näytemäärä,  
joka on noin 0,5-2,0 g, jolloin kokonaisnäytteestä saadaan vain hyvin pieni otanta. Kui-  
vapoltossa voidaan käyttää suurempia näytemääriä (noin 10 g), mutta se on hitaampaa,  
eikä sitä voida käyttää helposti haihtuvien alkuaineiden määrittämiseen. Lisäksi avoimiin  
astioihin voi tulla helposti kontaminaatiota. [6, s. 304.]

### 3 ICP-OES

Atomispektrometriassa näyte hajotetaan atomeiksi joko liekillä, grafiittiuunilla tai plas-  
malla. Liekkitekniikassa ja grafiittiuunissa mitataan perustilaisten neutraalien atomien  
absorbanssia, kun taas plasmatekniikassa mitataan joko atomien ja ionien emittoimaa  
valoa emissiospektrometrilla tai metalli-ioneja massaspektrometrilla. Näistä plasmatek-  
niikkaa käytetään eniten, koska sillä voidaan määrittää useita alkuaineita samanaikai-  
sesti toisin kuin liekki- ja grafiittiuunitekniikoissa. Lisäksi plasmatekniikassa on laajempi  
lineaarinen alue ja stabiilimpi lämpötila. [9.]

ICP-OES-laite koostuu näytteensyötöstä, plasmasta, spektrometrasta ja detektorista (kuva 4). Mittauksessa liuosmuodossa olevasta näytteestä tehdään hienojakoinen aerosoli, joka kulkee argonvirtauksen mukana soihtuun. Siellä näytteestä haihtuu ensin liuotin, sitten se höyrystyy ja lopulta atomisoituu ja osin ionisoituu. Syntyneet atomit virittyvät törmäysten seurauksena ja kun viritystila purkautuu atomit emittoivat niille ominaista säteilyä. Tämä säteily jaetaan mono- tai polykromaattorilla yksittäisiin aallonpituuksiin, joista mitataan detektorilla emissiointensiteetit. [9, s. 83.]



Kuva 4. Induktiivisesti kytketyn plasmaemissiospektrometrin rakennekuva. [8, s. 3-1.]

### 3.1 Näytteensyöttö

Näytteensyötössä liuosmuotoinen näyte kuljetetaan plasmasoihdulle. Näytteensyöttöjärjestelmään kuuluu automaattinen näytteensyöttäjä, pumppu, sumutin ja sumutuskammio. Näytteensyötöllä on merkittävä vaikutus mittaustuloksiin. Mittausta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon muun muassa pumpun virtausnopeus, näytteen ja laitteiston huuhteluajat sekä käytössä olevan sumuttimen ja sumutuskammion soveltuvuus näyttematriiseille.

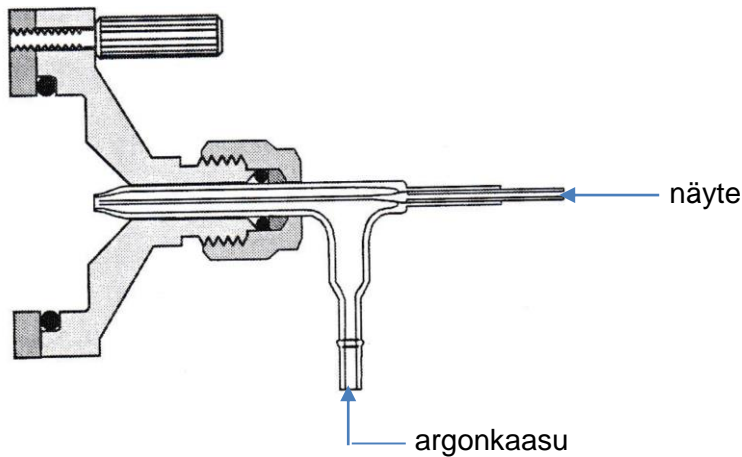
### 3.1.1 Peristalttinen pumppu

Peristalttinen pumppu kuljettaa näytettä näyteastiasta sumuttimeen ja hukkaan valuvaa näytettä sumuttimesta jäteastiaan. Tarvittaessa pumppu kuljettaa myös sisäisen standardin liuosta, joka yhdistyy näytteeseen T-haarassa ennen sumutinta. Näytteelle, jätteelle ja sisäiselle standardille on jokaiselle omat letkut, jotka kiinnitetään kiristimien avulla pumpun rullien päälle. Kiristettyihin letkuihin muodostuu painetta, joka kuljettaa liuoksia eteenpäin. Laitteeseen tulee valita näytematriiseille soveltuvat letkut, esimerkiksi, jos käytetään ksyleeniä tai vahvoja happoja. Letkut tulee vaihtaa usein, koska kulumiset letkut voivat aiheuttaa virhettä mittaustuloksiin. [8, s. 3-7; 3-8.]

### 3.1.2 Sumutin ja sumutuskammio

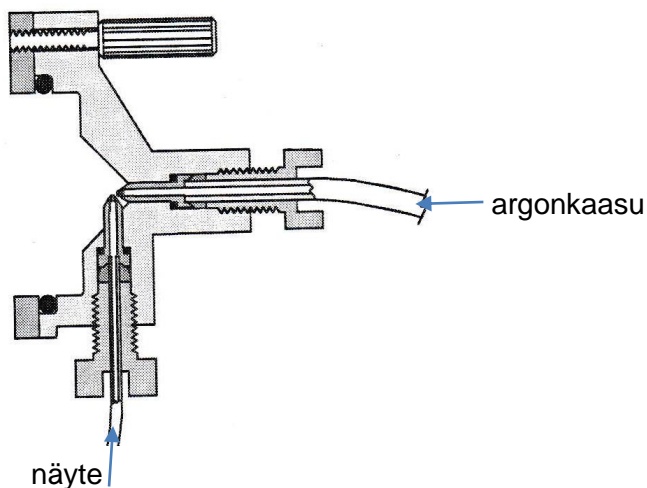
Sumuttimessa näyteliuoksesta muodostuu hienojakoinen aerosoli. Sumutuskammion tehtävänä on päästää soihdulle halkaisijaltaan noin 10  $\mu\text{m}$  ja sitä pienemmät pisarat ja tasata pumpun sykettä. Näytteestä noin 1-5 % sumuttuu riittävän pieniksi pisaroiksi ja loput valuu jäteastiaan. Sumuttimen tärkein ominaisuus onkin sen kyky tuottaa näytteestä mahdollisimman paljon pieniä pisaroita, jotta suurin osa näytteestä voitaisiin hyödyntää. [8, s. 3-8.]

ICP-OES -laitteella voidaan käyttää ultraääni- tai pneumaattista sumutinta. Yleisin pneumaattinen sumutintyyppi on konsentrinen Meinhard<sup>®</sup>-sumutin (kuva 5). Vesiliukoisia näytteitä analysoitaessa, sumuttimella saavutetaan erinomainen herkkyys ja tarkkuus, mutta se tukkeutuu hyvin helposti. Sumuttimen toiminta perustuu argonkaasuun, joka vetää näyteliuoksen ohueen kapillaariputkeen, jossa se kulkeutuessaan hajoaa hienoksi aerosoliksi. [8, s. 3-2; 11, s. 3-17.]



Kuva 5. Kaavakuva Meinhard®-sumuttimesta. [11, s. 3-20.]

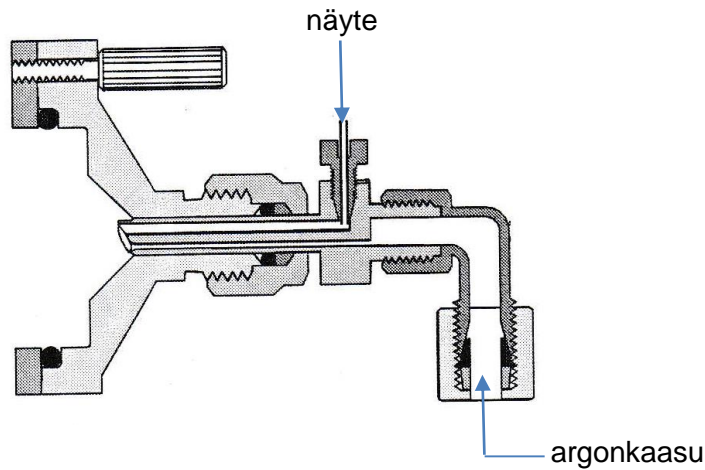
Muita pneumaattisia sumutintyyppejä ovat cross-flow- ja Babington-sumutin. Cross-flow-sumuttimessa argonkaasu ja näyteliuos tulevat omista putkista kohtisuorasti toisiinsa nähden (kuva 6). Näytteen ja kaasun välinen kontakti hajottaa näyteliuoksen aerosoleiksi. Sumutin soveltuu sekä yleiskäyttöön että vahvoille hapoille, kuten fluorivetyhapolle, mutta se ei ole yhtä tehokas tuottamaan pieniä pisaroita kuin Meinhard®-sumutin. [8, s. 3-4; 11, s. 3-17.]



Kuva 6. Cross-flow-sumuttimen kaavakuva. [11, s. 3-18.]

Babington-sumuttimesta on monia eri versioita, mutta ne toimivat kaikki samalla periaatteella. Näyte kulkeutuu ohueksi kerrokseksi putken pinnalle, jossa on pieni reikä. Putken sisällä kulkee argonkaasuvirtaus, joka hajottaa reiästä pääseen näytteen pieniksi pisaroiksi (kuva 7). Babington-sumutin soveltuu hyvin viskoosille näytteille, eikä se tukkeudu helposti. Mikroaaltouunilla hajotettuja näytteitä analysoitaessa käytettiin ensin

Meinhard®-sumutinta, mutta se tukkeutui, jolloin siirryttiin käyttämään GemCone-sumutinta (Perkin Elmer), joka on modifioitu versio Babington-sumuttimesta. GemCone-sumutin sopii sekä vesinäytteille että orgaanisille näytteille. [8, s. 3-5; 11, s. 3-17.]

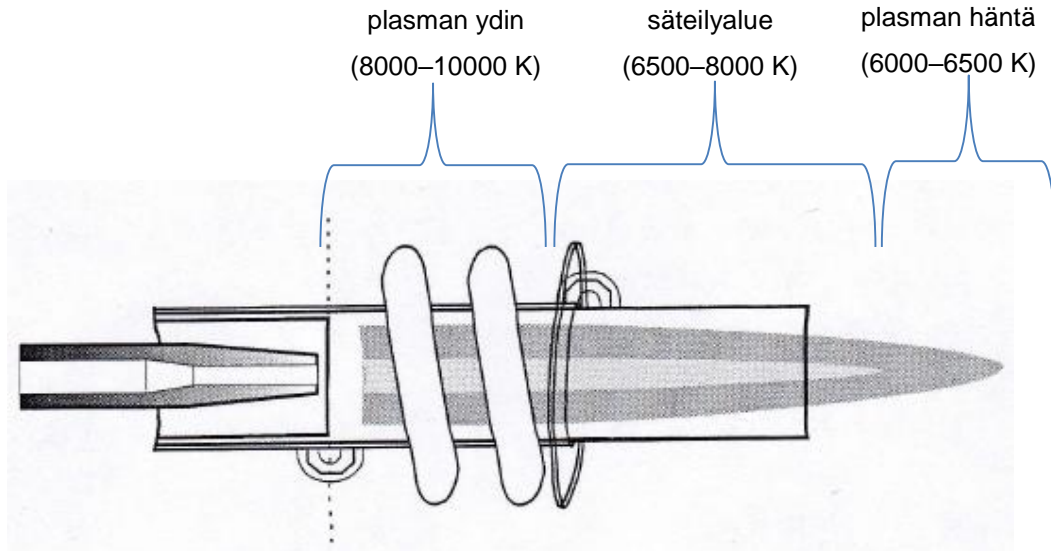


Kuva 7. Opinnäytetyössä käytetyn GemCone-sumuttimen kaavakuva. [11, s. 3-19.]

Ultraäänitekniikassa näyte pumpataan ultraäänitaajuudella värähtelevälle muuntimelle, joka rikkoo näytteen aerosoliksi. Tällöin sumutin on täysin riippumaton kaasuvirtauksesta. Pneumaattiseen sumuttimeen verrattuna ultraäänisumutin muodostaa näytteestä 10-kertaa tehokkaammin pisaroita. Suuremman näytevirran vuoksi tarvitaan erillinen jäähdytin, joka poistaa analysointia häiritsevää vettä. Haittapuolena ultraäänisumuttimessa on sen alttius matriisiefektille eikä se kestä fluorivetyhappoa. [8, s. 3-6; 3-7.]

### 3.2 Plasma

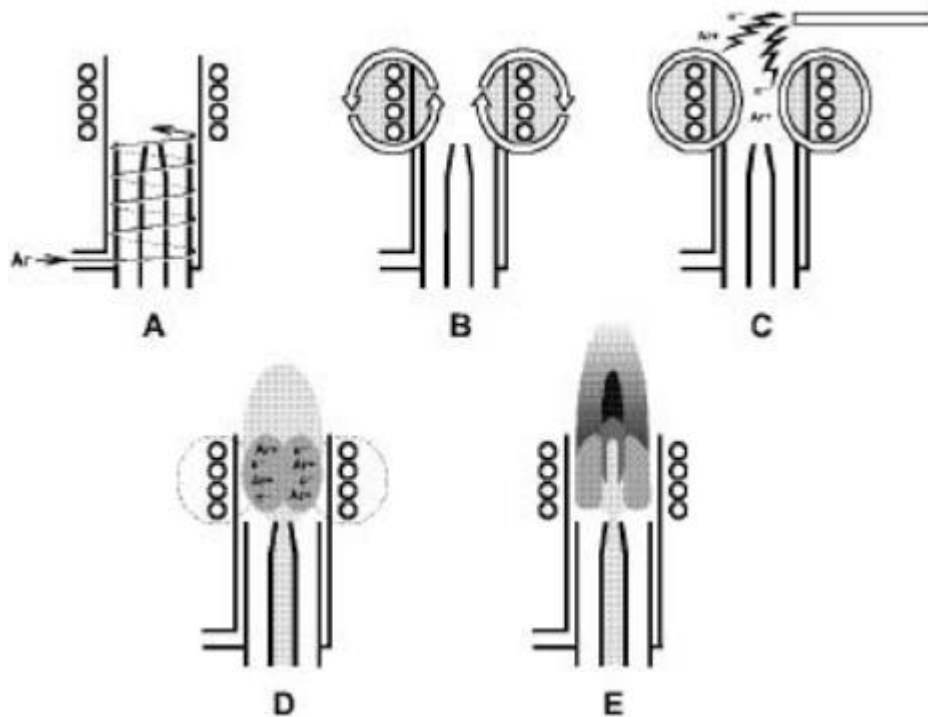
Sumutuskammioista aerosoli kulkeutuu plasmaan argonkaasun kuljettamana. Plasma koostuu eri lämpötilavyöhykkeistä (kuva 8). Kuumin alue plasmassa on käämien kohdalla (10 000 K), jossa näytteen liuotin haihtuu ja näytteestä muodostuu pieniä partikkeleita. Käämien jälkeen plasman lämpötila laskee ja 8000 K lämpötilassa partikkelit höyrystyvät molekyyleiksi. Näytteen atomisoituminen ja siitä seuraava virittyminen tapahtuu 6200 K lämpötilassa. Osa näytteestä voi myös ionisoitua 6000 K lämpötilassa plasman loppuosassa. [9, s. 85.]



Kuva 8. ICP-OES:n plasmasoihtu ja sen eri lämpötilavyöhykkeet. [11, s. 6-22.]

Plasmasoihtu koostuu kolmesta sisäkkäisestä kvartsiputkesta (kuva 8). Näistä sisimmäinen on injektor, jonka sisähalkaisija on tyypillisesti 2,0 mm. Injektorin ja keskimmäisen putken välissä virtaa puhdasta plasmakaasua noin 2–3 l/min. Sen tehtävänä on helpottaa näyteaerosolin kulkua plasmaan sekä viilentää induktiokäämiä suojaavaa putkeä, jotta käämi ei sula plasman korkean lämpötilan vaikutuksesta. Lisäksi plasmakaasu työntää plasman pois injektorin kärjestä, jotta näyte ei kuivu kärjen suulle aiheuttaen tukosta. Myös uloimmassa putkessa virtaa argonkaasua, mutta sen tehtävänä on kiertää spiraalimaisesti soihdun kvartsiseiniä jäähdyttäen niitä. Uloimman ja keskimmäisen putken väli on kapea, jotta kaasu kulkisi putkessa mahdollisimman nopeasti. Argonkaasunvirtaus onkin uloimmassa putkessa huomattavasti korkeampi 7–15 l/min verrattuna muihin putkiin. [8, s. 3-14; 9, s. 84.]

Induktiivisesti kytketty plasma syntyy RF (Radio Frequency) -generaattorin avulla. Generaattori tuo energiaa induktiokäämiin, joka muodostaa muuttuvan magneettikentän (kuva 9, kohta B). Tesla-purkaus eli sähkökipinä tuottaa argonkaasuun vapaita elektroneja, jotka saavat energiaa ulkoisen magneettikentän vaikutuksesta ja törmäilevät neutraaleihin argonatomeihin (kuva 9, kohta C ja D). Tällöin plasma pysyy jatkuvassa toiminnassa, kun argonatomeista muodostuu argonioneja ja uusia vapaita elektroneja, jotka törmäävät jälleen uusiin argonatomeihin (kuva 9, kohta E). [9, s. 83.]



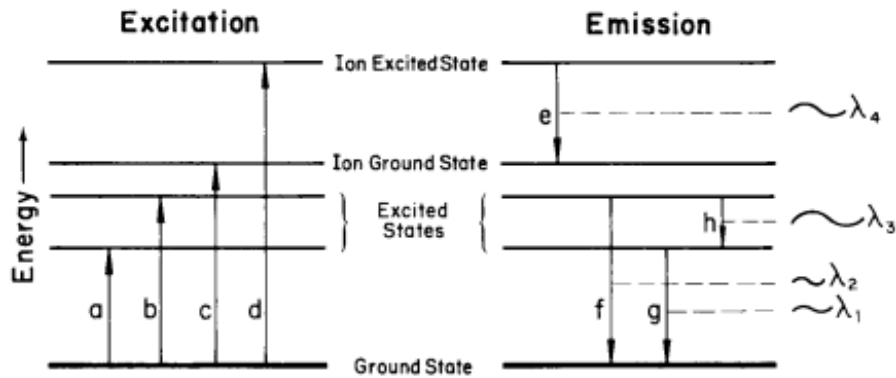
Kuva 9. Plasman muodostumisen eri vaiheet. [8, s. 2-3.]

Plasmasoihtu voi olla laitteessa vaaka-asennossa, kuten kuvassa 8 tai pystyasennossa, kuten kuvassa 9. Pystyasennossa oleva plasma ei tukkeudu niin helposti kuin vaaka-asennossa oleva plasma. [12.]

### 3.3 Spektrometri

Jotta atomit voivat virittyä, ne tarvitsevat ylimääräistä energiaa siirtyessään perustilaansa ylemmälle orbitaalille. Mitä kauempana atomin ytimeä orbitaali on, sitä suurempi energia sillä on. Ylimääräisen energian atomit saavat plasman korkeasta lämpötilasta. Kuumassa kaasussa atomien kineettinen energia kasvaa ja ne liikkuvat plasmassa nopeammin. Tällöin atomit törmäilevät toisiin partikkeleihin, kuten elektroneihin, atomeihin tai ioneihin ja virittyvät. Mitä kauemmin näyte viipyy plasmassa, sitä enemmän se ehtii absorboida energiaa ja siten virittyä enemmän (kuva 10). Jos atomi saa riittävästi energiaa, se ionisoituu.





Kuva 10. Atomin virittyminen ja emissio. Vaakarivit kuvaavat atomien energiatasoja ja pystynuolet energioiden muutosta atomissa. a- ja b-nuolet kuvaavat atomin virittymistä ja c- ja d-nuolet ionisoitumista. e-nuoli kuvaa ionin emissiota ja f-, g- ja h-nuolet atomin emissiota. [8, s. 1-3.]

Virittyneet atomit palaavat takaisin alemmalle energiatasolle siirtyessään plasman viileämmälle alueelle. Tällöin näytteeseen ei enää siirry energiaa ja atomi emittoi fotonin. Vapautunut energia näkyy säteilynä. Jokaisella alkuaineella on oma, useista aallonpituuksista koostuva emissiospektri. Aallonpituudet määräytyvät atomin energiaerojen mukaan. Mitä vähemmän energiaa emissiossa vapautuu, sitä suurempi aallonpituus on (kuva 10). Aallonpituuden ja energian välinen yhteys voidaan johtaa Planckin yhtälön avulla (kaava 2). Yhtälöstä nähdään, että energia ja aallonpituus ovat kääntäen verrannollisia.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Kaava 2. Planckin yhtälö.

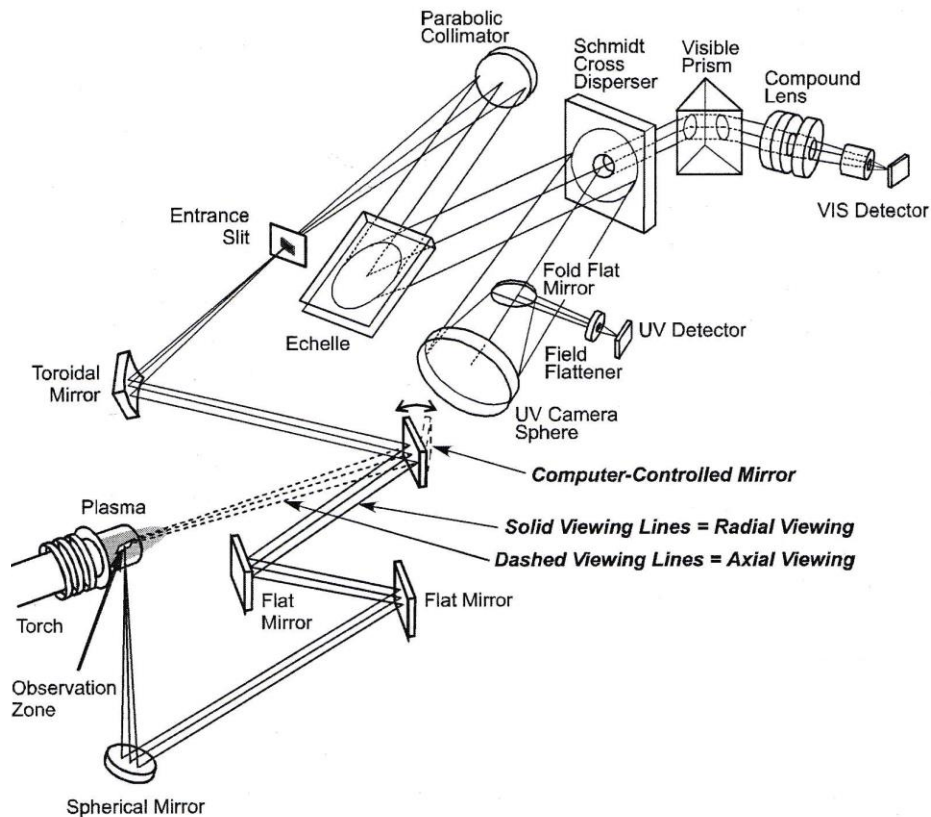
Emissiossa syntynyt säteily ohjataan optiikalla sisäänmenorakoon. Jos plasmasoihtu on vaaka-asennossa, säteily voidaan mitata kahdella eri tavalla, aksiaalisesti ja radiaalisesti (kuva 11). Soihtun ollessa pystyasennossa mittaus tapahtuu vain radiaalisesti. Aksiaalisessa mittauksessa säteily mitataan pitkittäissuunnassa, jolloin hyödynnetään koko plasman lämpötila-alue ja suurempi osuus analysoitavasta näytteestä. Radiaalisessa mittauksessa optiikka on sijoitettu plasmasoihtun alapuolelle. Soihtua liikuttamalla mittaus voidaan suorittaa virittymiselle sopivassa kohdassa. Näistä radiaalisessa mittauksessa näytetaustasta aiheutuvien häiriöiden määrä on pienempi, mutta aksiaalisella mittauksella saavutetaan parempi herkkyys ja näin ollen pienemmät toteamisrajat. Uutta

menetelmää luodessa testataan yleensä molemmat mittaussuunnat ja katsotaan, kumpi sopii analysoitavalle alkuaineelle paremmin.

ICP-OES-laitteissa on monia erilaisia spektrometrisiä ratkaisuja. Tyypillisesti spektrometrit jaetaan simultaani- ja sekvenssilaitteisiin. Simultaanilaitteiden eli polykromaattoreiden toiminta perustuu Rowlandin ympyrään. Sisäänmenoraosta tullut säteily ohjataan ympyrän kehällä olevaan hilaan, joka jakaa säteilyn yksittäisiksi aallonpituuksiksi. Hilan lisäksi ympyrän kehällä on useita ulosmenorakoja, josta aallonpituudet päätyvät detektoreille. Tämä mahdollistaa useiden emissioviivojen samanaikaisen analysoinnin. Myös sekvenssilaitteissa eli monokromaattoreissa säteily ohjataan sisäänmenoraosta hilaan, mutta ulosmenorakoja ja detektoreja on vain yksi. Tällöin mittaus tapahtuu yksi aallonpituus kerrallaan, mikä on huomattavasti hitaampaa. [9, s. 87; 8, s. 3-20.]

Yleisin spektrometreissä käytetty hila on diffraktio hila. Yhdessä hilassa voi olla 600-4200 uraa millimetrin alueella. Se mihin suuntaan säteilyn eri aallonpituudet heijastuvat hilasta riippuu säteilyn tulokulmasta ja urien välimatkasta. Ongelmia hilan käytössä syntyy aallonpituuksien eri kertaluvuista, jotka heijastuvat samaan suuntaan hilasta. Eri kertaluvut voidaan erottaa toisistaan esimerkiksi prisman tai suodattimen avulla. [8, s. 3-18; 9, s. 48.]

Opinnäytetyössä käytetyssä ICP-OES-laitteessa käytetään echelle-hilaa. Siinä on huomattavasti vähemmän uria kuin diffraktio hilassa ja jokaisen uran leveys on kaksinkertainen uran korkeuteen verrattuna. Tällöin voidaan hyödyntää korkeamman kertaluvun käyttöä UV-alueella ja matalamman näkyvän valon alueella. UV-alueen aallonpituudet voidaan erottaa näkyvän valon aallonpituuksista dispersiivisella komponentilla (Schmidt Cross Dispensor). UV-alueen aallonpituudet heijastuvat komponentin pinnasta UV-detektorille ja näkyvän valon aallonpituudet kulkevat sen läpi prismaan, josta ne päätyvät Vis-detektorille (kuva 11). [11, s. 3-30.]



Kuva 11. Opinnäytetyössä käytetyn ICP-OES-laitteen spektrometria ja UV- ja VIS-detektorit. [11, s. 3-27.]

Alhaisten aallonpitoisuuksien määrittämiseksi, spektrometrissä täytyy poistaa analyysiä häiritsevät happimolekyylit. Tähän käytetään joko typpi- tai argonkaasua tai vakuumia. [11, s 3-13; 8, s. 3-21.]

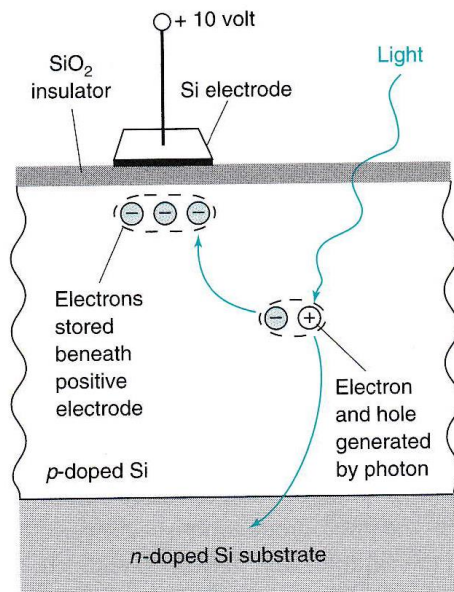
### 3.4 Detektori

Kun emissiosäteily on jaettu spektrometrissä yksittäisiksi aallonpitoisuuksiksi, mitataan kyseisten spektriviivojen intensiteetit detektorilla. Yleisimpiä detektoreja ovat valomonistinputket eli PMT (photomultiplier tube), CID (charge-injection device) -detektorit ja CCD (charge-coupled device) -detektorit. [8, s. 3-22.]

Valomonistinputki koostuu fotokatodista ja 6-9 dynodista. Fotonin osuessa fotokatodiin, se irrottaa siitä elektronin. Sähkökentän vaikutuksesta elektroni kiihdytetään fotokatodilta kohti dynodia, johon törmätessään se irrottaa 2-5 uutta elektronia. Kun nämä elektronit kiihdytetään sähkökentässä seuraavalle dynodille, tapahtuu jälleen törmäys, joka irrottaa

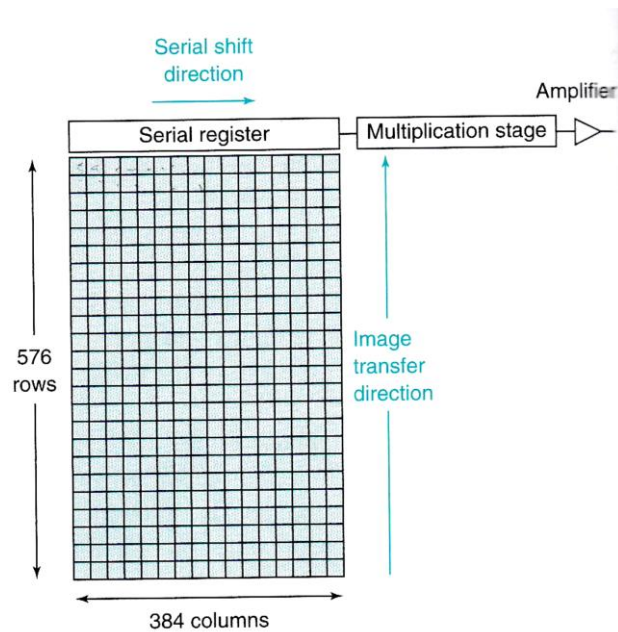
taas enemmän uusia elektroneja. Tämän toistuessa yhä uudestaan saadaan alkuperäisestä fotonista monistettua jopa  $10^6$  uutta elektronia. Viimeiseltä dynodilta elektronit kulkeutuvat anodille, jossa mitataan syntynyt sähkövirta. Tämä on suoraan verrannollinen intensiteettiin. Valomonistinputkella saadaan tarkasti määritettyä heikotkin valomäärät ja se on lineaarinen laajalla aallonpituusalueella. [8, s. 3-22; 9, s. 57.]

CID- ja CCD-detektorit kuuluvat CTD (charge transfer device) -detektoreihin, joiden toiminta perustuu pii-kiteeseen. Yksi kide koostuu useista eri riveistä pikseleitä ja pii-elektrodista. Fotonin absorboituessa kiteeseen, se rikkoo pii-atomien välisiä sidoksia. Tällöin syntyy elektroni-aukkopari. Kun kiteeseen johdetaan sähkövirta, vapautuneet elektronit kerääntyvät pikseleihin positiivisen pii-elektrodin alle (kuva 12). Yhteen pikseliin voi varastoitua  $10^5$  elektronia. [8, s. 3-27; 10, s. 458.]



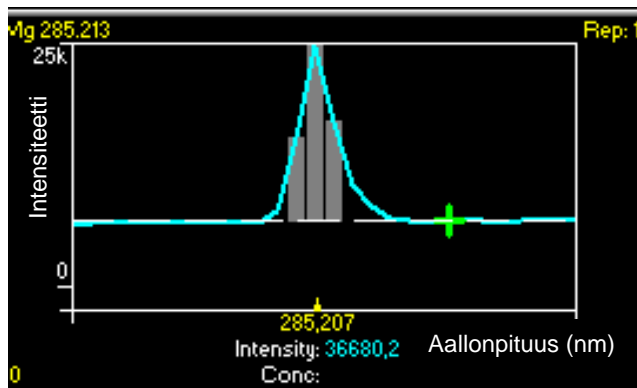
Kuva 12. Elektronien muodostuminen CTD-detektorin pii-kiteessä. [10, s. 458.]

Elektroneita kerätään pikseleihin ennalta määritetyn ajan. Tämän ajan loppuessa pikseleihin kertyneet varaukset luetaan detektorilla. Pikselissä oleva varaus vastaa sitä valon määrää, jolle pikseli on altistunut. CCD-detektorissa pikselit luetaan riveittäin yksi pikseli kerrallaan, jonka jälkeen ne tuhoutuvat eikä niitä voi lukea enää uudestaan. (kuva 13). Kun taas CID-detektorissa yksittäiset pikselit voidaan lukea missä tahansa vaiheessa mittausta ja ne eivät tuhoudu. CID-detektorissa tapahtuu vähemmän pikselien välistä valovuotoa. [10, s. 458.]



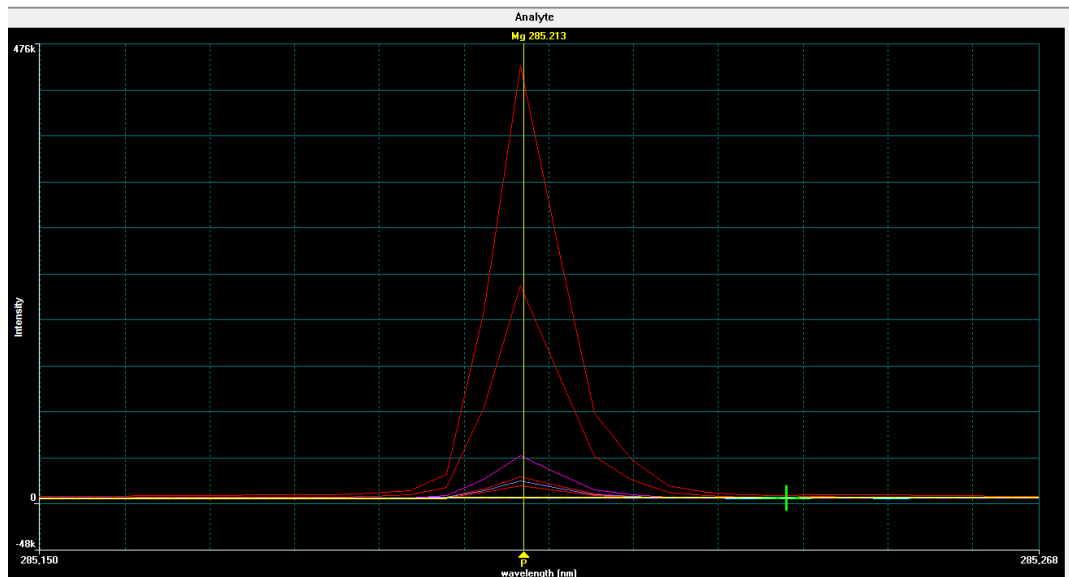
Kuva 13. CCD-detektorin pikselilevy, joka luetaan riveittäin ylhäältä alaspäin. [10, s. 458.]

Varauksista muodostuu pylväät, jotka kuvaavat signaalin voimakkuutta kyseisellä aallonpituudella (kuva 14). Pylväiden pinta-alasta tietokone laskee alkuaineen intensiteetin ja piirtää sille spektriviivan. [10, s. 490.]



Kuva 14. Esimerkki magnesiumin spektriviivasta aallonpituudella 285,213 nm. Vihreä + -merkki on taustankorjauspiste.

Alkuaineen pitoisuus voidaan laskea, kun verrataan määritettävän alkuaineen intensiteettiä tunnetun pitoisuuden intensiteettiin, joka on mitattu samalla aallonpituudella. Esimerkkinä kuvassa 15 on esitetty magnesiumin kalibrointiliuosten spektriviivat verrattuna näytteen spektriviivaan.



Kuva 15. Esimerkki magnesiumin kalibrintiliuosten (punaiset) ja näytteen (violetti) spektriviivoista 285,213 nm aallonpituudella.

Opinnäytetyössä käytettiin kahta SCD (Segment-array Charged-Coupled device) -detektorilla, jotka ovat modifioituja CTD-detektoreja. Toisella detektorilla mitataan UV-alueen aallonpituuksia (165-403 nm) ja toisella näkyvän valon aallonpituuksia (404-782 nm). SCD-detektorissa on huomattavasti vähemmän pikseleitä, vain 20-80 kappaletta, kun CID- ja CCD-detektoreissa pikseleitä voi olla satoja tuhansia. [8, s. 3-28, 11, s. 3-24.]

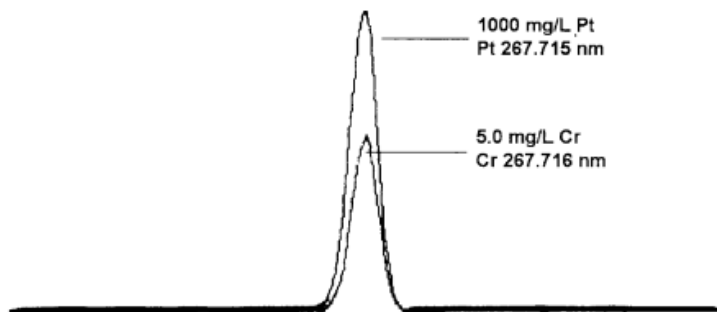
### 3.5 Häiriöt

ICP-OES-laitteella häiriöitä syntyy näytteensyötöstä, ionisaatiosta ja päällekkäisistä spektriviivoista. Kemialliset häiriöt ovat hyvin harvinaisia, koska kestävätkin yhdisteet hajoavat plasman korkeassa lämpötilassa. [12.]

Näytteensyötön ongelmat aiheutuvat pääasiassa näytteiden erilaisista viskositeeteista ja pintajännityksistä. Jos näyte on hyvin hapan ja kalibrintiliuokset ovat neutraaleja, ne sumuttuvat eri tavalla, jolloin tulokset vääristyvät. Lisäämällä kalibrintiliuoksiin happoa, ne vastaavat enemmän näytteenmatriisia, jolloin sumutus tapahtuu samankaltaisesti. Tämän lisäksi voidaan käyttää sisäistä standardia, jolloin samat häiriöt kohdistuvat sekä sisäiseen standardiin että näytteeseen. [12.]

Ionisaatio aiheuttaa mittauksissa ongelmia, kun helposti ionisoituvat alkuaineet muuttavat määritettävän alkuaineen emissioviivojen intensiteettiä. Tällöin tulos vääristyy, koska ei tiedetä, onko saatu intensiteetti syntynyt atomisaatiosta vai ionisaatiosta. [12.]

Päällekkäiset spektrit ovat hyvin yleisiä ICP-OES-laitteella, koska spektri koostuu kaikkien esiintyvien alkuaineiden spektriviivoista. Tällöin mitattavan alkuaineen emissiospektri voi jäädä toisen voimakkaamman alkuaineen emissiospektrin alle (kuva 16). Emissioviiva voi myös leventyä ja siten peittää toisen alkuaineen emissiospektrin. [9, s. 89; 12.]



Kuva 16. Spektraalinen peittäminen, jossa platinan spektri peittää kromin spektrin. [8, s. 4-21.]

Spektraalisia häiriöitä voidaan korjata esimerkiksi valitsemalla tutkittavalle alkuaineelle uusi emissioviiva. Lisäksi käytetään taustankorjausta, jossa mitatusta signaalista vähennetään taustan signaali, joka on mitattu joko yhdellä tai kahdella eri aallonpituudella. [9, s. 89.]

### 3.6 Sisäinen standardi

Kalibrintiliuoksiin ja analysoitaviin näytteisiin lisätään alkuainetta, joka toimii sisäisenä standardina. Alkuaineen aallonpituuden tulisi vastata mahdollisimman lähelle analysoidavien alkuaineiden aallonpituuksia. Sisäisenä standardina voi olla useampia alkuaineita, mutta niitä ei saa olla valmiina tutkittavassa näytteessä. Yleisimpiä alkuaineita sisäisiksi standardeiksi ovat indium, rodium, rubidium, scandium ja yttrium.

Sisäistä standardia lisätään kalibrointiliuoksiin ja näytteisiin samassa suhteessa. Menetelmässä mitataan analysoitavan alkuaineen aallonpituuden ja sisäisen standardin aallonpituuden suhdetta. Sisäisellä standardilla korjataan analysoinnin aikana tapahtuvia muutoksia, jolloin saavutetaan parempi tarkkuus ja toistettavuus. Sisäiselle standardille voidaan asettaa rajat, kuinka paljon se saa vaihdella. Opinnäytetyössä käytetyllä ICP-OES-laitteella sisäisen standardin intensiteetin vaihtelun tulee olla 80-120 % välissä. Intensiteetin ollessa alle 100 %, näytteen tulos kasvaa ja kun se on yli 100 %, näytteen tulos pienenee.

#### 4 Reagenssit ja laitteet

Analyysissa tutkitut rasvanäytteet olivat seuraavat:

Näyte 1. palmuöljyn sivujätevirtanäyte

Näyte 2. käytetty ruokaöljy

Näyte 3. prosessin syöttö, eläinrasva

Analyysissa käytetyt reagenssit olivat seuraavat:

- 1000 µg/ml MES-04-1, usean alkuaineen plasmaemissiostandardiliuos (Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl ja Zn),

1 M HNO<sub>3</sub>-pohja, valmistaja: AccuStandard<sup>®</sup>, Lot: 214015153-01,







- 100 µg/ml MES-08-1, usean alkuaineen plasmaemissiostandardiliuos (Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Tl ja Zn), 1


M HNO<sub>3</sub>-pohja, valmistaja: AccuStandard<sup>®</sup>, Lot: 213015052-01,



- 1000 µg/ml pii-alkuaineliuos ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>), 0,5 M HNO<sub>3</sub>-pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-plus, koodi: SE884, batch: S653433



- 1000 µg/ml vanadiini-alkuaineliuos ( $V_2O_5$ ), 0,5 M  $HNO_3$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3V6, batch: U636412
- 1000 µg/ml tina-alkuaineliuos atomiabsorptiospektrofotometrille, 10 % HCl-pohja, valmistaja: Fluka Analytical, Lot: 1441266 32409236, 
- 1000 µg/ml fosfori-alkuaineliuos ( $NH_4H_2PO_4$ ), 0,5 M  $HNO_3$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3P6, batch: J643114
- 1000 µg/ml arseeni-alkuaineliuos ( $As_2O_3$ ), 0,5 M  $HNO_3$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3AS6, batch: X643412
- 1000 µg/ml molybdeeni-alkuaineliuos ( $MoO_3$ ), 0,3 M  $NH_4OH$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3MO6, batch: D643424
- 1000 µg/ml titaani-alkuaineliuos ( $TiCl_4$ ), 5,0 M HCl-pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3TI6, batch: V643422
- 1000 µg/ml yttrium-alkuaineliuos ( $Y_2O_3$ ), 0,5 M  $HNO_3$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3Y6, batch: H654393
- 1000 µg/ml scandium-alkuaineliuos ( $Sc_2O_3$ ), 0,5 M  $HNO_3$ -pohja, valmistaja: Romil, PrimAg<sup>®</sup>-xtra, koodi: E3SC6, batch: O657443
- 37 % suolahappo, savuava, valmistaja: Merck, 1.13386.2500, K47534386 607, 
- 30 % suolahappo, supra purity-laatus, valmistaja: Merck, 1.00318.1000, Z035948 540, 
- 30 % vetyperoksidi, EMSURE<sup>®</sup>, valmistaja: Merck, 1.07209.1000, K47560209 606, 

- 65 % typpihappo, supra purity-laatua, valmistaja: Merck, 1.00441.1000, Z0383341 618, 

Analyysissa käytetyt laitteet olivat seuraavat:

- Induktiivisesti kytketty plasmaemissiospektrometri, Optima 8300, Perkin Elmer
  - sumuttimet:
    - Meinhard®, type A, 00472020, Perkin Elmer
    - Low Flow GemCone-sumutin, N0770358, Perkin Elmer
  - kaksi modifioitua SCD (Segmented-array Charged-coupled Device) -detektoria
- mikroaaltouuni, Multiwave Go, Anton Paar, sarjanumero: 81800704

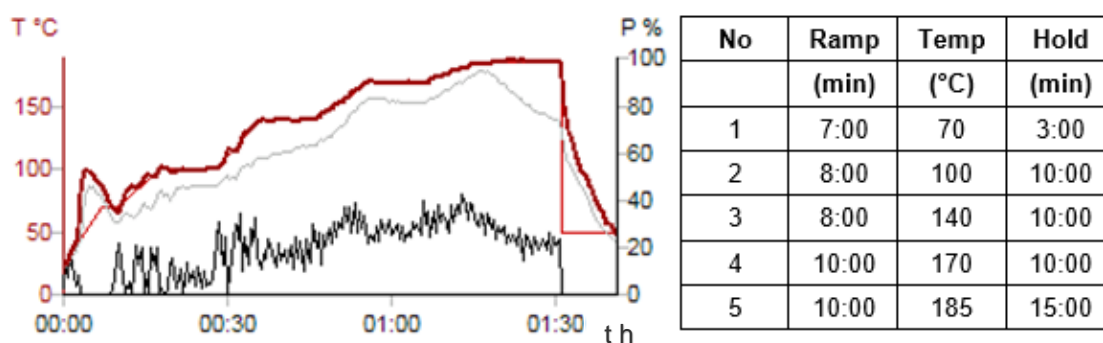
## 5 Työn toteutus

Työ suoritettiin ICP-OES-laitteella. Näytteenkäsittelyyn käytettiin kahta eri tekniikkaa, mikroaaltouunia ja kuivapolttua. Näytteiden hajotus mikroaaltouunilla validoitiin ja tätä verrattiin kuivapolttotekniikkaan.

### 5.1 Näytteiden hajotus mikroaaltouunilla

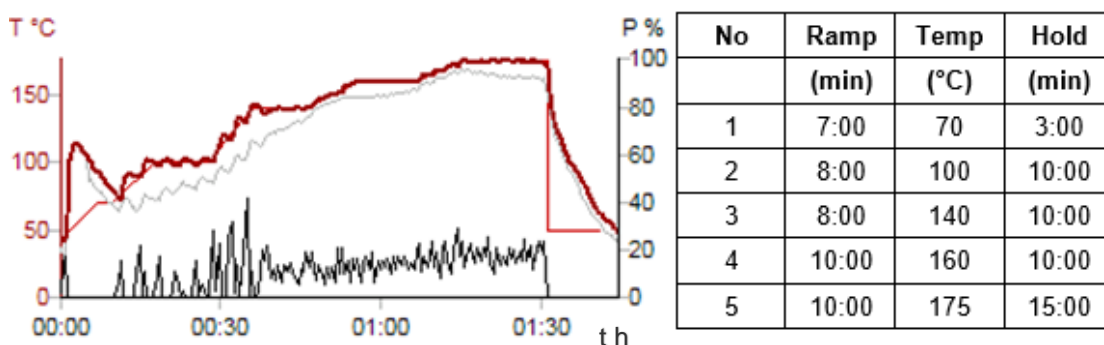
Kiinteitä rasvanäytteitä sulatettiin nestemäisiksi lämpökaapissa ja ravisteltiin hyvin. Näytteitä punnittiin noin 1 g teflon-putkiin. Punnitun näytteen päälle lisättiin hajotuksesta riippuen joko HNO<sub>3</sub> ja H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tai HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ja HCl. Putket suljettiin ja valittiin lämpötilaohjelma. Mikroaaltouunin jokaisen ohjelman loppuun sisältyy jäähdytys, jossa lämpötila laskee 20 minuutissa 50 °C:een. Hajotuksen jälkeen astiat avattiin varovasti ja näytteet siirrettiin kvantitatiivisesti 50 ml:n mittapulloihin, jotka täytettiin ionivaihdetulla vedellä merkkiin.

Näytteiden hajottamista kokeiltiin viidellä eri lämpötilaohjelmalla. Mikroaaltouunin manuaalista löytyi ohje orgaanisten näytteiden hajotukseen. Siinä lämpötila nousi 20 minuutissa 190 °C ja pysyi siinä 10 min. Manuaalin ohjetta hyödyntäen tehtiin ohjelma, jossa lämpötila nousi rampeittain 185 °C ja pysyi siinä vielä 15 minuuttia. Opinnäytetyössä käytetyssä mikroaaltouunissa oli paikka 12 hajotusastialle. Lämpötilasensori mittasi vuorotellen jokaisen astian lämpötilaa ja sääti sen mukaan mikroaaltouunin tehoa. Kuvassa 17 on esitetty mikroaaltouunin lämpötilaohjelma, jossa näkyy sekä kuumimman näyteastian lämpötila, että kaikkien näyteastioiden lämpötilojen keskiarvo.



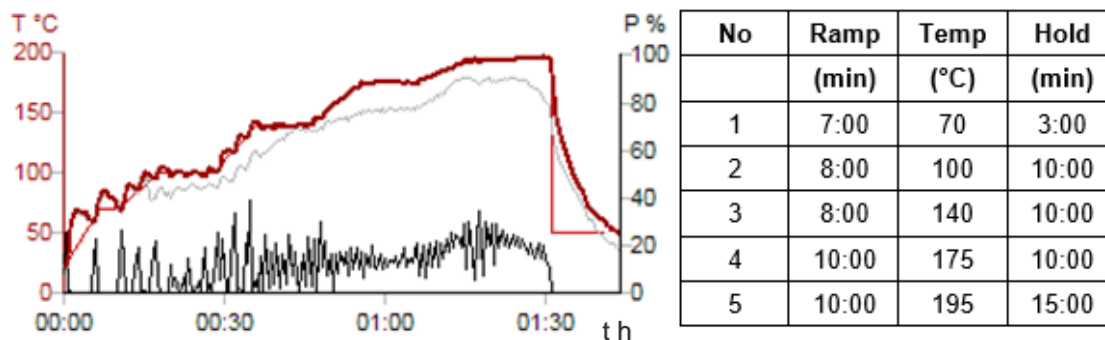
Kuva 17. Ensimmäisen mikroaaltouunihajotuksen kuvaaja, jossa maksimilämpötila (punainen viiva), lämpötilojen keskiarvo (harmaa viiva) ja teho (musta viiva) ovat ajan funktiona. Taulukossa on esitetty lämpötilan nousu- ja pitoajat.

Toisessa hajotuksessa testattiin hajoavatko näytteet matalamassa lämpötilassa, jolloin näytteenkäsittely olisi nopeampaa. Siinä neljättä ja viidettä ramppia laskettiin 10 °C, jolloin lämpötila nousi vaiheittain 175 °C (Kuva 18).



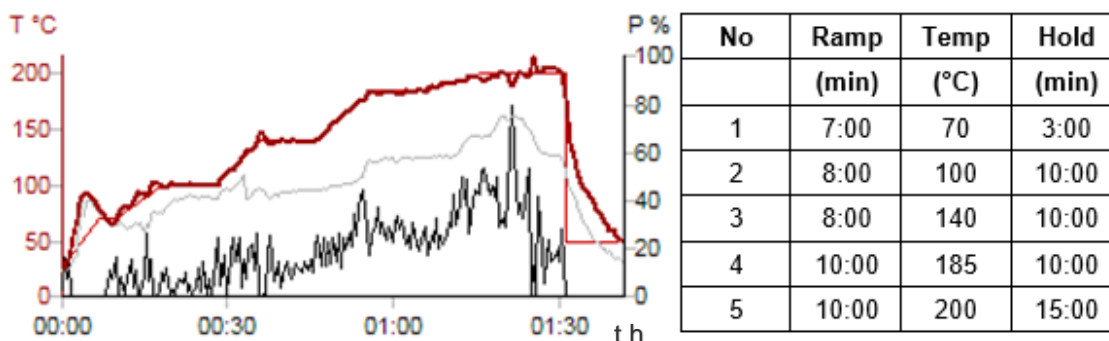
Kuva 18. Toisen mikroaaltouunihajotuksen kuvaaja, jossa maksimilämpötila (punainen viiva), lämpötilojen keskiarvo (harmaa viiva) ja teho (musta viiva) ovat ajan funktiona. Taulukossa on esitetty lämpötilan nousu- ja pitoajat.

Matalamman lämpötilaohjelman lisäksi näytteiden hajottamista kokeiltiin myös alkuperäistä korkeammissa lämpötiloissa paremman hajotuksen saavuttamiseksi. Kolmannessa mikroaaltouunihajotuksessa neljättä ramppia nostettiin alkuperäiseen verrattuna 5 °C ja viidettä 10 °C, jolloin lämpötila nousi vaiheittain 195 °C (kuva 19).



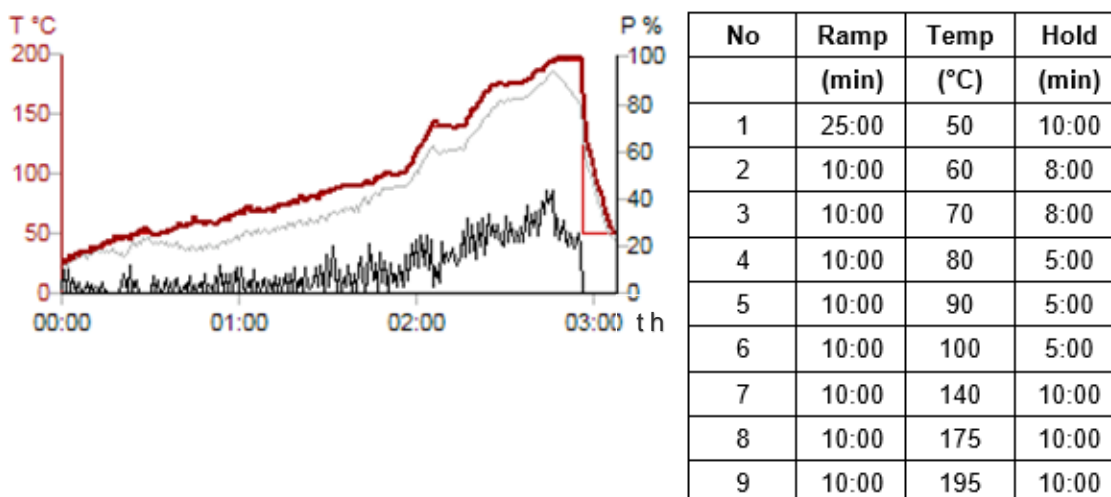
Kuva 19. Kolmannen mikroaaltouunihajotuksen kuvaaja jossa maksimilämpötila (punainen viiva), lämpötilojen keskiarvo (harmaa viiva) ja teho (musta viiva) ovat ajan funktiona. Taulukossa on esitetty lämpötilan nousu- ja pitoajat.

Neljännessä hajotuksessa lämpötilaa nostettiin vielä 10 °C neljännessä rampissa ja 5 °C viidennessä rampissa. Tällöin lämpötila nousi vaiheittain 200 °C (kuva 20).



Kuva 20. Neljännen mikroaaltouunihajotuksen kuvaaja, jossa maksimilämpötila (punainen viiva), lämpötilojen keskiarvo (harmaa viiva) ja teho (musta viiva) ovat ajan funktiona. Taulukossa on esitetty lämpötilan nousu- ja pitoajat.

Mikroaaltouunin menetelmää kehittäessä hajotus epäonnistui useasti. Todettiin, että näyte ja typpihappo muodostivat keskenään eksotermisen reaktion, minkä seurauksena lämpötila näyteastiassa kohosi liian nopeasti. Viidennessä hajotuksessa lämpötilannousua muutettiin ohjelman alusta loivemmaksi, jolloin lämpötila nousi hitaasti 50 °C:een ja sitten vaiheittain 195 °C (kuva 21). Validointi suoritettiin tällä menetelmällä.



Kuva 21. Viidennen mikroaaltouunihajotuksen kuvaaja, jossa maksimilämpötila (punainen viiva), lämpötilojen keskiarvo (harmaa viiva) ja teho (musta viiva) ovat ajan funktiona. Taulukossa lämpötilannousun ajat.

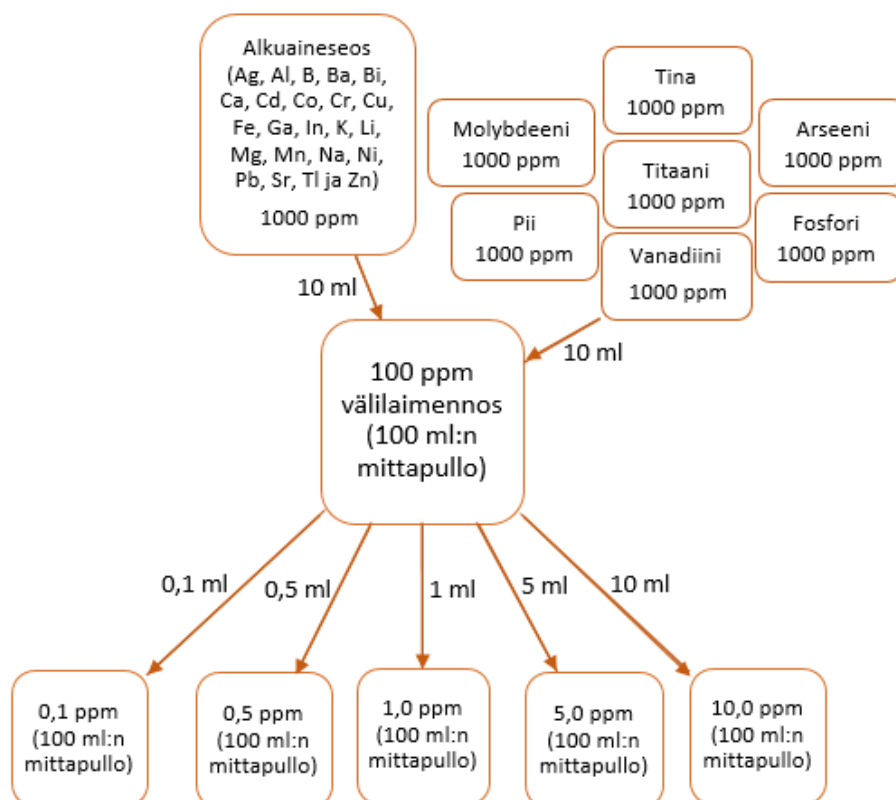
Erilaisten lämpötilaohjelmien lisäksi testattiin näytteiden hajottamista eri happoseoksilla. Ensimmäisessä kokeilussa näytteiden päälle pipetoitiin 6 ml typpihappoa ja 2 ml vetyperoksidia ja toisessa seokseen lisättiin edellä mainittujen lisäksi 2 ml suolahappoa. Eri happoseosten testaus suoritettiin viidennellä lämpötilaohjelmalla, jossa lämpötila nousee rampeittain 195 °C.

## 5.2 Näytteiden hajotus kuivapoltolla

Näytettä punnittiin noin 10 g platinamaljalle ja otettiin punnitustulos ylös. Näyte sytytettiin tuleen bunsen-polttimella ja annettiin palaa loppuun asti. Poltettu näyte siirrettiin 525 °C muhveliuuniin, jossa sitä pidettiin yön yli. Tuhkastettu näyte liuotettiin 10 ml HCl ja siirrettiin kvantitatiivisesti 50 ml mittapulloon, joka täytettiin ionivaihdetulla vedellä merkkiin.

## 5.3 Kalibrintiliuosten valmistus

Kalibrintiliuokset valmistettiin kuvan 22 mukaan. Liuoksiin lisättiin joko 20 ml suolahappoa tai 8 ml typpihappoa, jotta standardit vastasivat näytteitä. Suolahappopohjaisia standardeja käytettiin, kun näyte oli hajotettu kuivapoltolla ja typpihappopohjaisia, kun näyte oli hajotettu mikroaaltouunilla.



Kuva 22. Kalibroitiliuosten valmistus.

Kalibroitiliuosten lisäksi valmistettiin standardinäytteet, joilla seurattiin mittauksissa tapahtuvaa vaihtelua. QC (Quality Control) -näytteiden pitoisuudet olivat 0,4 ppm ja 2,0 ppm. Liuokset valmistettiin erillisistä standardeista ja myös niihin lisättiin näytteistä riippuen joko suolahappoa tai typpihappoa.

#### 5.4 Sisäisen standardin valmistus

Sisäisenä standardina käytettiin scandiumia ja yttriumia. 1 ppm työliuos valmistettiin 1000 ppm scandium- ja 1000 ppm yttrium-kantaliuoksista, joista tehtiin ensin 100 ppm välilaimennos. Liuokset tehtiin ksyleeniin.

## 5.5 Näytteen analysointi ICP-OES-laitteella

Plasma sytytettiin vähintään puoli tuntia ennen analysointia, jotta systeemi ehti stabiloitua. Stabiloitumisen jälkeen signaalille selvitetiin parhaimmat mittaussasennot. Aksiaalinen mittaussasento säädettiin 1 ppm mangaaniliuoksella ja radiaalinen 10 ppm mangaaniliuoksella. Laite mittasi molemmille mittaussasenoille intensiteetit aallonpituudella 216,57 nm ja paikallisti säteilyalueelta (kuva 8) kohdat, jotka antoivat näille suurimmat intensiteetit.

Alkuvalmistelujen jälkeen valittiin haluttu menetelmä. Mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla hajotetut näytteet analysoitiin muuten samalla menetelmällä, mutta mikroaaltouunilla hajotettuja näytteitä analysoitaessa tutkittaviin alkuaineisiin lisättiin titaani. Menetelmässä määritetään analysoitavat alkuaineet sekä plasman, pumpun ja spektrometrin parametrit (taulukot 1, 2 ja 3).

Taulukko 1. Plasman mittaolosuhteet.

Mittaussasento	Plasmakaasu (l/min)	Lisäkaasu (l/min)	Sumuttimen Ar-virtaus (l/min)	RF-virran teho (W)
aksiaalinen	15,0	0,2	0,60	1450
radiaalinen	15,0	0,2	0,70	1450

Taulukko 2. Pumpun asetukset.

Näytteen virtausnopeus (ml/min)	1,5
Näytteen huuhteluaika (s)	3,0
Huuhtelun virtausnopeus (ml/min)	1,5
Huuhtelun kesto (s)	90

Taulukko 3. Analysoitavat alkuaineet ja niiden aallonpituudet. Sekä alkuainekohtaiset sisäiset standardit ja niiden aallonpituudet.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	Sisäinen standardi	Sisäinen standardin aallonpituus (nm)
Alumiini	308,215	Yttrium	371,029
Alumiini	396,155	Yttrium	371,029
Arseeni	193,697	Scandium	361,387
Arseeni	197,200	Scandium	361,387
Boori	208,887	Yttrium	371,029
Boori	249,677	Yttrium	371,029
Boori	249,772	Yttrium	371,029
Barium	233,528	Scandium	361,387
Kalsium	317,933	Scandium	361,387
Kadmium	228,801	Scandium	361,387
Koboltti	228,617	Scandium	361,387
Kromi	267,709	Scandium	361,387
Kupari	327,397	Scandium	361,387
Rauta	259,939	Scandium	361,387
Rauta	238,204	Scandium	361,387
Kalium	766,449 rad	Yttrium	371,029 rad
Litium	670,76 rad	Yttrium	371,029 rad
Magnesium	285,211	Yttrium	371,029
Mangaani	257,613	Scandium	361,387
Molybdeeni	202,032	Scandium	361,387
Natrium	589,569 rad	Yttrium	371,029 rad
Natrium	588,969 rad	Scandium	361,387 rad
Nikkeli	231,604	Scandium	361,387
Nikkeli	227,022	Scandium	361,387
Fosfori	214,914	Scandium	361,387
Fosfori	213,617	Scandium	361,387
Lyijy	220,353	Scandium	361,387
Pii	251,611	Scandium	361,387
Tina	242,170	Yttrium	371,029
Tina	283,998	Yttrium	371,029
Tina	235,485	Yttrium	371,029
Strontium	407,771 rad	Scandium	361,387 rad
Titaani	334,940	Yttrium	371,029
Vanadiini	290,881	Scandium	361,387
Vanadiini	311,071	Scandium	361,387
Sinkki	206,200	Scandium	361,387
Sinkki	213,857	Yttrium	371,029



Menetelmän valinnan jälkeen laite kalibroitiin ja ajettiin QC-näytteet. Näiden näytteiden pitoisuudet saivat poiketa korkeintaan 10 % niiden oikeasta arvosta. Mikäli näytteet eivät asettuneet rajojen sisälle, tehtiin joko uudet kalibrointiliuokset ja QC-näytteet tai tarkistettiin mittaolosuhteet, kuten näytteensyöttö ja sumutus. Tämän jälkeen laite oli valmis näytteiden analysointiin. Joka viidennen näytteen jälkeen tarkistettiin laitteen stabiilisuus analysoimalla QC-näytteet. Jos näytteet menivät rajojen sisälle, jatkettiin analysointia ajamalla blank ja seuraavat viisi näytettä.

## 6 Tulokset

Työ voidaan jakaa kolmeen osioon, mikroaaltouunimenetelmän kehitykseen, näytteenkäsittelytekniikoiden vertailuun ja validointiin. Tulosten laskemisessa käytettiin tilastollisia menetelmiä.

### 6.1 Mikroaaltouunimenetelmän kehitys

Mikroaaltouunilla hajotettuja näytteitä analysoitaessa ICP-OES -laitteella huomattiin, että ensimmäisen ja kolmannen mikroaaltouunihajotuksen näytteet (kuvat 17 ja 19, s. 21-22) eivät olleet hajonneet riittävästi. Tämä ilmeni, kun mittauksissa käytetty Meinhard<sup>®</sup>-sumutin tukkeutui. Todettiin ettei toisen mikroaaltouunihajotuksen näytteitä (kuva 18, s. 22) kannattanut analysoida, koska niiden hajotuksessa oli käytetty edellä mainittuja hajotuksia matalampaa lämpötilaa.

Ongelman ratkaisemiseksi näytteet hajotettiin ohjelmalla, jossa mikroaaltouunin lämpötila nostettiin lopussa aiempaa korkeammaksi. Tämä ei kuitenkaan auttanut asiaa ja Meinhard<sup>®</sup>-sumutin tukkeutui jälleen. Hajotusta tehostettiin lisäämällä näytteisiin typpihapon ja vetyperoksidin lisäksi suolahappoa. Tällöin hajotusastioiden pohjalle jäi hajoamatonta rasvaa.

Koska lämpötilan nosto ja suolahapon lisääminen eivät ratkaisseet ongelmaa, vaihdettiin käytössä ollut Meinhard<sup>®</sup>-sumutin GemCone-sumuttimeen, joka ei tukkeutunut yhtä helposti. Näytteet saatiin analysoitua ja viralliseksi menetelmäksi valittiin viides mikroaaltouunihajotus, jossa lämpötila nousee hitaasti 50 °C ja sitten vaiheittain 195 °C:een (kuva 21, s. 23).

## 6.2 Näytteenkäsittelytekniikoiden vertailu

Mikroaaltouunia verrattiin kuivapolttoon, jota laboratorio käyttää näytteiden käsittelyssä. Tutkittavat rasvanäytteet hajotettiin molemmilla tekniikoilla ja saaduista tuloksista tehtiin t-testi, jolla nähtiin eroavatko tulokset toisistaan tilastollisesti. Tämän lisäksi sekä mikroaaltouunilla että kuivapoltolla hajotettuihin näytteisiin tehtiin standardinlisäykset ja laskettiin saanto-%.

### 6.2.1 T-testit

Sekä mikroaaltouunilla että kuivapoltolla hajotetut näytteet on mitattu 6 kertaa. Tulokset on esitetty liitteessä 2.

Ensin selvitettiin F-testeillä eroavatko näytteiden keskihajonnat toisistaan tilastolliset merkitsevästi luottamustasolla 95 %. Tuloksista riippuen tehtiin t-testit, joissa varianssit oletettiin joko erisuuriksi tai yhtä suuriksi. T-testeillä selvitettiin, onko menetelmien välillä keskiarvoilla eroa. (Taulukko 4)

Taulukko 4. Näytteiden t-testeistä saadut p-arvot. Kun P-arvo on suurempi kuin 0,05, menetelmät eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi luottamustasolla 95 % (merkitty vihreällä).

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	Palmuöljyn P-arvot	Ruokaöljyn P-arvot	Eläinrasvan P-arvot
Al	308,215	5,6E-06	6,8E-10	8,66E-06
Al	396,155	7,0E-06	1,7E-09	9,45E-07
As	193,697	2,2E-11	4,6E-09	8,09E-09
As	197,200	3,8E-03	1,1E-02	9,96E-02
B	208,887	6,9E-03	2,8E-01	1,21E-01
B	249,677	4,5E-05	1,7E-04	7,51E-05
B	249,772	1,7E-05	6,5E-05	4,20E-05
Ba	233,528	8,0E-04	2,3E-08	9,06E-05
Ca	317,933	5,5E-08	3,7E-06	2,49E-05
Cd	228,801	2,8E-02	1,0E-01	5,45E-02
Co	228,617	5,5E-02	3,1E-11	5,62E-03
Cr	267,709	8,4E-05	5,0E-03	7,30E-03
Cu	327,397	8,5E-03	3,6E-05	4,48E-04
Fe	259,939	1,2E-02	3,9E-10	6,46E-12
Fe	238,204	7,2E-02	1,2E-08	1,34E-07
K	766,449 rad	3,7E-02	3,6E-09	3,85E-06
Li	670,76 rad	3,3E-03	8,6E-08	9,60E-08
Mg	285,211	8,1E-02	2,8E-02	2,26E-02
Mn	257,613	2,4E-02	4,7E-03	4,26E-03
Mo	202,032	7,0E-01	7,1E-01	5,41E-01
Na	589,569 rad	7,8E-01	3,3E-03	7,68E-01
Na	588,969 rad	1,9E-06	2,6E-06	2,49E-07
Ni	231,604	2,0E-02	3,2E-01	6,67E-02
Ni	227,022	3,1E-03	6,2E-02	3,41E-02
P	214,914	3,6E-05	7,6E-07	2,93E-01
P	213,617	4,7E-01	6,9E-08	6,01E-03
Pb	220,353	1,7E-01	5,5E-01	6,46E-01
Si	251,611	5,0E-06	1,7E-03	1,15E-02
Sn	242,170	8,5E-04	5,5E-07	1,29E-09
Sn	283,998	2,5E-01	7,9E-01	1,76E-02
Sn	235,485	7,4E-09	4,4E-03	6,98E-01
Sr	407,771 rad	4,0E-02	6,5E-01	6,66E-01
V	290,881	1,6E-02	9,3E-05	1,24E-04
V	311,071	6,1E-05	1,3E-16	4,89E-15
Zn	206,200	3,0E-01	7,9E-01	4,75E-02
Zn	213,857	5,8E-01	2,6E-03	6,34E-04

### 6.2.2 Saanto

Mikroaaltouunilla hajotettaviin näytteisiin tehtiin 2,5 mg/l lisäys ja näytteet analysoitiin 10 kertaa. Kuivapoltolla hajotettaviin näytteisiin tehtiin 5,0 mg/l lisäys ja näytteet analysoitiin 6 kertaa. Saanto-% tulokset on esitetty liitteessä 3. Saanto-% laskettiin keskiarvot, jotka on esitetty taulukoissa 5-7.

Saanto-% laskemista varten standardinlisäysnäytteiden ja näytteiden tulokset muunnettiin mg/kg yksiköstä mg/l yksikköön. Muunnoksessa käytettiin kaavaa 3 ja saanto-% laskettiin kaavalla 4.

$$\text{Näytteen tulos } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right) \times \frac{\text{näytteen punnitusmäärä (g)}}{\text{näytteen tilavuus (l)}} = \text{näytteen tulos } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)$$

Kaava 3. Yksikönmuunnoskaava

$$\frac{\text{standardinlisäysnäyte } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) - \text{näyte } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{\text{standardinlisäys } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} * 100$$

Kaava 4. Saanto-%:n laskemiskaava

Taulukko 5. Keskiarvot palmuöljyn saanto-% mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla hajotettuna.

Alku- aine	Aallonpituus (nm)	Saanto-%:n keskiarvo mikroaaltouunilla hajotettuna (%)	Saanto-%:n keskiarvo kuivapoltolla hajotettuna (%)
Al	308,215	95,9	70,2
Al	396,155	95,0	70,5
As	193,697	109,1	10,4
As	197,200	108,4	8,8
B	208,887	94,6	-1,0
B	249,677	96,1	-0,4
B	249,772	96,3	0,2
Ba	233,528	105,7	80,4
Ca	317,933	104,7	60,4
Cd	228,801	96,9	82,3
Co	228,617	107,6	93,0
Cr	267,709	103,3	78,3
Cu	327,397	104,2	88,2
Fe	259,939	103,3	42,8
Fe	238,204	104,7	54,8
K	766,449 rad	100,8	87,6
Li	670,76 rad	95,5	90,4
Mg	285,211	92,9	82,8
Mn	257,613	104,1	92,1
Mo	202,032	106,2	91,9
Na	589,569 rad	99,8	85,6
Na	588,969 rad	99,6	90,8
Ni	231,604	107,6	93,8
Ni	227,022	104,7	88,4
P	214,914	104,1	73,3
P	213,617	107,6	47,1
Pb	220,353	104,5	75,5
Si	251,611	93,5	-3,1
Sn	242,170	98,7	27,1
Sn	283,998	97,6	49,9
Sn	235,485	107,0	-2,3
Sr	407,771 rad	101,2	0,1
Ti	334,940	104,0	-
V	290,881	102,4	90,5
V	311,071	104,9	93,0
Zn	206,200	107,6	83,6
Zn	213,857	103,3	84,0

Taulukko 6. Keskiarvot ruokaöljyn saanto-% mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla hajotettuna.

Alku- aine	Aallonpituus (nm)	Saanto-%:n keskiarvo mikroaaltouunilla hajotettuna (%)	Saanto-%:n keskiarvo kuivapoltolla hajotettuna (%)
Al	308,215	98,3	94,5
Al	396,155	96,2	95,4
As	193,697	108,1	39,8
As	197,200	107,7	36,6
B	208,887	94,9	-0,6
B	249,677	96,8	1,7
B	249,772	96,6	2,1
Ba	233,528	106,0	24,6
Ca	317,933	106,0	93,7
Cd	228,801	97,9	57,8
Co	228,617	107,8	99,6
Cr	267,709	103,3	98,8
Cu	327,397	105,3	97,2
Fe	259,939	103,0	107,6
Fe	238,204	104,9	108,3
K	766,449 rad	100,5	98,3
Li	670,76 rad	96,5	96,3
Mg	285,211	94,6	95,1
Mn	257,613	104,1	102,0
Mo	202,032	107,2	95,1
Na	589,569 rad	101,1	98,0
Na	588,969 rad	99,1	97,6
Ni	231,604	107,6	100,8
Ni	227,022	104,7	96,7
P	214,914	104,6	94,0
P	213,617	107,7	94,9
Pb	220,353	104,7	87,1
Si	251,611	93,5	33,9
Sn	242,170	100,1	56,9
Sn	283,998	105,2	75,0
Sn	235,485	101,2	67,8
Sr	407,771 rad	100,5	0,3
Ti	334,940	105,0	-
V	290,881	102,7	97,8
V	311,071	105,0	98,3
Zn	206,200	106,8	102,9
Zn	213,857	104,0	105,6

Taulukko 7. Keskiarvot eläinrasvan saanto-% mikroaaltouunilla ja kuivapoltolla hajotettuna.

Alku- aine	Aallonpituus (nm)	Saanto-%:n keskiarvo mikroaaltouunilla hajotettuna (%)	Saanto-%:n keskiarvo kuivapoltolla hajotettuna (%)
Al	308,215	102,0	86,0
Al	396,155	100,0	86,3
As	193,697	108,9	36,5
As	197,200	108,5	34,2
B	208,887	100,5	-1,3
B	249,677	100,9	0,3
B	249,772	101,0	0,7
Ba	233,528	106,5	87,1
Ca	317,933	105,8	96,5
Cd	228,801	103,0	50,0
Co	228,617	109,3	92,9
Cr	267,709	103,2	88,7
Cu	327,397	105,3	88,0
Fe	259,939	104,7	96,7
Fe	238,204	106,4	98,4
K	766,449 rad	102,6	94,0
Li	670,76 rad	97,2	87,8
Mg	285,211	99,1	89,5
Mn	257,613	105,2	94,1
Mo	202,032	105,6	93,3
Na	589,569 rad	102,4	94,4
Na	588,969 rad	101,1	91,8
Ni	231,604	109,7	93,9
Ni	227,022	105,8	90,4
P	214,914	107,6	104,0
P	213,617	111,5	75,5
Pb	220,353	105,9	72,4
Si	251,611	97,1	37,5
Sn	242,170	104,3	36,6
Sn	283,998	106,1	60,5
Sn	235,485	104,1	48,7
Sr	407,771 rad	100,7	0,4
Ti	334,940	104,4	-
V	290,881	102,5	91,2
V	311,071	105,0	92,4
Zn	206,200	110,0	89,9
Zn	213,857	109,9	91,9

## 6.3 Validointi

Validointi on tärkeä toimenpide kemiallisen analyysin antamien tulosten luotettavuuden kannalta. Validoinnissa saatuja tuloksia tarkasteltiin erilaisin tilastollisin menetelmin.

### 6.3.1 Toteamis- ja määrittämissrajat

Toteamisrajana pidetään sitä pitoisuutta, jolla voidaan todeta näytteessä olevan määrittävää yhdistettä. Määrittämissraja on alin pitoisuus, joka voidaan kvantitatiivisesti määrittää. Toteamis- ja määrittämissraja selvitettiin mittaamalla 30 rinnakkaismäärittystä nollanäyteistä (liite 1), jotka sisälsivät hyvin vähän tutkittavaa yhdistettä (kaavat 5 ja 6, taulukko 8).

$$LOD = \bar{x} + 3s$$

Kaava 5. Toteamisrajan laskukaava.

$$LOQ = \bar{x} + 10s$$

Kaava 6. Määrittämissrajan laskukaava.



Taulukko 8. Validoinnissa saadut toteamis- ja määrittäysrajat.

Alku- aine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	Keskiarvo (µg/l)	Keskihajonta (µg/l)	Toteamisraja (µg/l)	Määrittäysraja (µg/l)
Al	308,215	44	21	110	260
Al	396,155	44	17	100	220
As	193,697	13	31	110	330
As	197,200	0	20	60	210
B	208,887	7	14	50	150
B	249,677	21	10	50	120
B	249,772	21	10	60	130
Ba	233,528	1	9	30	100
Ca	317,933	67	155	540	1700
Cd	228,801	-11	7	20	70
Co	228,617	-3	10	30	100
Cr	267,709	-6	6	20	60
Cu	327,397	37	18	100	220
Fe	259,939	-37	27	50	230
Fe	238,204	-30	25	50	230
K	766,449 rad	26	51	180	540
Li	670,76 rad	29	18	90	220
Mg	285,211	28	12	70	150
Mn	257,613	-16	7	6	60
Mo	202,032	4	11	40	120
Na	589,569 rad	25	23	100	260
Na	588,969 rad	75	42	200	500
Ni	231,604	-14	9	20	80
Ni	227,022	-15	11	20	90
P	214,914	31	27	120	300
P	213,617	34	23	110	270
Pb	220,353	-11	11	30	100
Si	251,611	-29	23	40	200
Sn	242,170	66	115	420	1300
Sn	283,998	28	60	210	630
Sn	235,485	68	106	390	1200
Sr	407,771 rad	-7	13	40	130
Ti	334,940	2	8	30	90
V	290,881	6	7	30	80
V	311,071	14	13	60	150
Zn	206,200	-6	13	40	130
Zn	213,857	0	12	40	130

### 6.3.2 Toistettavuus

Selvitettiin, onko mikroaaltouunin neljä eri hajotusta keskenään toistettavia. Näytteet mitattiin kolmena peräkkäisenä päivänä (Liite 4).

Mittaustuloksista tehtiin yksisuuntainen ANOVA, josta saatiin arvot F-lasketulle ja F-kriittiselle. Jos F-laskettu on pienempi kuin F-kriittinen hajotusten välillä ei ole eroa tilastollisesti merkitsevästi 95 % luottamustasolla. Yksisuuntaisista ANOVA:sta saadut tulokset on esitetty taulukoissa 9-11.

Taulukko 9. Palmuöljyn F-laskettu ja F-kriittinen.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	F-laskettu	F-kriittinen
Al	308,215	14,28	2,78
Al	396,155	10,69	2,78
As	193,697	1,74	2,78
As	197,200	18,77	2,78
B	208,887	17,85	2,78
B	249,677	10,32	2,78
B	249,772	4,18	2,78
Ba	233,528	12,23	2,78
Ca	317,933	99,46	2,78
Cd	228,801	1,11	2,78
Co	228,617	3,69	2,78
Cr	267,709	0,87	2,78
Cu	327,397	8,67	2,78
Fe	259,939	14,11	2,78
Fe	238,204	34,48	2,78
K	766,449 rad	17,83	2,78
Li	670,76 rad	27,44	2,78
Mg	285,211	22,56	2,78
Mn	257,613	3,08	2,78
Mo	202,032	4,73	2,78
Na	589,569 rad	40,36	2,78
Na	588,969 rad	7,87	2,78
Ni	231,604	0,43	2,78
Ni	227,022	3,58	2,78
P	214,914	17,69	2,78
P	213,617	12,30	2,78
Pb	220,353	1,97	2,78
Si	251,611	8,93	2,78
Sn	242,170	8,29	2,78
Sn	283,998	6,93	2,78
Sn	235,485	17,11	2,78
Sr	407,771 rad	6,44	2,78
Ti	334,940	1,96	2,78
V	290,881	6,14	2,78
V	311,071	4,88	2,78
Zn	206,200	3,35	2,78
Zn	213,857	5,69	2,78

Taulukko 10. Näytteen 2 F-laskettu ja F-kriittinen.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	F-laskettu	F-kriittinen
Al	308,215	9,39	2,78
Al	396,155	12,82	2,78
As	193,697	16,50	2,78
As	197,200	7,39	2,78
B	208,887	4,09	2,78
B	249,677	4,00	2,78
B	249,772	4,09	2,78
Ba	233,528	11,80	2,78
Ca	317,933	42,76	2,78
Cd	228,801	1,13	2,78
Co	228,617	7,47	2,78
Cr	267,709	0,19	2,78
Cu	327,397	14,76	2,78
Fe	259,939	2,01	2,78
Fe	238,204	4,18	2,78
K	766,449 rad	4,21	2,78
Li	670,76 rad	10,98	2,78
Mg	285,211	8,22	2,78
Mn	257,613	2,79	2,78
Mo	202,032	1,02	2,78
Na	589,569 rad	1,45	2,78
Na	588,969 rad	0,86	2,78
Ni	231,604	2,75	2,78
Ni	227,022	0,84	2,78
P	214,914	0,43	2,78
P	213,617	9,78	2,78
Pb	220,353	2,68	2,78
Si	251,611	4,08	2,78
Sn	242,170	2,30	2,78
Sn	283,998	34,64	2,78
Sn	235,485	6,59	2,78
Sr	407,771 rad	2,98	2,78
Ti	334,940	0,92	2,78
V	290,881	16,48	2,78
V	311,071	5,44	2,78
Zn	206,200	4,97	2,78
Zn	213,857	7,88	2,78

Taulukko 11. Näytteen 3 F-laskettu ja F-kriittinen.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	F-laskettu	F-kriittinen
Al	308,215	8,87	2,78
Al	396,155	13,53	2,78
As	193,697	13,91	2,78
As	197,200	7,41	2,78
B	208,887	5,63	2,78
B	249,677	5,36	2,78
B	249,772	5,20	2,78
Ba	233,528	11,77	2,78
Ca	317,933	47,69	2,78
Cd	228,801	0,32	2,78
Co	228,617	7,25	2,78
Cr	267,709	0,16	2,78
Cu	327,397	8,65	2,78
Fe	259,939	2,23	2,78
Fe	238,204	0,25	2,78
K	766,449 rad	14,54	2,78
Li	670,76 rad	10,39	2,78
Mg	285,211	14,27	2,78
Mn	257,613	1,78	2,78
Mo	202,032	1,55	2,78
Na	589,569 rad	0,81	2,78
Na	588,969 rad	1,81	2,78
Ni	231,604	1,13	2,78
Ni	227,022	3,16	2,78
P	214,914	40,84	2,78
P	213,617	12,95	2,78
Pb	220,353	1,61	2,78
Si	251,611	18,50	2,78
Sn	242,170	3,53	2,78
Sn	283,998	43,56	2,78
Sn	235,485	10,39	2,78
Sr	407,771 rad	4,07	2,78
Ti	334,940	0,71	2,78
V	290,881	16,44	2,78
V	311,071	5,26	2,78
Zn	206,200	4,69	2,78
Zn	213,857	4,50	2,78

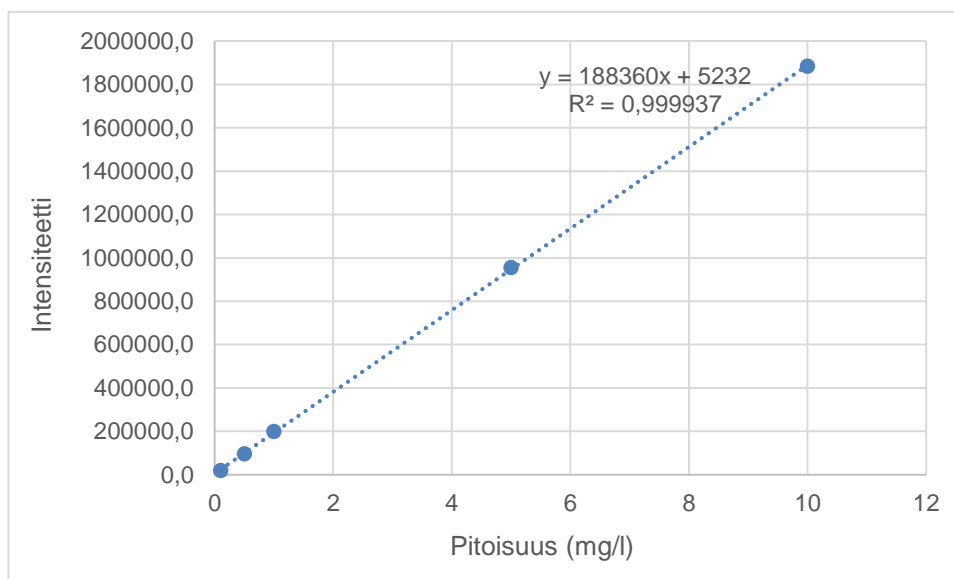
### 6.3.3 Lineaarisuus ja mittausalue

Menetelmän mittausalueeksi määritellään alue, jonka sisällä laitteen antamilla vasteilla ja näytteiden pitoisuuksien välillä on lineaarinen korrelaatio. Lineaarisuutta tutkittiin kolmen eri päivän kalibroinnin perusteella (liite 5). Tuloksista laskettiin ensin keskiarvot ja keskihajonnat, joista laskettiin vielä suhteelliset keskihajonnat.

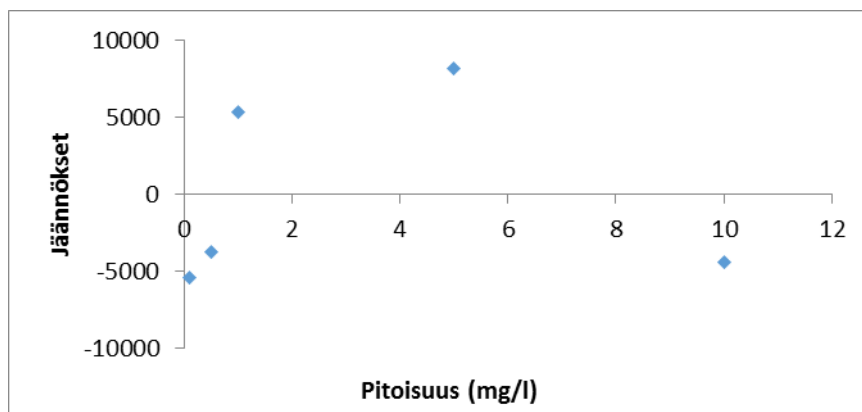
Tuloksista nähdään, että mangaanilla (257,610 nm) ja vanadiinilla (290,880 nm) on pienimmät suhteelliset keskihajonnat. Näistä esimerkkinä mangaanin tulokset taulukossa 12 ja kuvissa 23 ja 24.

Taulukko 12. Mangaanin kolmen päivän kalibrointisuorien tulokset.

Pitoisuus (mg/l)	Intensiteetti 12.5.	Intensiteetti 13.5.	Intensiteetti 16.5.	Intensiteettien keskiarvo	Intensiteettien keskihajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)
0,1	18598,5	19010,1	18250,5	18619,7	380,2	2,0
0,5	96136,1	96039,4	94915,3	95696,9	678,6	0,7
1,0	198077,0	200537,9	198233,4	198949,4	1377,9	0,7
5,0	953565,6	960910,3	951223,8	95233,2	5054,0	0,5
10,0	1897443,3	1893582,1	1862273,6	1884433,0	19287,5	1,0



Kuva 23. Mangaanin kalibrointisuora, jossa x-akselilla on kalibrointiliuosten pitoisuus (mg/l) ja y-akselilla keskiarvo kolmen päivän intensiteeteistä.

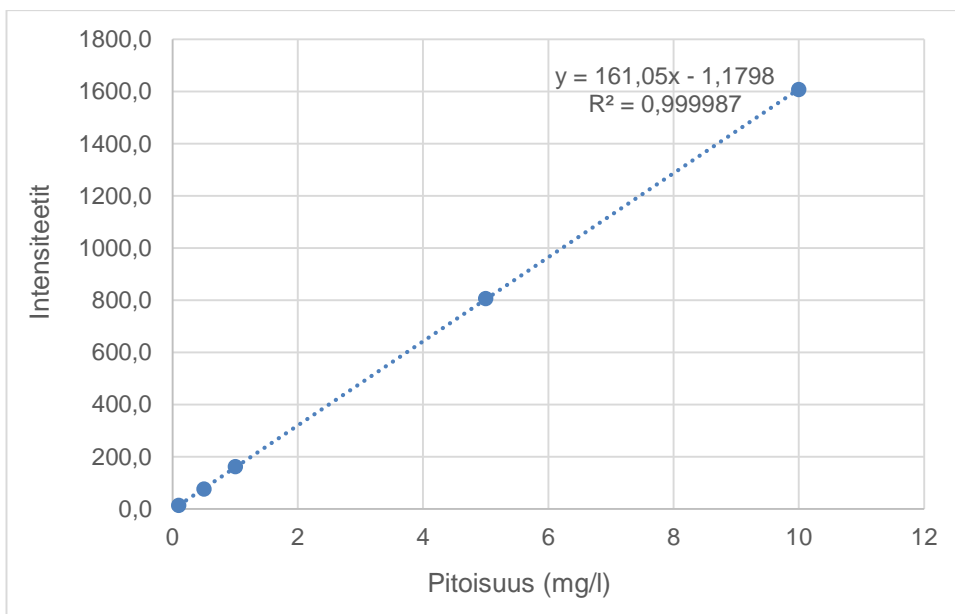


Kuva 24. Mangaanin residuaalien jakautuminen.

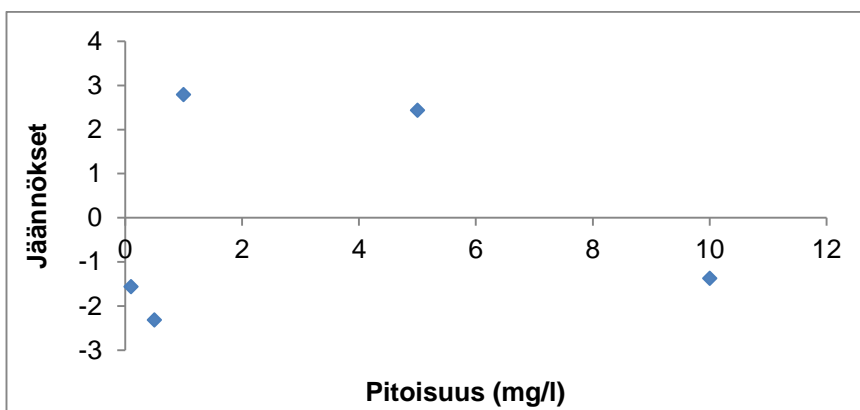
Suurimmat suhteelliset keskihajonnat ovat alumiinilla (308,215 nm), kaliumilla (766,460 nm) ja fosforilla (213,617 nm). Näistä esimerkkinä fosforin tulokset taulukossa 13 ja kuvissa 25 ja 26.

Taulukko 13. Fosforin kolmen päivän kalibrointisuorien tulokset.

Pitoisuus (mg/l)	Intensiiteetti 12.5.	Intensiiteetti 13.5.	Intensiiteetti 16.5.	Intensiiteettien keskiarvo	Intensiiteettien keskihajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)
0,1	14,5	13,1	12,5	13,4	1,0	7,7
0,5	83,2	74,8	73,1	77,0	5,4	7,0
1,0	172,2	155,7	160,1	162,7	8,5	5,3
5,0	846,1	778,7	794,7	806,5	35,2	4,4
10,0	1698,5	1543,3	1582,0	1607,9	80,8	5,0



Kuva 25. Fosforin kalibrintisuora, jossa x-akselilla on kalibrintiliuosten pitoisuus (mg/l) ja y-akselilla keskiarvo kolmen päivän intensiteeteistä.



Kuva 26. Fosforin residuaalien jakautuminen.

## 7 Tulosten käsittely

Vertailtaessa kuivapoltolla ja mikroaaltounilla hajotettujen näytteiden tuloksia, nähdään että näytteenkäsittelytekniikat eroavat selvästi toisistaan. Näytteenkäsittelyt eroavat tilastollisesti merkitsevästi 95 % luottamustasolla suurimmalla osalla tutkittavista alkuaineista. Vain muutamalla alkuaineella, kuten kadmiumilla, molybdeenilla, nikkelillä, lyijyllä ja sinkillä näytteenkäsittelyt eivät eroa tilastollisesti. Nämä alkuaineet ovat yleisestikin helppoja analysoida, eivätkä tuota mittauksissa ongelmia.



Mikroaaltouunilla hajotetuilla näytteillä saavutettiin paremmat saanto-%. Tulos vastaa ennakko-oletusta, koska tiedettiin, että avoimista astioista haihtuu joitakin alkuaineita. Erityisesti tämä nähdään helposti haihtuvien alkuaineiden, kuten arseenin ja boorin kohdalla, joiden saanto-% kuivapoltossa olivat 0-10 %.

Mikroaaltouunin nollanäytteistä lasketut toteamis- ja määrittämissrajat ovat suuret verrattuna kirjallisuusarvoihin (kuva 27). Kirjallisuusarvon toteamisrajat vaihtelevat 0,1-50  $\mu\text{g}/\text{l}$ , kun taas opinnäytetyössä saadut toteamisrajat vaihtelevat 6,0-500  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Toteamisrajaan vaikuttaa mittauksessa tapahtuva hajonta sekä signaalin ja taustan välinen suhde. Jos hajonta on suurta ja signaalin ja taustan välinen suhde on huono, toteamisraja on suuri. Saadut tulokset ovat kuitenkin riittävät, koska ICP-OES-laitteella määritetään kvantitatiivisesti tuloksia mg/l-tasolla. Kirjallisuusarvot ovat todennäköisesti mitattu optimaalisissa olosuhteissa, joka pienentää toteamis- ja määrittämissrajaa.

Li	Be												B	C	N			
0.3	0.1												1	40	na			
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	
3	0.1												3	4	30	30	na	
K	Ca	Sc	V	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		
20	0.02	0.3	0.5	0.5	2	0.4	2	1	5	0.4	1	4	20	20	50	na		
Rb	Sr	Y	Nb	Zr	Mo		Ru	Th	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		
30	0.06	0.3	5	0.8	3		6	5	3	1	1	9	30	10	10	na		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi				
10	0.1	1	4	15	8	5	0.4	5	10	4	1	30	10	20				
		Ce	Pr	Nd		Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
		5	1	1		2	0.1	1	2	2	0.4	1	0.6	0.3	0.2			
		Th		U														
		70		15														

Kuva 27. Perkin Elmerin määrittämät toteamisrajat ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) ICP-OES -laitteelle. [8, s. 2-2.]

Neljän eri mikroaaltouunihajotuksen perusteella alle puolet alkuaineista olivat toistettavia. Tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että toistettavat alkuaineet ovat samoja kaikilla kolmella näytteellä. Näitä olivat esimerkiksi kadmium, kromi, nikkeli ja lyijy. Nämä alkuaineet olivat myös esillä kuivapolttoa ja mikroaaltouunia vertailtaessa alkuaineina, jolloin

näytteenkäsittelyt eivät eronneet toisistaan. Mittausten toistettavuuteen vaikuttavat erityisesti mittaussajat ja toistojen lukumäärä. Menetelmässä on määritetty, että tulos mitataan aina kolme kertaa yhdestä näytteestä ja laite laskee näistä valmiiksi keskiarvon.

Toistettavuutta voitaisiin parantaa optimoimalla ICP-OES-laitteen menetelmä mikroaaltouunilla hajotetuille näytteille sopivaksi. Täytyy kuitenkin huomioida, että laboratorion näytteet vaihtelevat suuresti ja käytetty menetelmä soveltuu erilaisille näytematriiseille. Jokaiselle näytematriisille on mahdollista kehittää oma menetelmä, koska uusia näydetyppejä tulee jatkuvasti.

Laboratoriossa aiemmin suoritettujen mittausten perusteella oli todettu sopiva lineaarinen mittausalue. Tämä varmistettiin validoinnissa. Saadut kalibrointisuorat olivat jokaisella tutkittavalla alkuaineella hyvät, mikä näkyi myös korrelaatiokertoimissa. Residuaalit jakautuivat hyvin pienelle intensiteettialueelle tasaisesti nollan molemmin puolin.

Edellä mainittujen validointiparametrien lisäksi olisi voinut vielä tutkia mikroaaltouunilla hajotettujen näytteiden analysoinnissa syntynyttä mittausepävarmuutta. Myös toistettavuutta oltaisiin voitu tarkastella laajemmin, esimerkiksi onko yhden mikroaaltouunihajotuksen mittauspäivien välillä eroa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli testata rasvanäytteiden hajoamista mikroaaltouunilla ja ottaa mikroaaltouuni laboratorion käyttöön. Tavoite täyttyi ja mikroaaltouunille on kehitetty myös muille matriiseille soveltuvia hajotusohjelmia. Lisäksi ICP-OES:n sumuttimen virtausnopeus muutettiin 0,8 l/min, koska se osoittautui paremmaksi mikroaaltouunilla hajotetuille näytteille. Ongelmaksi on kuitenkin havaittu mikroaaltouunin vähäinen näytemäärä. Näytteestä vain pieni osa otetaan hajotukseen, jolloin epähomogeenisista näytteistä voidaan saada erilaisia tuloksia riippuen, mistä kohdasta näytettä osa on otettu. Rasvanäytettä punnitaankin nykyään 1,0 g sijasta 1,5 g. Lisäksi näytteet laimennettiin aluksi 50 ml:n mittapulloihin, mutta tällöin ongelmana oli suuri laimennuskerroin. Nykyään näytteet laimennetaan 25 ml:n mittapulloihin.

## Lähteet

- 1 Neste: *Tietoa meistä* [verkkosivusto.]  
<https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/tutkimus-ja-kehitys>  
Luettu: 8.9.2016
- 2 The Magnetron [verkkosivusto.]  
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/waves/magnetron.html>  
Luettu: 9.9.2016
- 3 CEM Corporation: *GEN1 – Introduction of Microwave Heating* [verkkodokumentti.] [http://cem.com/media/contenttype/media/literature/525\\_ApNote\\_Disc\\_Teach\\_GEN1.pdf](http://cem.com/media/contenttype/media/literature/525_ApNote_Disc_Teach_GEN1.pdf)  
Luettu: 9.9.2016
- 4 Anton Paar 2015: *Microwave Digestion System with DMC Direct Multimode Cavity* [verkkodokumentti.]  
<http://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=57549&L=16>  
Luettu: 9.9.2016
- 5 Köymäri, Harri 6.5.2011: *Mikroaaltotekniikka*. Luentomateriaali laboratorioalan luentopäiviltä.
- 6 Lajunen L. H. J. & Perämäki, P. 2004: *Spectrochemical Analysis by Atomic Absorption and Emission*. Cambridge, GB: Royal Society of Chemistry. [E-kirja.]  
<http://libguides.metropolia.fi/> Luettu: 20.5.2016
- 7 Ekman, Asta: *Alkuaineiden määrittäminen maanäytteistä ICP-MS-tekniikalla ja näytteen esikäsittely*. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 7.10.2015.
- 8 Boss, Charles B. & Fredeen, Kenneth J. 2004: *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. [verkkodokumentti.] [https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE\\_Concepts-of-ICP-OES-Booklet.pdf](https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/GDE_Concepts-of-ICP-OES-Booklet.pdf) Luettu: 10.9.2016
- 9 Jaarinen, Soili & Niiranen, Jukka 2008: *Laboratorion analyysitekniikka*, 5.-6. painos. Helsinki, Edita Prima Oy
- 10 Harris, Daniel C. 2010: *Quantitative Chemical Analysis*, Eighth Edition, International Edition. New York: W. H. Freeman and Company
- 11 Perkin Elmer 2008, *Optima 7100, 7200 and 7300 Hardware Guide*, 710 Bridgeport Avenue, USA
- 12 Väisänen, Ari, ICP-OES-luentomateriaali

## Toteamis- ja määrittämissrajoiden laskemiseen käytetyt tulokset

Mikroaaltouunin nollanäytteiden ensimmäiset tulokset (mg/l).

	13.4.	14.4	20.4.	3.5.	4.5.	9.5.	10.5.	11.5.	12.5.	13.5.	16.5.	17.5.	18.5.	19.5.	26.5.
Al	0,048	0,013	0,012	0,046	0,064	0,049	0,063	0,070	0,028	0,059	0,057	0,003	0,059	0,041	0,046
Al	0,036	0,018	0,025	0,033	0,073	0,055	0,038	0,057	0,053	0,027	0,053	0,030	0,066	0,053	0,033
As	-0,032	-0,047	-0,054	0,040	0,039	0,028	0,020	0,040	0,003	0,015	0,023	0,027	0,025	0,004	0,024
As	0,000	-0,045	-0,035	-0,008	0,025	0,011	0,005	0,008	0,009	-0,015	0,001	0,026	0,013	-0,013	-0,001
B	0,011	0,021	0,000	0,007	0,023	-0,001	0,003	0,009	0,019	-0,019	0,000	0,022	0,020	0,014	-0,012
B	0,021	0,033	0,024	0,020	0,030	0,017	0,015	0,030	0,028	0,006	0,014	0,029	0,030	0,030	0,005
B	0,020	0,036	0,024	0,020	0,030	0,017	0,013	0,030	0,025	0,007	0,013	0,029	0,030	0,033	0,004
Ba	0,000	-0,007	-0,012	0,001	0,014	0,020	0,000	0,014	-0,007	-0,010	-0,002	0,006	0,006	-0,005	-0,002
Ca	0,013	-0,088	-0,101	0,014	0,039	0,410	0,005	0,023	0,053	0,069	0,037	-0,132	0,418	0,357	0,403
Cd	-0,005	-0,020	-0,019	-0,015	0,000	-0,014	-0,012	0,004	-0,010	-0,020	-0,010	-0,003	-0,006	-0,013	-0,017
Co	0,001	-0,015	-0,015	-0,007	0,010	0,012	-0,001	0,015	-0,012	-0,011	-0,003	0,002	-0,001	-0,013	-0,007
Cr	0,005	-0,009	-0,007	-0,012	-0,001	-0,008	-0,012	0,001	-0,002	-0,015	-0,002	0,002	0,000	-0,014	-0,010
Cu	0,037	0,069	0,044	0,002	0,053	0,029	0,040	0,061	0,062	0,040	0,044	0,030	0,022	0,009	0,017
Fe	0,021	0,019	-0,001	-0,065	-0,044	-0,055	-0,054	-0,046	-0,037	-0,051	-0,025	-0,046	-0,042	-0,052	-0,049
Fe	0,028	0,023	0,000	-0,056	-0,036	-0,033	-0,046	-0,038	-0,036	-0,044	-0,022	-0,041	-0,035	-0,046	-0,041
K	0,062	0,041	0,103	-0,138	0,007	0,049	0,000	0,017	0,042	-0,006	0,068	0,009	0,063	0,018	0,015
Li	0,003	0,005	0,009	0,005	0,060	0,044	0,028	0,025	0,034	0,026	0,026	0,041	0,058	0,049	0,019
Mg	0,016	0,004	0,021	0,019	0,015	0,030	0,024	0,039	0,036	0,019	0,034	0,036	0,043	0,031	0,027
Mn	-0,009	-0,030	-0,021	-0,021	-0,005	-0,017	-0,016	-0,001	-0,013	-0,023	-0,012	-0,012	-0,017	-0,020	-0,018
Mo	0,020	0,011	0,009	-0,010	0,013	-0,011	-0,005	0,006	0,012	-0,018	0,009	0,016	0,011	0,003	-0,010
Na	0,014	0,023	-0,001	0,001	0,028	0,011	0,009	0,015	0,022	0,004	0,018	0,010	0,080	0,067	0,029
Na	0,099	0,077	0,123	0,024	0,042	0,017	0,079	0,109	0,047	0,106	0,088	0,048	0,095	0,080	-0,067
Ni	-0,017	-0,017	-0,021	-0,025	0,006	-0,006	-0,024	-0,001	-0,019	-0,021	-0,015	-0,005	-0,011	-0,021	-0,024
Ni	-0,010	-0,015	-0,025	-0,019	0,005	-0,024	-0,019	-0,007	-0,015	-0,034	-0,012	0,001	-0,011	-0,032	-0,018
P	0,071	0,104	0,025	0,034	0,028	0,016	0,002	0,030	0,004	-0,003	0,005	0,024	0,028	-0,002	0,025
P	0,054	0,090	0,011	0,028	0,039	0,036	0,004	0,031	0,006	0,009	0,022	0,024	0,018	0,004	0,035
Pb	0,006	-0,003	-0,015	-0,015	0,009	-0,016	-0,014	0,001	-0,015	-0,028	-0,006	-0,005	-0,013	-0,030	-0,015
Si	0,007	-0,028	-0,039	-0,071	-0,029	-0,018	-0,070	-0,024	-0,020	-0,026	-0,006	-0,013	-0,005	-0,033	-0,058
Sn	0,183	0,423	0,102	0,004	0,024	0,022	-0,007	-0,002	-0,006	-0,009	-0,009	0,003	0,002	0,003	-0,009
Sn	0,103	0,208	0,043	-0,008	0,010	-0,009	-0,011	0,006	-0,008	-0,030	-0,007	0,009	0,002	-0,019	-0,012
Sn	0,245	0,374	0,142	-0,001	0,010	-0,007	0,043	0,032	-0,002	0,028	0,029	0,003	-0,002	-0,015	-0,022
Sr	-0,009	-0,007	-0,021	-0,011	0,000	-0,013	-0,023	-0,002	0,000	-0,014	0,004	-0,021	0,006	-0,018	0,001
Sr	-0,001	-0,002	0,000	0,016	0,011	0,023	0,010	0,011	0,005	0,011	0,009	0,006	0,010	0,014	0,012
Ti	0,012	0,017	-0,004	-0,004	0,006	-0,008	-0,007	0,010	-0,001	-0,013	0,000	0,003	-0,001	-0,003	-0,005
V	0,008	0,007	0,001	0,004	0,020	0,008	0,002	0,016	0,002	-0,006	0,004	0,015	0,010	-0,001	-0,003
V	0,009	-0,014	0,004	0,012	0,035	0,034	0,011	0,026	0,001	0,004	0,010	0,024	0,022	0,016	0,008
Zn	0,008	-0,006	-0,028	-0,012	0,020	0,006	-0,020	0,010	-0,012	-0,021	-0,010	-0,008	0,018	0,004	0,000
Zn	0,007	-0,004	-0,023	-0,011	0,024	0,014	-0,010	0,015	-0,007	-0,008	-0,003	-0,008	0,020	0,012	0,017

## Toteamis- ja määrittämissrajien laskemiseen käytetyt tulokset

Mikroaaltouunin nollanäytteiden toiset tulokset (mg/l).

	13.4.	14.4	20.4.	3.5.	4.5.	9.5.	10.5.	11.5.	12.5.	13.5.	16.5.	17.5.	18.5.	19.5.	26.5.
Al	0,047	0,015	0,008	0,042	0,072	0,054	0,065	0,070	0,026	0,061	0,055	0,003	0,061	0,051	0,038
Al	0,036	0,019	0,025	0,034	0,078	0,059	0,042	0,058	0,048	0,022	0,051	0,028	0,067	0,059	0,033
As	-0,017	-0,041	-0,060	0,038	0,041	0,032	0,025	0,051	0,017	0,039	0,048	0,027	0,022	0,004	0,019
As	-0,016	-0,032	-0,038	-0,007	0,025	0,012	-0,015	0,027	0,022	-0,004	0,009	0,031	0,013	-0,009	-0,003
B	0,018	0,022	0,000	0,007	0,025	0,000	0,004	0,007	0,016	-0,022	-0,009	0,023	0,016	0,008	-0,021
B	0,031	0,034	0,021	0,018	0,029	0,016	0,015	0,029	0,025	0,002	0,009	0,028	0,025	0,023	0,001
B	0,030	0,037	0,021	0,018	0,029	0,016	0,013	0,029	0,022	0,003	0,008	0,028	0,026	0,026	0,000
Ba	0,000	-0,007	-0,012	0,001	0,014	0,019	0,002	0,015	-0,006	-0,008	-0,001	0,007	0,005	-0,006	-0,004
Ca	0,012	-0,095	-0,112	0,011	0,118	0,146	0,071	0,089	0,071	0,123	0,061	-0,103	0,104	0,145	-0,138
Cd	-0,005	-0,020	-0,019	-0,015	0,000	-0,014	-0,012	0,003	-0,010	-0,021	-0,011	-0,003	-0,006	-0,013	-0,017
Co	0,002	-0,015	-0,015	-0,007	0,011	0,012	-0,001	0,015	-0,012	-0,011	-0,003	0,002	-0,001	-0,013	-0,007
Cr	0,002	-0,009	-0,008	-0,011	0,000	-0,007	-0,013	0,001	-0,002	-0,014	-0,001	0,002	0,001	-0,013	-0,009
Cu	0,053	0,059	0,034	0,008	0,057	0,037	0,039	0,057	0,056	0,035	0,040	0,031	0,031	0,017	0,007
Fe	0,015	0,018	-0,004	-0,063	-0,043	-0,056	-0,067	-0,057	-0,049	-0,060	-0,047	-0,037	-0,045	-0,055	-0,043
Fe	0,022	0,021	-0,002	-0,055	-0,033	-0,034	-0,059	-0,050	-0,048	-0,053	-0,043	-0,031	-0,038	-0,050	-0,035
K	0,033	0,040	0,075	-0,128	0,024	0,027	0,060	0,034	0,068	0,013	0,078	0,000	0,051	0,024	0,032
Li	0,004	0,005	0,009	0,005	0,059	0,043	0,029	0,025	0,034	0,025	0,026	0,041	0,058	0,048	0,019
Mg	0,016	0,003	0,021	0,020	0,016	0,028	0,036	0,049	0,045	0,028	0,043	0,039	0,041	0,031	0,020
Mn	-0,009	-0,030	-0,021	-0,021	-0,005	-0,016	-0,016	-0,001	-0,013	-0,023	-0,012	-0,012	-0,017	-0,020	-0,018
Mo	0,023	0,010	0,009	-0,010	0,013	-0,010	-0,005	0,006	0,012	-0,018	0,009	0,016	0,011	0,004	-0,010
Na	-0,007	0,019	-0,015	0,002	0,041	0,004	0,050	0,050	0,054	0,031	0,043	0,018	0,060	0,054	0,018
Na	0,064	0,065	0,117	0,052	0,053	0,040	0,141	0,123	0,076	0,136	0,097	0,067	0,097	0,086	0,066
Ni	-0,016	-0,016	-0,022	-0,025	0,005	-0,006	-0,019	0,004	-0,016	-0,018	-0,012	-0,005	-0,012	-0,021	-0,024
Ni	-0,011	-0,016	-0,028	-0,017	0,004	-0,024	-0,014	-0,006	-0,012	-0,032	-0,008	0,000	-0,011	-0,031	-0,017
P	0,070	0,098	0,020	0,030	0,043	0,024	0,000	0,058	0,022	0,029	0,040	0,031	0,042	0,017	0,014
P	0,050	0,095	0,012	0,030	0,058	0,047	0,011	0,066	0,029	0,049	0,048	0,025	0,031	0,030	0,031
Pb	0,006	-0,004	-0,017	-0,016	0,010	-0,016	-0,013	0,000	-0,015	-0,027	-0,006	-0,004	-0,015	-0,030	-0,017
Si	0,007	-0,025	-0,041	-0,070	-0,030	-0,020	-0,080	-0,035	-0,030	-0,034	-0,012	-0,008	0,002	-0,025	-0,045
Sn	0,207	0,416	0,114	0,017	0,010	0,003	-0,020	0,135	0,113	0,128	0,113	0,009	0,002	-0,001	0,002
Sn	0,102	0,207	0,044	-0,007	0,012	-0,008	-0,007	0,068	0,059	0,041	0,062	0,010	0,002	-0,016	-0,009
Sn	0,189	0,363	0,150	0,002	0,026	0,002	0,026	0,107	0,087	0,130	0,101	0,004	0,004	-0,010	-0,005
Sr	-0,009	-0,007	-0,021	-0,011	0,044	-0,014	-0,022	-0,001	0,001	-0,014	0,004	-0,021	0,005	-0,018	0,001
Sr	-0,001	-0,002	0,000	0,016	0,012	0,023	0,011	0,012	0,005	0,012	0,010	0,006	0,009	0,014	0,010
Ti	0,012	0,017	-0,004	-0,002	0,011	-0,005	-0,006	0,019	0,010	-0,002	0,011	0,003	0,001	-0,001	-0,006
V	0,007	0,006	0,000	0,004	0,018	0,008	0,002	0,016	0,002	-0,005	0,004	0,015	0,010	-0,001	-0,002
V	0,011	-0,014	0,004	0,011	0,036	0,034	0,013	0,026	0,002	0,004	0,010	0,024	0,022	0,017	0,007
Zn	0,015	-0,006	-0,029	-0,012	0,005	-0,008	-0,016	0,011	-0,016	-0,022	-0,010	-0,004	0,000	-0,008	-0,020
Zn	0,013	-0,004	-0,024	-0,010	0,009	0,000	-0,007	0,015	-0,011	-0,008	-0,002	-0,004	0,003	-0,001	-0,003

## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 kuivapoltolla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	10,470	10,630	10,700	10,690	10,610	10,590	10,615	0,076
Al	396,155	10,240	10,300	10,380	10,020	9,985	10,130	10,176	0,144
As	193,697	0,143	0,129	0,148	0,155	0,131	0,148	0,142	0,009
As	197,200	-0,106	-0,145	-0,107	-0,144	-0,179	-0,123	-0,134	0,025
B	208,887	0,051	0,027	0,000	-0,039	-0,069	-0,089	-0,020	0,050
B	249,677	0,203	-0,242	-0,243	-0,278	-0,321	-0,337	-0,203	0,185
B	249,772	0,243	0,210	0,204	0,157	0,112	0,104	0,172	0,052
Ba	233,528	0,295	0,298	0,288	0,290	0,285	0,291	0,291	0,004
Ca	317,933	74,160	74,080	74,080	71,430	70,730	71,490	72,662	1,466
Cd	228,801	-0,130	-0,131	-0,133	-0,135	-0,134	-0,134	-0,133	0,002
Co	228,617	-0,091	-0,091	-0,091	-0,093	-0,093	-0,093	-0,092	0,001
Cr	267,709	0,207	0,209	0,208	0,200	0,197	0,199	0,203	0,005
Cu	327,397	0,218	0,215	0,213	0,214	0,211	0,211	0,214	0,002
Fe	259,939	79,730	81,740	82,730	80,390	80,260	80,940	80,965	1,006
Fe	238,204	80,590	80,500	81,030	78,540	78,360	79,040	79,677	1,063
K	766,449 rad	26,690	26,510	26,220	26,730	25,650	26,130	26,322	0,373
Li	670,76 rad	0,188	0,190	0,188	0,188	0,190	0,185	0,188	0,002
Mg	285,211	7,849	7,872	7,913	7,632	7,584	7,676	7,754	0,128
Mn	257,613	2,545	2,535	2,525	2,444	2,427	2,456	2,489	0,047
Mo	202,032	-0,040	-0,042	-0,042	-0,045	-0,044	-0,044	-0,043	0,002
Na	589,569 rad	6,966	6,981	6,991	7,142	6,856	6,946	6,980	0,085
Na	588,969 rad	7,172	7,543	7,510	8,104	7,657	7,585	7,595	0,274
Ni	231,604	0,232	0,217	0,205	0,190	0,191	0,193	0,205	0,015
Ni	227,022	0,321	0,331	0,325	0,317	0,310	0,324	0,321	0,007
P	214,914	28,200	28,630	28,670	28,040	27,480	27,860	28,147	0,418
P	213,617	35,770	37,570	38,110	37,610	36,710	37,120	37,148	0,754
Pb	220,353	0,010	0,005	0,016	0,015	0,006	0,008	0,010	0,004
Si	251,611	11,650	11,570	11,890	11,310	11,760	11,410	11,598	0,197
Sn	242,170	-1,087	-1,038	-1,009	-1,016	-0,925	-1,014	-1,015	0,048
Sn	283,998	-0,083	-0,079	-0,062	-0,066	-0,079	-0,069	-0,073	0,008
Sn	235,485	26,860	27,000	26,910	26,590	26,640	26,410	26,735	0,205
Sr	407,771 rad	0,453	0,458	0,463	0,451	0,449	0,454	0,455	0,005
V	290,881	0,060	0,066	0,070	0,069	0,068	0,069	0,067	0,003
V	311,071	0,030	0,035	0,037	0,043	0,038	0,037	0,037	0,004
Zn	206,200	0,872	0,891	0,888	0,870	0,850	0,867	0,873	0,014
Zn	213,857	0,872	0,873	0,826	0,836	0,823	0,842	0,845	0,020

## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 mikroaaltouunilla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	12,716	14,039	14,949	12,861	13,446	14,335	13,724	0,873
Al	396,155	12,120	14,210	14,445	12,945	12,899	12,895	13,252	0,891
As	193,697	3,114	3,638	3,857	3,285	3,163	3,638	3,449	0,303
As	197,200	-2,042	-0,486	-0,925	-0,295	-0,934	-1,381	-1,011	0,633
B	208,887	0,382	1,869	1,671	0,239	0,533	0,548	0,874	0,706
B	249,677	0,904	2,073	1,914	0,588	1,418	1,342	1,373	0,570
B	249,772	1,365	2,493	2,343	1,041	1,901	1,838	1,830	0,556
Ba	233,528	0,498	1,171	1,181	1,455	1,473	1,480	1,210	0,377
Ca	317,933	81,815	81,807	81,621	83,096	82,578	82,015	82,155	0,567
Cd	228,801	-0,888	0,050	0,040	-0,809	-0,761	-0,781	-0,525	0,444
Co	228,617	-0,400	0,626	0,621	0,714	0,738	0,738	0,506	0,447
Cr	267,709	-0,594	-0,041	-0,082	-0,369	-0,364	-0,357	-0,301	0,206
Cu	327,397	0,272	3,614	3,467	1,721	2,042	2,042	2,193	1,233
Fe	259,939	79,893	77,773	77,047	77,095	76,547	74,742	77,183	1,678
Fe	238,204	82,153	79,446	79,471	80,335	81,447	81,679	80,755	1,168
K	766,449 rad	17,216	25,396	24,008	25,082	25,097	25,256	23,676	3,203
Li	670,76 rad	0,323	3,524	3,510	2,559	2,580	2,555	2,509	1,168
Mg	285,211	8,799	7,498	7,108	8,906	8,725	8,426	8,244	0,756
Mn	257,613	1,818	2,609	2,616	1,954	1,967	1,946	2,152	0,361
Mo	202,032	-0,520	0,833	0,820	-0,606	-0,542	-0,515	-0,088	0,709
Na	589,569 rad	7,234	7,915	8,066	6,476	6,326	6,178	7,033	0,828
Na	588,969 rad	-2,417	2,190	1,493	0,771	1,127	2,275	0,907	1,731
Ni	231,604	-1,450	0,317	0,167	-0,416	-0,502	-0,628	-0,419	0,632
Ni	227,022	-0,980	0,229	0,221	-1,382	-1,376	-1,396	-0,781	0,795
P	214,914	32,111	30,505	30,743	30,951	30,906	30,427	30,941	0,611
P	213,617	36,443	35,567	36,289	38,731	39,113	39,801	37,657	1,765
Pb	220,353	-1,000	0,649	0,622	-0,839	-0,791	-0,730	-0,348	0,767
Si	251,611	8,665	8,845	8,071	9,784	9,265	8,933	8,927	0,576
Sn	242,170	-0,499	1,072	1,043	0,279	0,416	0,800	0,519	0,594
Sn	283,998	-0,531	0,423	0,393	-0,684	-0,719	-0,626	-0,291	0,545
Sn	235,485	24,953	24,570	24,710	24,747	24,955	24,567	24,750	0,174
Sr	407,771 rad	-0,175	0,445	0,439	0,343	-0,352	0,354	0,176	0,347
V	290,881	0,109	1,084	1,127	0,468	0,547	0,568	0,651	0,390
V	311,071	0,808	2,223	2,267	2,092	2,136	2,269	1,966	0,572
Zn	206,200	0,436	1,235	1,180	0,517	0,593	0,606	0,761	0,351
Zn	213,857	0,445	1,369	1,380	0,858	0,995	1,026	1,012	0,349

## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 kuivapoltolla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	0,188	0,177	0,182	0,208	0,161	0,103	0,170	0,033
Al	396,155	0,095	0,102	0,105	0,123	0,092	0,091	0,101	0,011
As	193,697	0,024	0,036	0,025	0,037	0,005	-0,009	0,020	0,017
As	197,200	-0,062	-0,085	-0,067	-0,068	-0,034	-0,065	-0,064	0,015
B	208,887	-0,149	-0,157	-0,132	-0,104	-0,095	-0,082	-0,120	0,028
B	249,677	-0,117	-0,121	-0,094	-0,071	-0,062	-0,061	-0,088	0,025
B	249,772	-0,108	-0,110	-0,085	-0,063	-0,054	-0,051	-0,079	0,024
Ba	233,528	-0,031	-0,031	-0,030	-0,031	-0,031	-0,031	-0,031	0,000
Ca	317,933	0,293	0,244	0,242	0,244	0,248	0,248	0,253	0,018
Cd	228,801	-0,108	-0,109	-0,108	-0,109	-0,108	-0,108	-0,108	0,000
Co	228,617	-0,084	-0,086	-0,085	-0,085	-0,085	-0,081	-0,084	0,002
Cr	267,709	-0,016	-0,014	-0,005	-0,014	-0,013	-0,013	-0,013	0,004
Cu	327,397	0,045	0,044	0,043	0,046	0,047	0,049	0,046	0,002
Fe	259,939	1,303	1,287	1,293	1,296	1,321	1,284	1,297	0,012
Fe	238,204	1,263	1,243	1,249	1,259	1,292	1,263	1,262	0,015
K	766,449 rad	0,038	0,089	0,197	0,087	0,175	0,270	0,143	0,079
Li	670,76 rad	0,148	0,154	0,156	0,150	0,156	0,156	0,153	0,003
Mg	285,211	0,040	0,059	0,073	0,063	0,067	0,066	0,061	0,010
Mn	257,613	-0,093	-0,093	-0,094	-0,093	-0,093	-0,093	-0,093	0,000
Mo	202,032	-0,033	-0,032	-0,031	-0,032	-0,031	-0,030	-0,032	0,001
Na	589,569 rad	0,647	0,649	0,637	0,636	0,649	0,658	0,646	0,008
Na	588,969 rad	1,100	1,039	1,089	1,068	1,174	1,145	1,103	0,045
Ni	231,604	0,086	0,065	0,078	0,076	0,080	0,098	0,081	0,010
Ni	227,022	0,176	0,166	0,167	0,165	0,159	0,161	0,166	0,005
P	214,914	0,228	0,185	0,191	0,183	0,229	0,196	0,202	0,019
P	213,617	0,232	0,236	0,245	0,234	0,263	0,216	0,238	0,014
Pb	220,353	-0,057	-0,058	-0,065	-0,066	-0,065	-0,067	-0,063	0,004
Si	251,611	-0,286	-0,290	-0,275	-0,271	-0,268	-0,242	-0,272	0,016
Sn	242,170	0,027	0,033	0,018	0,052	0,037	0,054	0,037	0,013
Sn	283,998	0,025	0,019	0,025	0,031	0,022	0,031	0,026	0,004
Sn	235,485	0,805	0,796	0,826	0,738	0,781	0,592	0,756	0,078
Sr	407,771 rad	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000
V	290,881	0,018	0,016	0,019	0,016	0,015	0,006	0,015	0,004
V	311,071	-0,001	0,000	-0,002	0,000	-0,002	-0,009	-0,002	0,003
Zn	206,200	-0,103	-0,107	-0,105	-0,107	0,106	-0,106	-0,070	0,079
Zn	213,857	-0,114	-0,119	-0,116	-0,119	-0,118	-0,120	-0,118	0,002



## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 mikroaaltouunilla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	4,740	4,996	5,784	4,225	4,952	5,304	5,000	0,525
Al	396,155	5,137	5,586	5,801	4,472	4,476	4,593	5,011	0,587
As	193,697	4,054	3,586	4,261	2,847	3,685	3,783	3,703	0,487
As	197,200	-0,314	-0,234	-0,579	-0,501	-1,331	-1,493	-0,742	0,536
B	208,887	1,180	1,096	1,137	-0,424	-0,505	-0,652	0,305	0,915
B	249,677	1,668	1,627	1,606	0,743	0,651	0,651	1,158	0,523
B	249,772	1,697	1,636	1,652	0,825	0,759	0,749	1,220	0,485
Ba	233,528	0,895	0,892	0,891	1,204	1,195	1,200	1,046	0,168
Ca	317,933	3,572	8,201	6,915	8,252	7,918	8,525	7,231	1,877
Cd	228,801	-0,009	-0,015	-0,034	-0,918	-0,929	-0,930	-0,473	0,497
Co	228,617	0,680	0,666	0,663	0,785	0,784	0,793	0,729	0,065
Cr	267,709	-0,055	-0,136	-0,167	-0,462	-0,456	-0,453	-0,288	0,189
Cu	327,397	3,251	3,261	3,235	1,727	1,702	1,681	2,476	0,847
Fe	259,939	-1,188	-1,160	-1,219	-1,716	-1,678	-1,713	-1,446	0,282
Fe	238,204	-0,408	-0,518	-0,557	-0,183	-0,052	-0,061	-0,297	0,227
K	766,449 rad	-3,547	-3,232	-4,205	-3,555	-4,622	-3,952	-3,852	0,509
Li	670,76 rad	3,879	3,859	3,844	2,841	2,790	2,823	3,339	0,571
Mg	285,211	0,711	0,114	-0,154	1,908	1,804	1,784	1,028	0,925
Mn	257,613	-0,316	-0,319	-0,321	-1,046	-1,049	-1,050	-0,684	0,400
Mo	202,032	0,866	0,875	0,870	-0,680	-0,666	-0,664	0,100	0,844
Na	589,569 rad	2,913	2,979	3,378	1,676	1,444	0,898	2,215	1,004
Na	588,969 rad	-4,768	-3,676	-2,659	-4,547	-3,859	-1,620	-3,522	1,192
Ni	231,604	0,340	0,315	0,237	-0,399	-0,581	-0,619	-0,118	0,462
Ni	227,022	0,207	0,211	0,239	-1,523	-1,517	-1,505	-0,648	0,950
P	214,914	2,234	1,831	2,153	2,035	1,460	1,341	1,842	0,370
P	213,617	2,910	2,563	2,523	3,209	2,027	2,368	2,600	0,414
Pb	220,353	0,441	0,422	0,502	-0,995	-0,982	-0,964	-0,263	0,787
Si	251,611	-1,067	-2,566	-3,450	-1,046	-1,526	-1,748	-1,901	0,942
Sn	242,170	1,866	1,943	2,019	1,267	1,466	1,250	1,635	0,349
Sn	283,998	0,617	0,547	0,482	-0,603	-0,662	-0,670	-0,048	0,656
Sn	235,485	0,238	0,026	0,252	-1,342	-0,372	0,154	-0,174	0,617
Sr	407,771 rad	-0,032	-0,023	-0,027	-0,884	0,886	0,886	0,134	0,670
V	290,881	1,216	1,188	1,198	0,541	0,604	0,589	0,889	0,342
V	311,071	2,440	2,428	2,493	2,328	2,443	2,463	2,433	0,056
Zn	206,200	0,371	0,354	0,233	-0,357	-0,382	-0,377	-0,026	0,382
Zn	213,857	0,575	0,545	0,442	0,070	0,049	0,077	0,293	0,253

## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 kuivapoltolla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	0,277	0,319	0,341	0,341	0,331	0,327	0,323	0,022
Al	396,155	0,247	0,248	0,251	0,246	0,255	0,274	0,254	0,010
As	193,697	0,005	0,024	0,031	0,015	0,026	0,037	0,023	0,010
As	197,200	-0,052	-0,066	-0,071	-0,092	-0,086	-0,095	-0,077	0,015
B	208,887	-0,033	-0,138	-0,126	-0,093	-0,080	-0,071	-0,090	0,035
B	249,677	-0,047	-0,122	-0,112	-0,074	-0,055	-0,058	-0,078	0,029
B	249,772	-0,019	-0,097	-0,088	-0,048	-0,027	-0,034	-0,052	0,030
Ba	233,528	-0,053	-0,054	-0,054	-0,053	-0,054	-0,053	-0,054	0,001
Ca	317,933	19,710	18,990	19,070	19,100	19,560	19,570	19,333	0,286
Cd	228,801	-0,098	-0,098	-0,099	-0,098	-0,099	-0,099	-0,099	0,001
Co	228,617	-0,074	-0,077	-0,077	-0,077	-0,076	-0,076	-0,076	0,001
Cr	267,709	0,015	-0,002	0,001	0,003	0,008	0,011	0,006	0,006
Cu	327,397	0,063	0,056	0,058	0,057	0,059	0,057	0,058	0,002
Fe	259,939	4,712	4,618	4,631	4,673	4,790	4,718	4,690	0,058
Fe	238,204	4,664	4,500	4,501	4,562	4,698	4,625	4,592	0,077
K	766,449 rad	9,435	9,182	9,044	9,888	9,308	10,000	9,476	0,353
Li	670,76 rad	0,143	0,138	0,145	0,148	0,144	0,146	0,144	0,003
Mg	285,211	1,207	1,151	1,179	1,178	1,207	1,204	1,188	0,021
Mn	257,613	-0,050	-0,053	-0,053	-0,052	-0,051	-0,051	-0,052	0,001
Mo	202,032	-0,019	-0,024	-0,025	-0,023	-0,024	-0,022	-0,023	0,002
Na	589,569 rad	14,360	14,210	14,420	15,510	14,630	15,260	14,732	0,484
Na	588,969 rad	14,920	15,190	15,210	16,670	15,470	16,270	15,622	0,631
Ni	231,604	0,256	0,216	0,204	0,214	0,229	0,242	0,227	0,018
Ni	227,022	0,319	0,304	0,302	0,303	0,317	0,322	0,311	0,008
P	214,914	25,180	25,000	25,490	25,800	25,990	25,250	25,452	0,349
P	213,617	31,990	33,500	34,270	34,710	34,680	33,640	33,798	0,932
Pb	220,353	-0,052	-0,048	-0,060	-0,053	-0,062	-0,055	-0,055	0,005
Si	251,611	-0,114	-0,154	-0,161	-0,147	-0,136	-0,120	-0,139	0,017
Sn	242,170	0,011	0,043	0,018	0,031	0,042	0,000	0,024	0,016
Sn	283,998	0,030	0,018	0,018	0,025	0,024	0,021	0,023	0,004
Sn	235,485	1,884	1,795	1,858	1,894	1,865	1,898	1,866	0,035
Sr	407,771 rad	0,020	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,021	0,000
V	290,881	0,021	0,029	0,033	0,035	0,034	0,026	0,030	0,005
V	311,071	0,001	0,009	0,007	0,008	0,008	0,006	0,007	0,003
Zn	206,200	0,017	0,014	0,019	0,013	0,016	0,018	0,016	0,002
Zn	213,857	0,008	0,001	0,004	0,001	0,002	0,007	0,004	0,003

## T-testien laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 mikroaaltouunilla hajotettujen näytteiden tulokset sekä niiden keskiarvot ja keskihajonnat.

Alkuaine	Alkuaineen aallonpituus (nm)	1. mittaus (mg/kg)	2. mittaus (mg/kg)	3. mittaus (mg/kg)	4. mittaus (mg/kg)	5. mittaus (mg/kg)	6. mittaus (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskihajonta (mg/kg)
Al	308,215	4,864	5,094	6,021	3,932	4,795	5,783	5,082	0,752
Al	396,155	5,362	5,684	5,948	4,621	4,509	4,825	5,158	0,594
As	193,697	4,594	3,705	3,779	3,005	3,401	3,968	3,742	0,537
As	197,200	0,597	-0,033	-0,500	-0,713	-0,863	-1,310	-0,470	0,671
B	208,887	1,381	1,144	1,135	0,380	-0,467	-0,536	0,506	0,850
B	249,677	1,847	1,669	1,679	0,758	0,754	0,738	1,241	0,541
B	249,772	1,887	1,709	1,730	0,846	0,869	0,853	1,316	0,507
Ba	233,528	0,866	0,860	0,858	1,167	1,163	1,160	1,012	0,165
Ca	317,933	28,377	28,307	28,650	32,720	32,169	31,192	30,236	2,025
Cd	228,801	0,023	-0,022	-0,022	-0,917	-0,924	-0,923	-0,464	0,501
Co	228,617	0,670	0,666	0,660	0,769	0,783	0,786	0,722	0,063
Cr	267,709	-0,002	-0,110	-0,152	-0,461	-0,465	-0,456	-0,274	0,210
Cu	327,397	3,497	3,475	3,437	1,900	1,915	1,862	2,681	0,864
Fe	259,939	1,664	1,539	1,476	1,227	1,205	0,947	1,343	0,264
Fe	238,204	2,364	2,224	2,189	2,781	2,927	2,783	2,545	0,323
K	766,449 rad	4,419	5,251	5,745	3,427	4,914	5,016	4,795	0,798
Li	670,76 rad	3,888	3,864	3,837	2,792	2,810	2,817	3,335	0,579
Mg	285,211	2,120	1,261	0,930	2,994	2,831	2,764	2,150	0,876
Mn	257,613	-0,278	-0,292	-0,292	-1,014	-1,020	-1,021	-0,653	0,400
Mo	202,032	0,968	0,944	0,935	-0,562	-0,563	-0,573	0,192	0,830
Na	589,569 rad	15,292	15,613	15,640	13,839	13,650	13,484	14,586	1,031
Na	588,969 rad	8,735	8,593	10,705	7,904	9,153	8,246	8,889	0,986
Ni	231,604	0,314	0,315	0,123	-0,480	-0,587	-0,726	-0,174	0,476
Ni	227,022	0,248	0,215	0,208	-1,600	-1,584	-1,550	-0,677	0,987
P	214,914	25,964	24,836	25,002	26,007	24,222	24,212	25,041	0,798
P	213,617	30,621	29,233	29,643	33,089	31,258	32,634	31,080	1,560
Pb	220,353	0,614	0,562	0,568	-1,113	-0,994	-0,994	-0,226	0,886
Si	251,611	-0,342	-2,082	-3,121	-0,479	-1,207	-1,472	-1,451	1,041
Sn	242,170	3,985	4,066	3,780	3,008	3,276	3,499	3,602	0,416
Sn	283,998	1,509	1,460	1,382	0,180	0,204	0,195	0,822	0,690
Sn	235,485	1,964	1,709	2,591	0,876	1,598	1,907	1,774	0,559
Sr	407,771 rad	-0,004	-0,009	-0,007	0,858	-0,866	0,860	0,139	0,650
V	290,881	1,216	1,189	1,241	0,547	0,587	0,595	0,896	0,351
V	311,071	2,409	2,434	2,487	2,283	2,347	2,480	2,407	0,079
Zn	206,200	1,251	1,020	0,822	0,087	0,036	-0,011	0,534	0,562
Zn	213,857	1,409	1,193	1,029	0,495	0,489	0,443	0,843	0,420

## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 saanto-% mikroaaltouunilla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	7. saanto-%	8. saanto-%	9. saanto-%	10. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	90,7	92,7	97,0	99,1	99,5	92,6	93,0	97,5	98,8	98,3	95,9
Al	90,6	92,5	96,1	97,6	98,0	92,2	93,0	96,7	96,7	96,8	95,0
As	109,9	110,3	105,6	108,6	108,5	109,2	110,8	107,9	112,6	107,3	109,1
As	109,8	109,5	105,8	107,6	107,2	109,1	108,2	107,4	112,5	107,3	108,4
B	91,0	90,8	94,3	95,5	95,4	91,3	90,7	96,4	102,4	98,6	94,6
B	92,6	93,4	96,6	97,8	99,0	92,8	95,7	98,8	95,0	99,1	96,1
B	92,6	93,7	96,7	97,9	99,0	93,1	96,0	99,1	95,2	99,4	96,3
Ba	105,6	107,2	104,4	106,1	107,1	105,2	107,6	105,1	103,8	104,9	105,7
Ca	102,9	104,1	101,9	103,9	105,7	105,1	109,2	108,4	100,2	105,2	104,7
Cd	95,8	94,9	98,7	97,6	98,2	95,8	95,7	98,7	95,6	98,1	96,9
Co	106,3	108,4	106,5	108,5	109,9	106,5	109,7	107,4	105,4	107,2	107,6
Cr	105,6	103,8	103,6	102,5	102,5	104,5	104,9	104,2	99,6	101,9	103,3
Cu	104,4	103,9	104,6	105,0	104,9	103,0	102,0	104,0	105,6	104,2	104,2
Fe	103,7	101,4	102,1	101,1	101,1	105,7	106,3	106,4	101,2	104,0	103,3
Fe	103,0	104,1	101,9	103,3	104,5	106,2	109,7	107,2	102,3	105,2	104,7
K	94,3	90,0	112,1	109,0	115,8	97,9	93,9	97,3	97,8	100,1	100,8
Li	93,5	93,0	98,0	97,0	102,8	95,2	91,5	92,1	95,3	97,0	95,5
Mg	89,7	89,7	94,9	95,1	96,1	89,8	90,7	95,0	93,6	94,4	92,9
Mn	104,9	104,4	104,0	104,0	104,3	104,2	104,9	104,4	102,6	103,3	104,1
Mo	109,6	108,1	105,4	106,8	105,8	107,8	105,2	105,6	101,8	105,6	106,2
Na	96,2	97,7	100,7	100,3	110,0	98,0	94,3	95,8	101,8	103,6	99,8
Na	94,0	90,4	112,6	103,5	117,5	101,2	88,0	91,5	97,6	99,9	99,6
Ni	105,8	108,3	106,7	108,4	109,7	106,1	110,2	108,4	104,7	107,2	107,6
Ni	105,6	104,3	103,3	103,8	103,5	104,8	103,1	104,3	110,4	104,0	104,7
P	104,2	104,8	99,5	103,2	102,5	105,1	105,7	105,0	108,8	102,6	104,1
P	102,6	107,3	100,6	110,0	109,8	105,4	108,3	108,1	116,9	107,1	107,6
Pb	103,8	104,4	102,4	104,5	104,6	103,7	103,4	104,0	110,3	104,0	104,5
Si	89,2	90,6	92,7	97,1	97,5	90,8	91,4	94,2	94,3	97,1	93,5
Sn	94,5	95,7	95,9	99,1	99,5	97,1	96,2	98,9	109,0	100,8	98,7
Sn	97,4	98,2	95,2	99,1	99,1	97,8	97,9	97,7	95,1	98,9	97,6
Sn	104,6	102,8	103,9	106,4	105,2	106,2	102,5	106,7	123,1	108,7	107,0
Sr	101,6	99,7	101,2	100,6	107,3	101,8	97,8	98,6	99,9	103,4	101,2
Ti	104,6	104,3	103,0	104,3	104,4	103,7	104,3	103,4	104,7	102,9	104,0
V	104,7	103,5	102,6	102,0	102,1	103,0	102,8	102,0	100,0	100,8	102,4
V	105,0	107,0	103,1	105,6	106,4	104,0	106,0	103,5	104,8	103,7	104,9
Zn	107,8	108,2	107,0	107,7	109,0	107,5	112,1	109,7	100,2	106,4	107,6
Zn	99,3	101,8	102,9	105,9	107,6	99,8	103,8	104,9	102,9	104,5	103,3

## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 saanto-% kuivapoltolla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	64,5	74,0	76,4	70,7	71,8	63,9	70,2
Al	65,1	73,1	76,2	71,6	71,4	65,4	70,5
As	10,3	10,6	10,4	11,1	10,8	9,3	10,4
As	8,8	8,4	8,6	9,7	9,3	7,8	8,8
B	-0,7	-1,1	-0,9	-1,4	-1,3	-0,6	-1,0
B	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
B	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ba	78,5	82,1	80,7	80,5	81,4	79,2	80,4
Ca	63,3	62,9	64,4	62,9	59,1	50,0	60,4
Cd	83,4	80,1	80,7	82,5	83,6	83,1	82,3
Co	88,6	95,0	94,4	94,9	96,1	89,3	93,0
Cr	72,0	77,0	79,0	82,5	87,2	72,2	78,3
Cu	86,6	88,2	87,4	88,9	90,8	87,2	88,2
Fe	41,2	43,0	46,6	42,3	38,9	44,8	42,8
Fe	53,3	55,1	56,9	63,4	49,5	50,8	54,8
K	81,2	89,3	88,3	96,4	91,4	79,2	87,6
Li	89,0	91,1	91,5	91,8	91,1	87,9	90,4
Mg	83,9	82,8	85,0	82,7	81,0	81,5	82,8
Mn	89,8	92,3	91,3	92,9	95,9	90,2	92,1
Mo	90,1	92,5	92,0	92,9	93,9	90,3	91,9
Na	83,9	86,6	86,9	87,3	87,0	82,0	85,6
Na	88,9	92,7	91,8	91,6	93,0	87,0	90,8
Ni	90,1	95,7	94,8	95,0	96,1	90,8	93,8
Ni	87,7	87,9	87,6	89,4	90,8	87,2	88,4
P	71,7	71,3	74,2	76,3	75,3	71,3	73,3
P	40,8	54,4	48,9	47,2	48,8	42,7	47,1
Pb	74,5	76,3	75,4	75,8	75,8	75,1	75,5
Si	-16,3	-5,5	-1,1	5,3	13,7	-14,7	-3,1
Sn	22,1	31,0	33,0	26,4	28,5	21,9	27,1
Sn	43,9	53,7	57,0	49,6	51,5	43,9	49,9
Sn	-3,4	1,1	7,3	-10,4	-6,0	-2,3	-2,3
Sr	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1
V	90,2	90,0	89,0	90,5	92,8	90,3	90,5
V	90,2	94,8	93,2	93,5	95,1	91,2	93,0
Zn	78,8	83,9	84,5	86,3	89,4	78,8	83,6
Zn	77,8	87,4	89,7	86,2	86,2	77,0	84,0

## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 saanto-% mikroaaltouunilla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	7. saanto-%	8. saanto-%	9. saanto-%	10. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	93,0	96,6	99,6	102,0	101,6	93,9	95,3	97,3	100,3	103,5	98,3
Al	92,5	96,2	98,3	98,9	99,5	93,4	94,4	97,0	95,3	96,8	96,2
As	107,5	114,3	107,0	104,3	107,8	112,1	112,1	113,1	99,6	103,7	108,1
As	106,5	112,3	107,6	104,0	106,8	110,6	111,1	113,0	100,3	104,4	107,7
B	90,7	94,9	98,2	96,5	98,9	92,4	93,2	98,4	90,2	95,1	94,9
B	92,6	97,4	99,7	98,6	100,1	94,4	95,7	99,3	91,9	94,1	96,4
B	92,7	97,6	99,8	98,8	100,2	94,6	96,2	99,5	92,1	94,4	96,6
Ba	104,5	110,4	105,1	105,2	106,1	107,4	109,0	107,2	102,7	102,9	106,0
Ca	104,4	109,9	107,0	103,0	107,7	107,7	108,4	109,8	100,5	101,9	106,0
Cd	95,8	98,7	100,7	98,1	99,9	96,2	97,0	100,0	95,1	97,9	97,9
Co	105,4	112,0	107,4	107,4	108,8	108,8	110,6	109,7	103,9	104,2	107,8
Cr	103,9	106,9	104,1	100,3	102,2	104,7	104,8	105,9	99,1	100,9	103,3
Cu	103,5	106,1	105,2	106,0	105,5	104,6	105,1	105,2	105,7	106,4	105,3
Fe	102,8	106,0	103,9	100,7	102,5	103,8	104,4	105,5	99,5	101,2	103,0
Fe	103,6	108,7	104,9	103,1	104,8	106,2	107,3	107,3	100,8	101,8	104,9
K	93,2	91,8	96,6	110,3	101,2	96,3	92,5	87,5	120,8	114,4	100,5
Li	94,1	95,6	93,9	99,9	96,5	95,7	94,2	93,0	101,9	100,6	96,5
Mg	90,7	94,0	97,3	96,3	97,7	91,8	92,9	96,3	93,3	95,5	94,6
Mn	103,3	107,1	104,3	102,4	103,7	104,7	105,5	105,7	101,4	102,7	104,1
Mo	107,0	110,9	106,2	104,2	105,8	109,2	109,1	110,3	103,0	106,0	107,2
Na	96,4	101,7	98,3	104,8	101,3	98,2	99,2	98,1	106,3	106,8	101,1
Na	91,8	89,7	92,6	110,2	95,7	94,7	89,2	80,7	128,5	117,6	99,1
Ni	105,1	111,4	108,1	106,4	108,2	109,2	110,1	110,5	102,9	103,8	107,6
Ni	103,7	108,2	105,6	101,1	104,4	106,6	106,5	109,5	98,2	102,8	104,7
P	104,0	109,9	105,6	100,7	103,5	107,9	108,2	109,9	95,7	100,6	104,6
P	103,5	112,3	107,4	107,1	109,8	109,4	110,8	112,6	101,4	103,1	107,7
Pb	102,8	108,2	105,1	101,9	105,1	106,4	106,9	109,6	98,3	102,2	104,7
Si	87,9	93,1	95,3	99,5	100,0	89,8	91,2	94,1	91,2	93,3	93,5
Sn	96,4	101,2	100,2	101,4	102,6	98,9	99,1	101,7	98,1	101,6	100,1
Sn	102,4	108,3	103,8	104,6	106,1	106,7	107,2	107,5	101,5	104,3	105,2
Sn	97,2	100,7	100,4	103,8	102,5	99,2	99,6	101,1	102,7	104,8	101,2
Sr	100,2	101,1	98,4	100,5	99,2	101,2	100,8	100,6	101,5	101,7	100,5
Ti	103,8	107,6	104,0	104,5	104,8	105,4	105,9	105,2	104,3	104,5	105,0
V	102,9	106,0	102,7	100,7	101,7	103,7	104,1	103,9	99,9	100,9	102,7
V	103,4	109,0	102,9	104,8	104,7	106,6	107,6	104,8	103,3	102,8	105,0
Zn	106,0	112,0	109,1	103,2	107,5	109,7	110,1	112,8	97,9	100,3	106,8
Zn	99,2	105,4	105,2	106,0	107,4	103,4	104,5	106,3	101,0	102,1	104,0

## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 saanto-% kuivapoltolla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	92,8	93,8	94,4	95,6	97,3	93,1	94,5
Al	91,5	93,2	96,2	97,9	99,8	94,0	95,4
As	39,8	40,5	40,4	41,5	40,6	36,2	39,8
As	36,6	37,4	36,6	37,2	37,9	34,0	36,6
B	-0,2	0,0	-0,5	-1,3	-1,5	0,0	-0,6
B	1,7	1,9	1,9	1,6	1,6	1,6	1,7
B	2,0	2,2	2,2	1,9	2,0	2,0	2,1
Ba	27,7	24,8	23,2	25,5	24,6	21,5	24,6
Ca	92,1	93,7	94,4	94,9	95,6	91,4	93,7
Cd	58,0	59,5	56,5	56,5	58,4	57,8	57,8
Co	97,5	98,4	101,6	102,5	100,9	96,7	99,6
Cr	98,3	99,8	98,4	98,9	100,0	97,2	98,8
Cu	95,7	97,3	98,2	98,3	97,3	96,8	97,2
Fe	106,5	108,6	107,2	107,9	108,8	106,5	107,6
Fe	104,4	107,2	111,6	110,2	108,8	107,5	108,3
K	93,8	96,5	98,2	102,9	101,5	96,6	98,3
Li	93,9	96,1	96,1	98,9	97,9	95,1	96,3
Mg	94,2	96,5	95,3	94,5	95,5	94,7	95,1
Mn	99,9	102,5	102,3	103,5	103,0	101,0	102,0
Mo	94,2	95,5	95,4	96,0	96,0	93,5	95,1
Na	95,1	97,8	98,1	100,8	99,6	96,3	98,0
Na	94,0	97,6	100,0	99,3	97,4	97,2	97,6
Ni	98,6	100,0	102,4	103,2	101,9	98,3	100,8
Ni	96,2	98,1	95,6	96,3	98,4	95,6	96,7
P	92,5	94,6	94,0	95,6	95,7	91,5	94,0
P	92,0	94,1	97,1	98,0	97,0	91,0	94,9
Pb	86,1	87,8	87,2	88,9	87,1	85,9	87,1
Si	32,7	33,6	34,0	34,4	34,1	34,9	33,9
Sn	56,0	56,2	56,7	57,3	58,5	56,6	56,9
Sn	73,3	74,2	75,8	76,1	76,9	73,7	75,0
Sn	67,2	69,1	67,7	66,5	67,3	68,9	67,8
Sr	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
V	96,9	98,7	97,8	98,3	98,8	96,4	97,8
V	95,2	97,1	100,2	101,4	98,6	97,0	98,3
Zn	101,5	103,1	103,3	104,1	105,5	100,0	102,9
Zn	102,8	104,3	106,5	108,3	109,0	102,8	105,6

## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 saanto-% mikroaaltouunilla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	7. saanto-%	8. saanto-%	9. saanto-%	10. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	98,5	100,0	102,8	103,8	104,4	100,6	101,7	102,5	102,2	103,5	102,0
Al	97,6	98,3	100,7	100,9	102,5	99,0	99,6	100,7	100,4	100,8	100,0
As	105,9	111,8	107,5	105,4	109,6	111,5	113,9	110,4	111,5	101,3	108,9
As	106,5	110,9	108,0	105,1	108,6	110,7	112,9	109,8	110,4	102,4	108,5
B	97,2	98,8	102,9	98,5	102,5	99,9	101,7	103,0	101,8	99,0	100,5
B	97,5	99,4	102,7	100,7	104,1	100,1	100,2	102,1	102,7	99,2	100,9
B	97,6	99,4	102,9	101,0	104,2	100,0	100,5	101,9	102,9	99,3	101,0
Ba	104,1	107,8	105,0	105,9	108,0	108,1	109,1	105,9	107,6	103,2	106,5
Ca	105,2	106,8	105,1	104,2	107,1	106,7	107,4	107,2	107,4	101,3	105,8
Cd	102,3	102,1	103,8	101,6	103,8	103,9	103,6	104,2	102,3	102,3	103,0
Co	106,3	110,7	107,7	109,1	111,2	110,7	111,7	108,9	111,1	105,8	109,3
Cr	103,2	103,5	103,8	101,1	103,6	105,2	104,4	104,1	102,8	100,1	103,2
Cu	104,7	104,4	105,8	104,5	105,9	105,2	106,0	105,7	104,6	106,3	105,3
Fe	104,4	104,9	105,1	102,8	105,3	106,4	106,0	105,5	104,5	102,1	104,7
Fe	104,7	107,4	105,6	105,2	107,6	108,2	108,4	106,7	107,3	102,9	106,4
K	101,8	95,7	108,9	110,4	109,9	102,3	106,5	96,0	99,7	95,3	102,6
Li	96,9	96,6	97,2	97,7	99,4	97,5	99,3	97,3	96,4	93,4	97,2
Mg	98,1	97,3	99,6	98,8	100,5	99,0	99,0	100,4	99,3	99,5	99,1
Mn	104,8	105,3	104,7	103,4	105,6	106,5	106,8	105,8	105,2	103,5	105,2
Mo	104,0	106,9	105,7	103,1	106,2	106,8	108,6	106,9	106,5	101,5	105,6
Na	100,3	102,6	102,3	102,7	106,0	100,5	103,1	102,9	103,9	99,4	102,4
Na	100,0	93,8	109,8	108,9	106,0	100,2	104,6	97,1	95,5	95,3	101,1
Ni	107,5	110,6	108,5	108,9	110,9	110,5	111,7	110,0	111,8	106,4	109,7
Ni	104,3	106,9	105,8	102,1	105,8	107,9	109,3	108,1	106,8	100,6	105,8
P	105,4	110,7	105,3	103,1	107,7	111,1	113,2	109,8	110,0	99,7	107,6
P	103,8	114,6	107,0	110,8	114,7	112,5	117,0	112,5	118,4	103,5	111,5
Pb	103,4	107,6	105,1	102,9	106,5	107,8	110,0	107,7	108,0	100,3	105,9
Si	91,3	93,9	99,7	99,7	103,6	93,9	94,6	96,6	99,5	98,1	97,1
Sn	101,9	104,1	104,5	103,8	105,2	104,1	106,6	104,8	104,8	103,2	104,3
Sn	102,6	107,1	104,6	105,0	107,5	106,6	109,3	107,1	108,3	102,7	106,1
Sn	101,6	102,8	104,3	103,8	104,6	103,4	105,9	105,5	103,9	105,7	104,1
Sr	101,5	101,3	100,2	98,5	100,7	101,7	102,4	103,4	100,2	97,3	100,7
Ti	103,9	104,0	103,8	103,9	105,5	104,4	105,3	104,4	104,6	104,2	104,4
V	102,4	103,1	102,9	101,1	103,1	103,8	103,6	102,7	101,7	100,3	102,5
V	103,1	106,1	103,4	105,0	106,7	105,3	107,0	104,0	105,8	103,2	105,0
Zn	107,9	111,3	109,7	107,8	111,5	112,4	111,8	111,3	112,5	103,4	110,0
Zn	106,4	109,1	108,8	110,5	112,2	109,3	110,9	110,7	112,4	108,9	109,9



## Saanto-%:n laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 saanto-% kuivapoltolla hajotettuna.

Alkuaine	1. saanto-%	2. saanto-%	3. saanto-%	4. saanto-%	5. saanto-%	6. saanto-%	Keskiarvo saanto-%
Al	85,7	86,1	86,4	86,6	87,3	83,9	86,0
Al	87,9	86,0	86,1	86,5	87,4	84,1	86,3
As	36,3	37,2	37,4	37,0	37,5	33,5	36,5
As	33,7	34,9	35,2	34,5	34,9	31,9	34,2
B	-1,1	-1,0	-1,4	-1,6	-1,8	-0,9	-1,3
B	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
B	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7
Ba	86,7	87,1	87,6	87,4	88,0	85,7	87,1
Ca	93,0	98,9	99,4	97,5	97,7	92,7	96,5
Cd	50,4	51,8	50,2	49,6	48,8	49,5	50,0
Co	91,6	93,1	94,1	93,8	94,2	90,6	92,9
Cr	88,8	90,3	89,4	88,3	88,6	86,9	88,7
Cu	88,1	88,1	88,4	88,1	88,3	87,2	88,0
Fe	97,3	98,3	96,9	95,7	95,7	96,2	96,7
Fe	99,1	99,0	99,6	98,9	99,4	94,6	98,4
K	91,0	93,3	95,8	95,4	97,9	90,6	94,0
Li	86,9	88,3	88,8	87,8	88,9	86,2	87,8
Mg	88,2	91,4	90,4	89,6	89,9	87,7	89,5
Mn	92,3	95,9	95,6	95,0	95,0	90,7	94,1
Mo	92,1	94,5	94,6	93,2	93,8	91,7	93,3
Na	92,7	95,4	95,5	94,3	96,0	92,2	94,4
Na	90,7	94,0	94,2	89,5	92,9	89,1	91,8
Ni	92,6	94,0	95,4	94,4	94,7	91,9	93,9
Ni	89,8	92,3	91,3	89,7	90,0	89,5	90,4
P	104,1	107,4	107,8	103,5	104,9	96,3	104,0
P	77,1	69,5	85,5	78,4	76,2	66,2	75,5
Pb	71,6	73,3	73,3	72,5	72,9	70,6	72,4
Si	36,5	37,2	37,3	37,1	37,4	39,3	37,5
Sn	36,1	36,7	36,8	36,9	37,5	35,7	36,6
Sn	59,4	61,0	60,9	60,9	61,2	59,4	60,5
Sn	48,6	50,3	48,6	48,2	47,8	48,6	48,7
Sr	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
V	91,3	92,3	91,5	90,7	90,6	90,8	91,2
V	90,2	92,5	93,9	93,8	94,4	89,8	92,4
Zn	89,2	91,3	91,4	89,7	89,9	87,7	89,9
Zn	90,6	91,5	93,3	92,8	93,6	89,4	91,9

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	12,050	11,502	3,174	-1,899	1,393	0,986	0,505	0,504	84,882	-0,898	-0,397	-0,604	0,409	83,884	81,898	23,094	0,988	8,167	1,871
	12,132	11,367	3,114	-2,042	1,365	0,904	0,382	0,498	81,815	-0,888	-0,400	-0,594	0,272	82,153	79,893	20,904	0,863	7,929	1,818
	12,077	11,475	3,843	-0,250	1,374	0,929	0,503	1,113	85,955	-0,867	-0,396	-0,532	2,304	84,481	82,513	28,938	0,855	8,279	1,902
2. päivän mittaukset	13,808	13,758	3,638	-0,486	1,869	2,493	2,073	1,171	81,807	0,050	0,626	-0,041	3,614	77,773	79,446	26,285	2,762	6,930	2,609
	14,202	14,915	3,857	-0,925	1,671	2,343	1,914	1,181	81,621	0,040	0,621	-0,082	3,467	77,047	79,471	26,070	2,746	6,627	2,616
	13,623	13,887	6,666	2,499	1,070	1,636	1,206	1,774	85,314	-0,006	0,616	0,090	4,962	79,286	81,351	26,227	2,717	7,563	2,658
3. päivän mittaukset	14,226	15,098	6,629	2,330	1,017	1,597	1,169	1,783	84,475	-0,018	0,602	0,032	4,975	78,486	80,923	26,626	2,713	7,012	2,650
	14,413	15,194	6,964	2,256	1,873	2,527	2,122	1,775	85,374	0,050	0,621	0,023	5,374	77,818	80,430	26,956	2,734	6,744	2,617
	13,477	13,205	-0,295	3,285	0,588	1,041	0,239	1,455	83,096	-0,809	0,714	-0,369	1,721	77,095	80,335	26,741	2,452	8,989	1,954
Keskiarvo (mg/kg)	13,301	14,034	-0,934	3,163	1,418	1,901	0,533	1,473	82,578	-0,761	0,738	-0,364	2,042	76,547	81,447	28,006	2,473	8,915	1,967
	13,570	15,342	-1,381	3,638	1,342	1,838	0,548	1,480	82,015	-0,781	0,738	-0,357	2,042	74,742	81,679	29,500	2,445	8,774	1,946
	13,602	14,234	3,989	8,182	0,388	0,881	-0,426	2,065	87,861	-0,819	0,722	-0,227	3,542	78,527	83,501	26,606	2,455	9,329	2,001
Keskiahjonta (mg/kg)	13,907	15,654	3,977	8,896	0,343	0,825	-0,527	2,111	88,123	-0,823	0,727	-0,213	3,580	77,751	84,487	29,994	2,454	9,285	2,017
	13,838	15,675	3,658	8,791	0,319	0,820	-0,541	2,089	87,375	-0,828	0,724	-0,214	3,565	77,197	84,014	29,846	2,413	9,206	1,983
Keskiahjonta (mg/kg)	0,800	1,546	2,637	3,752	0,543	0,651	0,903	0,527	2,336	0,426	0,461	0,233	1,594	2,814	1,623	2,519	0,727	0,998	0,347

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

		1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn		
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	284,000	235,485	242,170	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857		
1. päivän mittaukset	-0,542	7,957	-1,780	-0,992	-1,405	37,740	33,362	-0,961	10,192	-1,778	25,668	-2,171	-0,161	1,556	-1,219	0,797	0,042	0,491	-0,757		
	-0,520	8,063	-2,417	-0,980	-1,450	36,443	32,111	-1,000	8,665	-1,796	25,705	-1,922	-0,175	1,562	-1,240	0,808	0,109	0,436	-0,770		
	-0,477	7,928	12,694	-0,955	-1,358	37,256	33,452	-0,871	8,837	0,144	28,460	1,865	-0,110	1,619	-0,233	0,795	0,116	0,711	-0,492		
2. päivän mittaukset	0,833	7,416	2,190	0,229	0,317	30,505	35,567	0,649	8,845	-0,496	25,197	0,053	0,445	1,350	-0,325	1,084	2,223	1,235	0,505		
	0,820	7,779	1,493	0,221	0,167	30,743	36,289	0,622	8,071	-0,524	25,861	-0,016	0,439	1,440	-0,327	1,127	2,267	1,180	0,539		
	0,796	7,706	1,849	0,216	0,267	35,567	41,148	0,700	10,635	8,600	38,373	17,366	0,491	1,433	2,260	1,098	2,250	1,447	0,751		
3. päivän mittaukset	0,778	7,688	2,521	0,214	0,173	35,450	41,430	0,585	9,056	8,805	38,759	18,360	0,489	1,495	2,321	1,108	2,271	1,350	0,683		
	0,844	8,067	1,988	0,257	0,216	35,678	41,832	0,758	8,368	9,486	39,412	19,340	0,490	1,521	2,411	1,133	2,291	1,483	0,864		
	-0,606	6,637	0,771	-1,382	-0,416	30,951	38,731	-0,839	9,784	-0,882	26,022	-0,093	1,991	0,343	-0,485	0,468	2,092	0,517	0,704		
Keskiarvo (mg/kg)	-0,542	6,681	1,127	-1,376	-0,502	30,906	39,113	-0,791	9,265	-0,914	26,815	0,000	2,189	-0,352	-0,478	0,547	2,136	0,593	0,870		
	-0,515	6,732	2,275	-1,396	-0,628	30,427	39,801	-0,730	8,933	-0,809	27,319	0,334	2,353	0,354	-0,475	0,568	2,269	0,606	0,942		
	-0,554	6,882	0,924	-1,406	-0,461	40,195	50,347	-0,692	10,040	18,807	53,532	39,289	2,210	-0,290	3,834	0,499	2,162	0,760	1,018		
Keskiahajonta (mg/kg)	-0,566	6,886	2,261	-1,413	-0,599	40,009	52,364	-0,680	9,784	19,939	55,250	39,822	2,418	0,301	3,911	0,568	2,251	0,744	1,092		
	-0,570	7,227	3,111	-1,411	-0,615	39,357	51,370	-0,615	9,243	19,699	54,367	39,759	2,415	0,297	3,889	0,552	2,249	0,721	1,077		
	-0,059	7,404	2,072	-0,727	-0,450	35,088	40,494	-0,276	9,266	5,592	35,053	12,285	1,106	0,902	0,989	0,797	1,766	0,877	0,502		
	0,676	0,548	3,436	0,756	0,629	3,711	6,665	0,734	0,733	8,559	11,688	16,692	1,071	0,745	1,995	0,265	0,911	0,377	0,664		

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

		2. hajotus (mg/kg)																	
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallionpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	12,148	11,374	2,498	-2,161	-0,427	0,515	0,803	0,421	76,870	-0,685	-0,042	-0,596	2,412	73,879	75,712	18,777	1,611	8,285	1,921
	13,329	11,561	2,663	-2,390	0,004	0,858	1,186	0,438	78,462	-0,511	-0,028	-0,345	3,560	76,998	79,839	20,347	1,600	8,318	2,017
	13,743	11,796	2,618	-2,742	-0,196	0,831	1,181	0,445	78,351	-0,503	-0,029	-0,306	3,550	76,910	79,958	21,981	1,602	8,348	2,019
	13,327	11,429	2,381	-2,332	-0,397	0,454	0,735	0,564	77,233	-0,566	0,119	-0,485	2,191	74,766	77,131	22,449	1,772	8,387	2,109
2. päivän mittaukset	14,035	11,887	2,910	-2,274	-0,435	0,366	0,674	0,594	79,689	-0,540	0,141	-0,238	2,269	77,932	80,823	23,480	1,775	8,564	2,224
	12,620	12,438	3,106	-0,717	0,559	1,492	1,935	1,150	78,527	0,351	0,818	0,219	4,073	74,827	75,881	19,638	1,370	9,225	2,716
	13,147	12,485	3,297	-2,178	0,530	1,458	1,911	1,154	78,193	0,360	0,835	0,222	4,061	74,166	76,211	18,908	1,371	9,093	2,697
	13,412	12,991	3,299	-1,798	0,463	1,241	1,698	1,364	80,935	0,339	1,033	0,254	3,030	77,578	78,658	22,415	1,584	9,635	3,024
3. päivän mittaukset	13,316	12,853	3,393	-1,722	0,078	1,098	1,547	1,369	80,398	0,310	1,019	0,257	3,000	76,427	78,111	20,695	1,579	9,457	2,987
	13,265	13,019	2,759	-1,280	0,129	1,065	1,551	1,364	81,960	0,331	1,028	0,240	2,962	77,245	78,883	21,691	1,575	9,491	3,018
	10,454	12,416	1,736	-1,369	0,681	1,019	1,293	-0,004	84,194	-0,516	-0,631	0,034	3,059	78,015	78,110	20,756	1,886	9,401	2,143
	11,433	12,756	1,394	-1,591	0,208	0,629	0,892	0,006	86,984	-0,615	-0,640	0,061	2,922	80,320	80,428	21,317	1,881	9,627	2,212
Keskiarvo (mg/kg)	13,148	11,399	2,054	-3,522	-1,608	-0,278	0,279	0,075	83,067	-0,937	-0,401	-0,662	1,678	76,765	79,401	20,055	1,685	8,414	1,796
	13,123	11,582	2,582	-3,148	-0,951	0,311	0,837	0,090	83,916	-0,880	-0,359	-0,646	2,339	77,341	80,064	20,493	1,690	8,483	1,816
Keskihajonta (mg/kg)	0,956	0,629	0,591	0,750	0,636	0,491	0,501	0,532	3,020	0,503	0,625	0,364	0,711	1,746	1,721	1,376	0,157	0,550	0,455

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

2. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,170	284,000	235,485	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857
1. päivän mittaukset	-0,213	5,894	-4,164	-1,212	-1,062	29,466	33,335	-0,801	8,593	-0,635	-0,719	21,051	-0,806	1,137	-0,106	0,047	0,852	0,418	0,806
	-0,153	5,921	2,294	-1,224	-0,799	28,808	34,278	-0,693	8,065	-0,566	-0,625	23,168	-0,791	1,215	-0,077	0,116	0,904	0,714	1,113
	-0,179	6,153	2,846	-1,311	-0,820	29,110	34,621	-0,612	7,907	-0,464	-0,667	24,056	-0,793	1,229	-0,091	0,052	0,943	0,628	1,101
2. päivän mittaukset	-0,164	7,052	2,635	-1,290	-0,968	29,310	34,030	-0,611	8,520	-0,542	-0,566	23,344	-0,671	1,431	-0,028	0,269	1,016	0,202	0,645
	-0,066	7,227	3,595	-1,182	-0,776	30,241	34,798	-0,449	7,894	-0,910	-0,524	25,124	-0,637	1,496	-0,033	0,272	1,073	0,277	0,758
	0,415	6,793	-1,572	0,033	-0,485	30,805	34,114	0,042	9,349	-0,895	0,176	19,908	0,352	1,156	0,795	0,782	1,552	1,948	2,051
3. päivän mittaukset	0,398	6,876	0,340	-0,081	-0,408	31,138	34,814	0,163	9,792	-0,616	0,219	20,270	0,348	1,210	0,794	0,802	1,648	1,943	2,068
	0,563	8,172	1,370	0,220	-0,230	32,052	36,419	0,146	9,591	-0,107	0,379	22,589	0,562	1,421	0,950	0,965	1,766	1,892	2,021
	0,535	8,021	0,810	0,107	-0,249	31,740	35,917	0,298	8,553	0,195	0,436	22,822	0,546	1,477	0,962	0,967	1,816	1,740	1,879
Keskiarvo (mg/kg)	0,524	7,153	-0,379	-0,691	-0,804	30,626	34,649	-0,501	9,144	-0,527	-0,417	21,426	-0,048	1,263	0,287	0,333	1,070	0,921	1,217
	0,868	7,154	0,920	-1,059	-0,846	30,603	32,840	-0,885	11,041	-0,978	-0,544	17,638	0,485	0,726	0,236	-0,026	0,265	0,674	0,755
	-0,819	7,454	-0,884	-0,981	-1,696	32,006	35,891	-1,387	9,933	-0,849	-1,651	20,459	-0,148	1,524	-0,276	-0,171	0,538	0,093	0,671
Keskiahajonta (mg/kg)	0,524	0,769	3,556	0,610	0,487	1,183	1,283	0,578	1,018	0,391	0,676	2,374	0,582	0,269	0,491	0,451	0,559	0,753	0,604

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 kolmannen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

3. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	14,845	13,359	3,538	-1,501	0,097	1,244	1,736	1,301	82,375	0,344	0,955	0,071	3,805	77,235	79,034	22,959	1,607	10,677	2,844
	13,618	13,488	2,262	-0,949	0,076	1,203	1,617	1,293	80,917	0,204	0,956	0,075	3,516	77,082	77,921	22,039	1,594	10,688	2,810
	14,825	11,981	2,686	-3,374	-2,657	-0,956	-0,348	-0,209	90,415	-1,312	-0,693	-0,903	2,001	78,350	81,829	20,417	1,735	9,660	1,465
2. päivän mittaukset	14,546	12,156	2,217	-3,357	-2,375	-1,040	-0,445	-0,216	92,728	-1,177	-0,700	-0,896	1,924	79,268	82,416	21,287	1,696	9,795	1,477
	13,949	11,996	2,031	-2,886	-2,675	-0,986	-0,411	-0,230	89,583	-1,145	-0,691	-0,918	1,977	78,264	80,753	22,735	1,686	9,630	1,438
	13,316	13,518	2,449	-2,238	-1,567	-0,646	-0,235	0,261	92,919	-0,372	-0,190	-0,087	2,458	79,815	80,922	25,536	1,757	10,828	2,168
3. päivän mittaukset	14,176	13,405	3,437	-2,371	-1,824	-0,827	-0,451	0,265	93,881	-0,301	-0,221	-0,061	2,353	79,963	81,484	24,234	1,722	10,759	2,187
	13,506	13,474	2,866	-1,108	0,184	1,145	1,600	1,280	82,511	0,171	0,932	0,055	3,492	76,778	77,868	22,621	1,614	10,451	2,795
	14,241	13,485	3,219	-2,065	0,077	1,110	1,575	1,286	85,994	0,166	0,935	0,093	3,445	77,004	78,712	31,869	1,546	10,356	2,803
Keskiarvo (mg/kg)	14,051	12,905	2,799	-2,467	-1,403	-0,253	0,231	0,383	87,676	-0,598	-0,053	-0,337	2,586	78,389	80,379	23,080	1,681	10,149	2,101
	13,700	13,280	3,446	-2,988	-1,493	-0,620	-0,227	0,255	87,588	-0,738	-0,204	-0,115	2,484	79,007	80,788	22,972	1,709	10,178	2,162
	14,139	13,243	3,199	-3,039	-1,386	-0,601	-0,213	0,255	86,809	-0,727	-0,209	-0,089	2,490	79,636	81,283	21,729	1,740	10,186	2,198
Keskihajonta (mg/kg)	0,551	0,693	0,526	0,904	1,102	0,955	0,927	0,631	4,022	0,637	0,690	0,450	0,683	1,196	1,432	2,869	0,067	0,535	0,564
	14,085	12,026	2,079	-3,787	-2,293	-1,010	-0,450	-0,220	88,295	-1,375	-0,715	-0,933	1,903	78,499	81,250	21,823	1,680	9,517	1,468
	13,109	13,329	2,904	-1,671	-1,189	-0,495	-0,090	0,252	85,897	-0,715	-0,200	-0,102	2,430	79,647	80,368	22,435	1,771	10,272	2,166

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 kolmannen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

3. mikroaaltounihajotuksen (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,170	284,000	235,485	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857
1. päivän mittaukset	0,461	10,676	8,423	-0,225	-0,535	31,172	35,027	0,037	9,012	-0,260	0,193	24,609	0,362	1,373	0,892	0,923	1,882	1,524	1,800
	0,414	10,702	5,248	-0,039	-0,536	31,636	34,827	0,003	9,316	-0,550	0,212	24,954	0,360	1,305	0,855	0,844	1,751	1,380	1,635
	-1,255	9,888	6,396	-1,609	-2,274	31,158	36,593	-1,680	8,906	-0,869	-2,072	23,063	-0,454	1,403	-0,627	-0,449	0,400	-0,404	0,416
2. päivän mittaukset	-1,239	10,117	6,971	-1,554	-2,242	31,695	37,057	-1,769	9,921	-0,864	-2,100	21,684	-0,447	1,393	-0,624	-0,389	0,377	-0,327	0,460
	-1,286	9,960	4,360	-1,424	-2,342	30,681	35,418	-1,953	11,124	-0,440	-2,060	21,067	-0,455	1,353	-0,631	-0,382	0,364	-0,390	0,421
	0,539	11,156	3,175	-0,909	-0,933	31,620	34,588	-0,469	10,596	-0,278	-0,506	18,640	0,752	1,164	0,201	0,140	0,853	0,439	0,783
3. päivän mittaukset	0,577	11,534	5,865	-1,032	-0,887	32,912	35,686	-0,502	10,107	-1,006	-0,654	20,519	0,753	1,193	0,208	0,059	0,869	0,540	0,889
	0,411	9,524	4,763	-0,016	-0,610	31,467	34,817	0,063	9,908	-0,712	0,236	23,274	0,366	1,305	0,848	0,856	1,766	1,417	1,643
	0,379	9,945	18,003	-0,090	-0,594	31,287	35,625	0,089	9,212	-0,436	0,284	24,029	0,366	1,356	0,875	0,875	1,829	1,450	1,664
Keskiarvo (mg/kg)	-1,276	8,439	3,756	-1,670	-2,384	31,353	36,757	-1,822	9,899	-1,264	-2,242	21,499	-0,445	1,390	-0,612	-0,358	0,444	-0,566	0,208
	-1,244	8,595	6,854	-1,518	-2,360	31,799	36,702	-1,801	10,249	-1,176	-2,136	21,931	-0,438	1,375	-0,599	-0,374	0,375	-0,534	0,218
	0,528	9,236	-0,997	-0,816	-0,869	31,432	34,509	-0,429	9,892	-0,682	-0,542	19,136	0,729	1,132	0,204	0,044	0,764	0,256	0,563
Keskijointa (mg/kg)	0,557	9,476	3,017	-1,095	-0,860	31,847	34,907	-0,416	11,566	-0,164	-0,611	19,807	0,734	1,170	0,206	0,045	0,834	0,310	0,670
	0,514	9,925	3,682	-1,013	-0,850	31,908	35,308	-0,434	11,881	-1,076	-0,669	19,414	0,739	1,170	0,204	0,118	0,888	0,452	0,758
Keskijointa (mg/kg)	0,870	0,883	4,219	0,613	0,797	0,507	0,877	0,813	0,911	0,357	1,004	2,065	0,531	0,102	0,620	0,526	0,593	0,785	0,573

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 neljännen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

4. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	9,390	11,139	2,603	-0,387	1,261	1,333	1,710	0,776	68,629	-0,201	0,115	0,191	2,026	76,345	76,813	22,453	2,508	9,468	2,145
	10,180	11,064	2,567	-0,567	1,093	1,289	1,674	0,776	68,258	-0,202	0,106	0,189	1,983	75,371	77,184	22,642	2,514	9,243	2,105
	9,939	11,203	2,637	-0,281	1,178	1,297	1,692	0,786	69,421	-0,204	0,108	0,212	1,992	75,845	77,164	23,948	2,521	9,358	2,133
	12,570	13,260	2,134	-0,576	1,478	1,801	2,242	0,633	70,609	-0,347	-0,039	0,013	1,352	75,496	76,399	27,067	3,617	9,321	1,777
2. päivän mittaukset	13,401	13,240	2,443	-1,218	1,273	1,700	2,175	0,642	71,696	-0,346	-0,055	0,047	1,350	75,271	77,201	26,198	3,601	9,213	1,791
	12,387	12,665	1,317	-2,479	-1,389	-0,762	-0,199	-0,042	67,966	-0,805	-0,801	-0,796	0,409	74,351	75,899	25,113	2,983	8,971	1,559
	13,436	12,466	1,621	-2,794	-0,679	0,140	0,683	-0,019	70,241	-0,790	-0,780	-0,796	0,463	74,310	77,114	25,855	2,983	8,695	1,613
	9,970	11,071	2,680	-0,467	2,063	2,233	2,632	0,786	69,446	-0,170	0,110	0,218	1,969	74,632	76,108	23,617	2,559	9,269	2,125
3. päivän mittaukset	9,892	11,004	2,675	-0,180	1,161	1,391	1,797	0,774	70,929	-0,188	0,098	0,202	1,899	74,614	76,029	25,388	2,551	9,279	2,115
	10,114	11,087	2,640	-0,357	1,136	1,265	1,671	0,780	71,626	-0,199	0,092	0,215	1,918	74,691	76,206	24,334	2,472	9,303	2,112
	12,553	13,048	1,855	-0,636	0,524	0,850	1,271	0,627	71,254	-0,371	-0,068	0,019	1,159	74,101	75,325	27,892	3,541	9,193	1,732
	13,262	12,896	2,175	-1,100	0,486	0,844	1,271	0,633	72,845	-0,364	-0,078	0,039	1,188	74,421	76,285	29,955	3,565	9,159	1,751
Keskianvo (mg/kg)	12,444	12,276	1,181	-2,529	-1,782	-1,107	-0,557	-0,043	67,160	-0,814	-0,798	-0,825	0,313	74,561	76,501	24,724	2,962	8,409	1,584
	12,789	12,146	1,606	-3,099	-1,923	-1,162	-0,628	-0,039	66,555	-0,813	-0,811	-0,822	0,309	73,596	76,386	23,836	2,961	8,237	1,565
Keskiahajonta (mg/kg)	1,554	0,907	0,540	1,055	1,306	1,094	1,039	0,360	1,867	0,266	0,399	0,449	0,688	0,742	0,564	2,072	0,456	0,372	0,243



## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 1 neljännen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 2.

4. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																				
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,170	284,000	235,485	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857	
1. päivän mittaukset	1,018	7,062	-1,224	-0,232	-0,025	31,297	33,106	-0,250	11,026	0,039	0,550	22,015	-0,841	0,846	0,402	0,744	1,529	0,564	0,486	
	0,981	6,742	0,573	-0,349	-0,008	30,324	33,280	-0,215	10,160	-0,108	0,464	20,821	-0,844	0,890	0,399	0,820	1,623	0,541	0,474	
	0,991	7,368	-0,805	-0,314	0,023	30,982	33,378	-0,288	12,737	-0,451	0,610	21,907	-0,843	0,881	0,411	0,795	1,567	0,566	0,518	
2. päivän mittaukset	0,700	8,811	2,381	-0,610	-0,714	29,740	32,115	-0,818	11,074	-0,762	-0,004	22,471	0,734	1,060	0,134	0,565	1,440	0,495	0,575	
	0,686	8,630	3,544	-0,729	-0,730	30,156	33,372	-0,713	12,704	-0,383	0,015	22,905	0,736	1,114	0,144	0,608	1,502	0,591	0,713	
	0,179	8,198	1,879	-1,311	-1,956	28,126	31,606	-1,833	10,199	-0,681	-1,233	21,398	0,718	1,360	-0,018	-0,124	1,113	-0,267	0,120	
3. päivän mittaukset	0,255	8,207	2,478	-1,432	-1,885	29,325	33,663	-1,654	10,217	-0,818	-1,242	21,693	0,721	1,407	-0,016	-0,067	1,161	-0,141	0,253	
	1,011	7,974	0,027	-0,328	0,042	31,047	33,720	-0,137	10,421	-0,180	0,517	21,596	-0,848	0,886	0,409	0,785	1,585	0,782	0,716	
	0,987	7,831	1,417	-0,340	-0,019	30,802	33,377	-0,270	9,959	-0,146	0,599	21,209	-0,841	0,882	0,403	0,796	1,596	0,728	0,661	
Keskiarvo (mg/kg)	0,995	7,696	1,537	-0,352	-0,025	31,017	33,421	-0,228	10,831	-0,183	0,573	21,736	-0,838	0,886	0,411	0,828	1,575	0,713	0,668	
	0,657	8,862	3,638	-0,698	-0,765	29,562	32,539	-0,865	10,932	-0,707	-0,045	22,599	0,735	1,079	0,120	0,570	1,432	0,549	0,645	
	0,655	9,295	4,800	-0,751	-0,793	29,949	32,978	-0,886	11,786	-0,707	0,027	22,683	0,732	1,111	0,128	0,609	1,500	0,592	0,702	
Keskihajonta (mg/kg)	0,185	8,599	1,331	-1,338	-1,912	28,582	32,700	-1,798	9,370	-1,247	-1,258	21,922	0,733	1,362	-0,038	-0,070	1,070	-0,274	0,128	
	0,185	8,422	2,144	-1,444	-1,969	28,386	32,975	-1,780	9,092	-0,495	-1,270	21,067	0,733	1,396	-0,040	-0,105	1,131	-0,282	0,125	
	0,678	8,121	1,694	-0,731	-0,767	29,950	33,016	-0,838	10,751	-0,488	-0,121	21,859	0,056	1,083	0,204	0,482	1,416	0,368	0,485	
Keskihajonta (mg/kg)	0,343	0,727	1,692	0,460	0,829	1,051	0,600	0,663	1,088	0,354	0,780	0,631	0,808	0,217	0,192	0,388	0,203	0,409	0,231	

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																				
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	I	Mg	Mn
Aallompitus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613	
	2,410	2,450	1,980	-1,300	0,220	0,850	0,830	0,140	1,060	-0,960	-0,480	-0,780	0,190	-2,480	-1,930	-20,760	0,400	1,300	-1,330	
1. päivän mittaukset	4,740	5,137	4,054	-0,314	1,180	1,668	1,697	0,895	3,572	-0,009	0,680	-0,055	3,251	-1,188	-0,408	-3,547	3,879	0,711	-0,316	
	4,996	5,586	3,586	-0,234	1,096	1,627	1,636	0,892	8,201	-0,015	0,666	-0,136	3,261	-1,16	-0,518	-3,232	3,859	0,114	-0,319	
	5,784	5,801	4,261	-0,579	1,137	1,606	1,652	0,891	6,915	-0,034	0,663	-0,167	3,235	-1,219	-0,557	-4,205	3,844	-0,154	-0,321	
	4,225	4,472	2,847	-0,501	-0,424	0,743	0,825	1,204	8,252	-0,918	0,785	-0,462	1,727	-1,716	-0,183	-3,555	2,841	1,908	-1,046	
	4,952	4,476	3,685	-1,331	-0,505	0,651	0,759	1,195	7,918	-0,929	0,784	-0,456	1,702	-1,678	-0,052	-4,622	2,79	1,804	-1,049	
2. päivän mittaukset	5,304	4,593	3,733	-1,493	-0,652	0,651	0,749	1,2	8,525	-0,93	0,793	-0,453	1,681	-1,713	-0,061	-3,952	2,823	1,784	-1,05	
	3,246	2,249	2,988	-1,334	0,241	0,832	0,768	0,141	1,164	-0,936	-0,459	-0,741	0,414	-2,405	-1,817	-6,444	0,302	1,214	-1,292	
	4,559	5,043	3,756	-0,203	1,022	1,519	1,567	0,872	1,620	-0,030	0,640	-0,140	3,388	-1,347	-0,723	-5,511	3,778	0,360	-0,317	
	5,750	5,395	3,939	-0,590	1,014	1,507	1,544	0,870	1,701	-0,029	0,635	-0,177	3,427	-1,331	-0,676	-4,883	3,721	-0,061	-0,317	
	5,847	5,698	3,985	-0,533	1,062	1,629	1,671	0,872	1,821	-0,030	0,647	-0,193	3,434	-1,373	-0,720	-6,195	3,755	-0,242	-0,317	
3. päivän mittaukset	4,275	4,315	3,275	-0,585	-0,515	0,617	0,709	1,174	5,937	-0,895	0,757	-0,485	1,999	-1,690	-0,275	-5,165	2,727	1,964	-1,022	
	5,350	4,413	3,815	-1,300	-0,563	0,574	0,671	1,174	5,323	-0,905	0,763	-0,489	1,962	-1,833	-0,130	-6,309	2,719	1,863	-1,023	
	5,063	4,334	3,613	-1,575	-0,639	0,539	0,636	1,168	4,198	-0,905	0,755	-0,493	1,943	-1,930	-0,228	-4,794	2,728	1,773	-1,025	
	Keskiarvo (mg/kg)	4,750	4,569	3,541	-0,848	0,262	1,072	1,122	0,906	4,729	-0,538	0,545	-0,373	2,258	-1,647	-0,591	-5,941	2,869	1,024	-0,767
	Keskihajonta (mg/kg)	0,977	1,077	0,597	0,506	0,788	0,477	0,459	0,356	2,918	0,461	0,434	0,230	1,103	0,420	0,592	4,392	1,178	0,867	0,415

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallontuus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	284,000	235,485	242,170	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857
	-0,610	0,900	-17,880	-1,420	-1,150	3,180	3,810	-1,140	-4,090	0,340	-0,470	-0,330	-0,720	1,050	-0,230	0,150	0,730	-0,720	-0,650
	0,866	2,913	-4,768	0,340	0,207	2,234	2,910	0,441	-1,067	1,866	0,617	0,238	-0,032	0,735	0,417	1,216	2,440	0,371	0,575
1. päivän mittaukset	0,87	2,979	-3,676	0,315	0,211	1,831	2,563	0,422	-2,566	1,943	0,547	0,026	-0,023	0,749	0,412	1,188	2,428	0,354	0,545
	0,68	1,676	-4,547	-0,399	-1,523	2,035	3,209	-0,995	-1,046	1,267	-0,603	-1,342	-0,884	1,455	-0,527	0,541	2,328	-0,357	0,07
	-0,666	1,444	-3,859	-0,581	-1,517	1,46	2,027	-0,982	-1,526	1,466	-0,662	-0,372	0,886	1,46	-0,531	0,604	2,443	-0,382	0,049
	-0,664	0,898	-1,62	-0,619	-1,505	1,341	2,368	-0,964	-1,748	1,25	-0,67	0,154	0,886	1,468	-0,53	0,589	2,463	-0,377	0,077
2. päivän mittaukset	-0,432	0,423	9,853	-1,603	-1,057	2,709	2,292	-1,019	-3,944	1,707	0,607	2,554	-0,699	1,019	0,003	0,301	0,769	-0,672	-0,574
	0,936	2,178	-5,107	0,323	0,228	1,765	2,211	0,445	-1,954	3,584	1,391	0,582	-0,042	0,702	0,593	1,133	2,366	0,148	0,322
	0,913	2,580	-3,018	0,167	0,154	1,649	2,184	0,550	-3,154	3,478	1,259	1,806	-0,040	0,705	0,602	1,203	2,418	0,098	0,288
	0,930	2,701	-4,378	0,212	0,251	1,528	2,250	0,488	-3,677	3,354	1,309	1,363	-0,042	0,704	0,602	1,197	2,442	0,067	0,265
3. päivän mittaukset	-0,536	1,116	-4,395	-0,465	-1,523	0,953	2,173	-0,932	-1,639	3,216	0,269	0,198	-0,864	1,400	-0,291	0,550	2,268	-0,370	0,044
	-0,528	0,992	-3,462	-0,627	-1,472	1,066	2,030	-0,967	-1,876	3,240	0,277	1,493	-0,869	1,406	-0,300	0,601	2,397	-0,431	0,014
	-0,545	0,816	-3,194	-0,637	-1,445	0,710	1,571	-0,981	-2,116	3,440	0,225	1,397	-0,873	1,396	-0,310	0,589	2,405	-0,497	-0,052
Keskianvo (mg/kg)	0,052	1,785	-3,765	-0,340	-0,707	1,758	2,437	-0,367	-2,418	2,298	0,327	0,573	-0,239	1,071	0,023	0,790	2,171	-0,181	0,101
Keskijahonta (mg/kg)	0,763	0,978	5,517	0,639	0,840	0,676	0,559	0,758	1,056	1,061	0,717	1,030	0,610	0,341	0,460	0,380	0,605	0,377	0,362

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

2. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallontuus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
	3,788	2,439	2,382	-2,671	-0,519	0,744	0,651	0,073	1,038	-0,724	-0,045	-0,72	2,086	-2,615	-2,121	-4,475	1,639	1,639	-0,893
	4,036	2,306	2,419	-2,059	-0,595	0,622	0,53	0,073	1,652	-0,723	-0,051	-0,469	2,261	-1,113	-0,527	-5,845	1,628	1,662	-0,861
1. päivän mittaukset	3,511	3,554	3,337	-1,237	0,196	1,549	1,616	0,841	3,462	0,217	0,862	0,022	2,975	-2,353	-1,851	-7,531	1,421	2,535	-0,046
	3,602	3,509	2,453	-1,325	0,193	1,328	1,354	0,831	4,16	0,159	0,831	0,008	2,916	-2,262	-1,769	-7,461	1,417	2,465	-0,054
	3,942	3,457	3,256	-1,575	0,047	1,284	1,338	0,832	5,163	0,146	0,835	-0,002	2,872	-2,381	-1,853	-8,713	1,43	2,43	-0,053
	0,679	3,023	1,464	-1,353	0,2	0,98	0,821	-0,376	5,405	-0,646	-0,688	-0,234	2,608	-2,011	-1,922	-5,582	1,959	2,277	-0,736
2. päivän mittaukset	0,922	2,928	1,64	-2,081	0,026	0,873	0,721	-0,376	4,75	-0,661	-0,685	-0,235	2,62	-2,036	-1,936	-6,526	1,957	2,235	-0,739
	4,511	2,820	2,690	-2,703	-0,470	0,721	0,642	0,202	4,183	-0,752	-0,053	-0,683	2,838	-1,525	-0,981	-9,173	1,685	1,889	-0,908
	4,604	2,879	2,630	-2,996	-0,536	0,573	0,506	0,206	4,649	-0,764	-0,058	-0,400	2,916	0,107	0,778	-9,016	1,685	1,847	-0,880
	3,825	3,974	2,758	-1,083	0,115	1,379	1,421	0,977	5,317	0,145	0,849	0,089	3,617	-1,165	-0,607	-9,108	1,442	2,698	-0,050
3. päivän mittaukset	4,535	3,948	3,098	-1,642	0,080	1,268	1,343	0,984	5,563	0,144	0,853	0,122	3,592	-1,027	-0,488	-9,130	1,459	2,667	-0,050
	3,680	3,900	2,501	-1,342	0,145	1,280	1,333	0,979	6,195	0,145	0,852	0,111	3,626	-0,886	-0,378	-7,737	1,433	2,686	-0,051
	3,182	1,846	1,694	-2,861	-2,009	-0,453	-0,331	-0,387	7,448	-1,247	-0,607	-0,783	2,315	-1,272	-0,786	-10,431	1,530	1,452	-1,349
	4,235	1,900	2,041	-3,404	-2,219	-0,516	-0,374	-0,384	8,947	-1,252	-0,619	-0,776	2,325	-1,216	-0,632	-10,626	1,541	1,441	-1,350
Keskiarvo (mg/kg)	3,504	3,035	2,455	-2,024	-0,382	0,831	0,827	0,320	4,852	-0,415	0,163	-0,282	2,826	-1,554	-1,077	-7,954	1,588	2,137	-0,573
Keskihajonta (mg/kg)	1,218	0,724	0,583	0,769	0,795	0,637	0,626	0,569	2,041	0,549	0,659	0,352	0,509	0,755	0,846	1,837	0,185	0,468	0,503

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

2. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,170	284,000	235,485	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857
	-0,239	1,582	-0,607	-1,384	-1,114	0,994	0,755	-0,82	-4,327	0,126	-0,642	0,214	-1,311	0,594	-0,373	0,037	0,846	-1,087	-0,609
	-0,220	1,827	-0,704	-1,258	-0,888	0,875	0,213	-0,703	-4,44	-0,351	-0,489	2,489	-1,31	0,596	-0,359	0,104	0,881	-1,033	-0,503
1. päivän mittaukset	0,371	2,308	-5,34	0,000	-0,451	2,888	2,581	-0,086	-1,684	0,63	0,298	-2,667	-0,099	0,641	0,569	0,745	1,613	0,797	0,939
	0,364	2,718	-4,666	0,05	-0,381	2,005	2,52	-0,017	-1,811	0,57	0,267	-2,741	-0,1	0,64	0,569	0,825	1,576	0,59	0,786
	0,377	2,537	-3,797	-0,107	-0,448	1,998	2,136	0,021	-1,868	0,806	0,228	-1,667	-0,096	0,646	0,567	0,784	1,645	0,585	0,760
	0,662	2,803	-12,042	-0,91	-0,788	0,307	0,571	-0,981	-1,618	-0,105	-0,706	-6,67	0,021	0,274	-0,041	-0,062	0,24	-0,866	-0,662
2. päivän mittaukset	0,672	3,033	-11,548	-1,014	-0,957	0,985	0,665	-1,118	-1,662	0,314	-0,77	-6,478	0,02	0,272	-0,037	-0,048	0,258	-0,907	-0,687
	-0,264	0,327	-5,804	-1,374	-1,016	1,041	0,884	-0,868	-4,153	0,493	-0,695	1,390	-1,328	0,629	-0,342	0,080	0,896	-0,738	-0,244
	-0,212	0,087	-4,818	-1,183	-0,749	0,592	0,682	-0,755	-4,367	-0,049	-0,542	2,632	-1,329	0,629	-0,327	0,043	0,970	-0,876	-0,345
	0,376	1,151	-6,498	0,153	-0,367	2,290	2,502	-0,085	-1,462	0,361	0,247	-2,118	-0,094	0,665	0,601	0,790	1,587	0,488	0,697
	0,364	1,122	-3,380	-0,030	-0,342	2,243	2,388	-0,011	-1,499	0,974	0,214	-0,103	-0,095	0,670	0,604	0,815	1,704	0,468	0,673
3. päivän mittaukset	0,376	1,043	-5,028	0,162	-0,365	2,069	2,250	-0,018	-1,423	0,021	0,222	-1,945	-0,093	0,669	0,614	0,832	1,620	0,486	0,667
	-1,124	-0,110	-7,239	-1,034	-1,906	0,868	1,327	-1,713	-0,960	-0,339	-1,782	-2,570	-0,831	0,652	-0,709	-0,439	0,308	-1,287	-0,627
	-1,128	0,121	-2,919	-1,269	-1,929	1,147	1,910	-1,853	-1,028	0,276	-1,815	-1,311	-0,828	0,661	-0,697	-0,349	0,368	-1,211	-0,501
Keskiarvo (mg/kg)	0,027	1,468	-5,314	-0,657	-0,836	1,450	1,527	-0,643	-2,307	0,266	-0,426	-1,539	-0,534	0,588	0,046	0,297	1,037	-0,328	0,025
Keskihajonta (mg/kg)	0,586	1,099	3,344	0,641	0,531	0,774	0,876	0,638	1,347	0,406	0,724	2,807	0,582	0,136	0,521	0,475	0,581	0,821	0,668

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 kolmannen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

3. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mitaukset	3,845	3,750	2,928	-1,246	0,055	1,405	1,463	0,928	2,72	0,171	0,937	-0,035	3,444	-2,519	-1,938	-10,391	1,599	3,014	-0,065
	4,043	3,783	2,996	-1,857	0,083	1,391	1,446	0,932	2,748	0,159	0,937	0,150	3,423	-1,451	-0,897	-7,462	1,585	2,999	-0,067
	4,451	1,586	2,605	-3,530	-2,478	-0,701	-0,538	-0,581	5,595	-1,387	-0,690	-0,829	1,992	-1,867	-1,224	-11,747	1,692	1,691	-1,500
	3,658	1,614	1,497	-3,288	-2,364	-0,661	-0,557	-0,587	5,318	-1,360	-0,699	-0,811	1,981	-1,827	-1,219	-10,120	1,680	1,665	-1,501
	2,522	3,291	2,881	-1,158	-1,095	0,077	0,010	-0,107	2,135	-0,684	-0,198	-0,028	2,639	-0,914	-0,605	-6,464	1,742	2,594	-0,770
2. päivän mitaukset	3,894	3,385	2,983	-2,600	-1,324	-0,141	-0,174	-0,112	2,658	-0,696	-0,198	0,035	2,738	-0,451	-0,069	-6,533	1,744	2,661	-0,769
	3,902	3,696	3,205	-1,962	-1,306	-0,146	-0,160	-0,100	3,904	-0,705	-0,215	0,102	2,702	-0,345	0,087	-7,645	1,710	2,710	-0,770
	3,531	1,528	1,956	-3,615	-2,305	-0,655	-0,528	-0,577	-1,619	-1,386	-0,690	-1,040	1,307	-3,460	-2,936	-10,896	1,694	0,982	-1,502
	3,797	1,528	2,099	-3,372	-2,346	-0,553	-0,403	-0,579	-0,814	-1,366	-0,699	-1,040	1,410	-3,523	-2,995	-10,313	1,664	0,910	-1,501
	3,447	1,318	1,831	-3,356	-2,163	-0,615	-0,459	-0,581	-1,053	-1,365	-0,692	-1,038	1,363	-3,551	-3,021	-9,632	1,617	0,847	-1,501
3. päivän mitaukset	3,456	3,094	3,249	-3,019	-1,550	-0,499	-0,544	-0,104	-4,156	-0,728	-0,206	-0,232	1,701	-2,619	-2,261	-5,890	1,718	1,773	-0,780
	3,462	2,945	3,081	-2,599	-1,703	-0,592	-0,627	-0,102	-4,251	-0,749	-0,229	-0,257	1,694	-2,668	-2,330	-4,811	1,705	1,710	-0,784
	-0,324	2,166	2,324	-0,154	1,209	1,706	1,692	0,462	-5,851	-0,195	0,117	0,129	1,740	-1,938	-1,574	-3,164	2,624	2,590	-0,726
	0,566	2,036	2,461	-0,553	1,121	1,623	1,650	0,458	-6,197	-0,208	0,109	0,129	1,699	-1,981	-1,581	-4,052	2,573	2,468	-0,733
	Keskianvo (mg/kg)	3,161	2,551	2,578	-2,308	-1,155	0,117	0,162	-0,046	0,081	-0,750	-0,173	-0,340	2,131	-2,080	-1,612	-7,794	1,811	2,044
Keskiahajonta (mg/kg)	1,368	0,953	0,560	1,162	1,278	0,959	0,938	0,545	4,054	0,570	0,554	0,492	0,728	1,057	1,030	2,754	0,338	0,772	0,506

Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 kolmannen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

3. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																				
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,17	284,000	235,485	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857	
	0,427	2,677	-3,163	0,002	-0,567	2,090	2,275	0,036	-2,578	0,104	0,256	-1,185	-0,121	0,716	0,598	0,91	1,804	0,356	0,606	
	0,422	2,862	-0,760	-0,055	-0,532	1,969	2,183	-0,085	-2,549	0,344	0,198	-0,312	-0,121	0,719	0,607	0,886	1,780	0,331	0,569	
1. päivän mittaukset	-1,248	1,933	0,787	-1,610	-2,107	1,435	1,983	-1,727	-2,603	0,086	-1,940	0,130	-0,937	0,698	-0,858	-0,362	0,407	-1,567	-0,757	
	-1,289	1,702	-1,404	-1,351	-2,091	1,307	1,618	-1,977	-2,322	-0,656	-1,771	-0,196	-0,939	0,696	-0,860	-0,466	0,300	-1,588	-0,786	
	0,499	2,576	-6,806	-0,678	-0,623	1,221	1,592	-0,438	-1,035	-0,243	-0,430	-4,409	0,243	0,598	-0,027	0,027	0,779	-0,821	-0,446	
	0,528	2,982	-2,727	-0,940	-0,803	1,383	2,055	-0,447	-1,197	0,618	-0,415	-2,758	0,247	0,604	-0,029	0,108	0,790	-0,798	-0,401	
2. päivän mittaukset	0,508	2,962	-2,275	-0,907	-0,763	1,863	2,449	-0,383	-0,811	-0,482	-0,274	-2,743	0,252	0,611	-0,023	0,030	0,848	-0,745	-0,384	
	-1,237	-0,241	-5,703	-1,395	-2,239	0,654	1,361	-1,890	-2,833	-0,586	-2,179	-2,408	-0,942	0,680	-0,860	-0,458	0,347	-1,824	-1,027	
	-1,259	0,010	-4,456	-1,489	-2,203	1,289	1,455	-1,915	-2,849	-0,465	-2,069	-0,740	-0,941	0,683	-0,864	-0,460	0,421	-1,693	-0,894	
	-1,261	0,217	-3,680	-1,395	-2,253	1,036	1,307	-1,863	-2,783	-0,488	-2,011	-1,028	-0,944	0,679	-0,863	-0,425	0,356	-1,681	-0,878	
3. päivän mittaukset	0,504	1,017	-4,510	-1,065	-0,807	1,603	2,051	-0,481	-1,803	0,094	-0,507	-2,718	0,232	0,585	-0,058	0,038	0,842	-0,986	-0,606	
	0,520	1,036	-2,935	-0,991	-0,944	0,950	1,674	-0,493	-1,832	0,512	-0,451	-3,395	0,231	0,584	-0,058	0,133	0,828	-1,002	-0,622	
	1,038	2,206	-6,252	-0,218	0,005	2,641	2,204	-0,363	-0,258	-0,060	0,518	-2,890	-1,342	0,389	0,169	0,821	1,557	-0,329	-0,363	
	1,024	1,967	-3,622	-0,355	-0,011	2,291	2,020	-0,250	-0,352	0,668	0,553	-2,083	-1,348	0,385	0,163	0,932	1,628	-0,374	-0,383	
Keskiarvo (mg/kg)	-0,059	1,708	-3,393	-0,889	-1,138	1,552	1,873	-0,877	-1,843	-0,040	-0,752	-1,910	-0,459	0,616	-0,212	0,122	0,906	-0,909	-0,455	
Keskihajonta (mg/kg)	0,948	1,124	2,112	0,549	0,849	0,555	0,366	0,787	0,944	0,459	1,024	1,361	0,645	0,109	0,546	0,550	0,556	0,721	0,492	

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 neljännen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

4. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	0,239	1,801	2,647	-0,653	1,021	1,450	1,474	0,419	-6,800	-0,196	0,095	0,215	1,884	-0,817	-0,459	-6,116	2,402	2,239	-0,670
	0,360	1,809	2,804	-0,478	1,000	1,435	1,467	0,416	-6,698	-0,192	0,091	0,223	1,874	-0,839	-0,463	-6,536	2,391	2,226	-0,674
	0,018	1,851	2,572	-0,501	1,055	1,447	1,468	0,419	-5,217	-0,195	0,087	0,221	1,832	-0,871	-0,504	-3,408	2,374	2,252	-0,671
	2,796	3,930	1,902	-0,906	0,534	1,061	1,111	0,280	-3,131	-0,346	-0,066	0,036	1,099	-1,096	-0,675	-2,631	3,420	2,180	-0,992
2. päivän mittaukset	3,478	3,880	1,966	-0,847	0,430	1,076	1,137	0,279	-2,215	-0,351	-0,066	0,049	1,094	-1,079	-0,600	-1,457	3,367	2,189	-0,992
	2,286	3,118	1,267	-2,668	-1,667	-0,786	-0,622	-0,367	-7,541	-0,782	-0,781	-0,755	0,294	-1,587	-1,209	-2,942	2,817	1,466	-1,163
	3,17	3,155	1,367	-2,589	-1,808	-0,863	-0,686	-0,366	-6,883	-0,779	-0,785	-0,744	0,277	-1,583	-1,148	-4,474	2,828	1,443	-1,162
	2,740	3,956	2,001	-0,969	0,497	1,091	1,146	0,288	-3,705	-0,361	-0,072	-0,044	1,128	-1,332	-0,863	-1,995	3,552	2,450	-1,032
3. päivän mittaukset	3,444	3,928	2,024	-1,073	0,451	1,062	1,111	0,289	-3,963	-0,367	-0,075	-0,037	1,088	-1,461	-0,979	-4,044	3,541	2,341	-1,035
	3,477	3,894	1,979	-0,644	0,458	1,059	1,108	0,286	-3,876	-0,358	-0,087	-0,044	1,058	-1,581	-1,126	-2,802	3,517	2,269	-1,035
	2,890	3,123	1,311	-2,976	-1,897	-0,928	-0,734	-0,392	-10,205	-0,808	-0,807	-0,902	0,224	-2,338	-1,942	-4,689	2,971	1,437	-1,214
	2,955	3,063	1,210	-2,948	-1,931	-0,940	-0,762	-0,389	-8,753	-0,808	-0,802	-0,893	0,218	-2,218	-1,833	-3,420	2,907	1,475	-1,214
Keskiarvo (mg/kg)	2,373	2,945	2,042	-1,507	-0,394	0,418	0,491	0,055	-6,174	-0,553	-0,294	-0,280	0,940	-1,457	-1,016	-4,485	2,749	1,895	-1,000
	1,238	0,922	0,595	0,958	1,307	0,988	0,938	0,344	2,497	0,330	0,364	0,444	0,613	0,486	0,470	2,434	0,782	0,456	0,192
Keskinäöntä (mg/kg)	1,238	0,922	0,595	0,958	1,307	0,988	0,938	0,344	2,497	0,330	0,364	0,444	0,613	0,486	0,470	2,434	0,782	0,456	0,192



## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 2 neljännen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 2.

3. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																				
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,17	284,000	235,485	407,771 rad	407,771 rad	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857	
1. päivän mittaukset	0,956	1,604	-6,804	-0,248	-0,007	2,454	1,716	-0,309	-0,552	0,746	0,591	-2,170	-1,243	0,349	0,290	0,808	1,525	-0,454	-0,496	
	0,973	1,446	-5,700	-0,277	0,043	2,345	1,928	-0,246	-0,556	0,500	0,557	-2,000	-1,240	0,350	0,288	0,757	1,532	-0,460	-0,488	
	0,939	1,456	-4,722	-0,277	0,020	2,507	1,967	-0,273	-0,443	0,631	0,604	-2,207	-1,240	0,352	0,288	0,803	1,546	-0,450	-0,463	
	0,629	3,164	-4,334	-0,569	-0,669	1,920	1,055	-0,907	0,091	0,484	0,088	-1,946	0,274	0,506	0,017	0,517	1,371	-0,450	-0,349	
2. päivän mittaukset	0,615	3,241	-2,231	-0,683	-0,665	1,619	1,198	-0,871	0,023	0,597	0,127	-1,097	0,278	0,513	0,026	0,579	1,419	-0,411	-0,292	
	0,170	2,24	-4,26	-1,183	-1,828	0,032	0,432	-1,836	-1,295	0,054	-1,124	-2,817	1,120	0,772	-0,121	-0,113	1,048	-1,102	-0,749	
	0,200	2,679	-3,819	-1,311	-1,835	0,176	0,691	-1,786	-1,259	0,028	-1,14	-2,128	1,117	0,778	-0,128	-0,098	1,119	-1,048	-0,678	
	0,655	3,196	-3,640	-0,604	-0,690	1,970	1,059	-1,008	-0,171	0,448	0,041	-2,012	0,293	0,537	-0,109	0,542	1,443	-0,563	-0,463	
	0,634	2,828	-2,805	-0,686	-0,768	2,092	1,131	-0,893	-0,266	0,152	-0,001	-1,241	0,288	0,536	-0,114	0,577	1,479	-0,584	-0,452	
	0,658	3,262	-1,795	-0,738	-0,749	1,986	0,972	-0,940	-0,281	0,275	0,120	-0,938	0,289	0,534	-0,111	0,570	1,482	-0,555	-0,427	
3. päivän mittaukset	0,178	2,486	-4,105	-1,334	-1,929	0,261	0,597	-1,865	-1,933	0,237	-1,199	-2,156	1,171	0,800	-0,275	-0,127	1,153	-1,443	-1,045	
	0,176	2,047	-4,364	-1,339	-1,965	0,305	0,595	-1,901	-1,928	0,352	-1,212	-2,201	1,163	0,811	-0,273	-0,134	1,137	-1,416	-1,011	
	-0,688	1,017	-10,445	-1,385	-1,135	1,772	1,688	-1,095	-3,145	-0,506	-0,779	-5,593	0,063	0,652	-0,375	-0,212	0,626	-1,812	-0,848	
	-0,671	0,846	-8,065	-1,619	-1,051	2,175	2,183	-1,108	-3,361	0,505	-0,801	-4,858	0,062	0,653	-0,398	-0,219	0,674	-1,801	-0,817	
Keskiarvo (mg/kg)	0,387	2,251	-4,792	-0,875	-0,945	1,544	1,229	-1,074	-1,077	0,322	-0,295	-2,383	0,171	0,582	-0,071	0,304	1,254	-0,896	-0,613	
Keskihajonta (mg/kg)	0,536	0,857	2,338	0,472	0,718	0,920	0,572	0,584	1,132	0,321	0,711	1,312	0,870	0,167	0,232	0,419	0,308	0,529	0,244	

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallontuus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
	1,996	2,535	2,986	-1,730	0,147	0,945	0,917	0,091	22,583	-0,999	-0,452	-0,719	0,502	1,032	1,681	-0,449	0,402	2,613	-1,299
	4,864	5,362	4,594	0,597	1,381	1,847	1,887	0,866	28,377	0,023	0,670	-0,002	3,497	1,664	2,364	4,419	3,888	2,120	-0,278
1. päivän mitaukset	5,094	5,684	3,705	-0,033	1,144	1,669	1,709	0,860	28,307	-0,022	0,666	-0,110	3,475	1,539	2,224	5,251	3,864	1,261	-0,292
	6,021	5,948	3,779	-0,500	1,135	1,679	1,730	0,858	28,650	-0,022	0,660	-0,152	3,437	1,476	2,189	5,745	3,837	0,930	-0,292
	3,932	4,621	3,005	-0,713	0,380	0,758	0,846	1,167	32,720	-0,917	0,769	-0,461	1,900	1,227	2,781	3,427	2,792	2,994	-1,014
	4,795	4,509	3,401	-0,863	-0,467	0,754	0,869	1,163	32,169	-0,924	0,783	-0,465	1,915	1,205	2,927	4,914	2,810	2,831	-1,020
2. päivän mitaukset	5,783	4,825	3,968	-1,310	-0,536	0,738	0,853	1,160	31,192	-0,923	0,786	-0,456	1,862	0,947	2,783	5,016	2,817	2,764	-1,021
	2,713	2,458	3,160	-1,951	-0,038	0,818	0,842	0,106	22,157	-0,995	-0,478	-0,781	0,122	-0,377	0,306	3,261	0,334	2,457	-1,299
	4,765	5,283	3,676	-0,212	1,175	1,592	1,650	0,854	20,465	-0,016	0,654	-0,158	3,155	0,496	1,157	7,632	3,867	1,461	-0,300
	5,738	5,723	3,943	-0,688	1,054	1,553	1,628	0,860	22,329	-0,034	0,650	-0,184	3,157	0,533	1,257	7,100	3,819	0,992	-0,300
3. päivän mitaukset	6,305	6,045	3,947	-0,728	1,319	1,817	1,875	0,859	22,704	-0,018	0,670	-0,206	3,149	0,492	1,196	5,832	3,857	0,779	-0,298
	4,570	4,443	3,226	-0,863	-0,401	0,734	0,828	1,160	24,588	-0,916	0,772	-0,533	1,544	-0,088	1,559	8,819	2,801	2,798	-1,026
	5,201	4,448	3,646	-1,228	-0,619	0,660	0,763	1,156	25,932	-0,931	0,779	-0,531	1,590	-0,278	1,512	6,214	2,824	2,699	-1,029
	5,489	4,438	3,852	-1,549	-0,607	0,637	0,758	1,161	26,113	-0,924	0,785	-0,531	1,564	-0,247	1,498	7,423	2,812	2,677	-1,029
Keskianno (mg/kg)	4,805	4,737	3,635	-0,841	0,362	1,157	1,225	0,880	26,306	-0,544	0,551	-0,378	2,205	0,687	1,817	5,329	2,909	2,098	-0,750
Keskinäonnat (mg/kg)	1,220	1,113	0,444	0,689	0,808	0,492	0,475	0,361	4,022	0,477	0,434	0,240	1,118	0,717	0,754	2,297	1,188	0,823	0,421

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 ensimmäisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

1. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																				
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Sr	Sr	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallompitus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	284,000	235,485	242,170	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857	
	-0,486	15,050	4,325	-1,488	-1,163	28,001	30,933	-1,346	-3,889	2,378	0,447	-1,721	-0,697	1,077	-0,103	0,007	0,770	-0,602	-0,588	
	0,968	15,292	8,735	0,314	0,248	25,964	30,621	0,614	-0,342	3,985	1,509	1,964	-0,004	0,778	0,538	1,216	2,409	1,251	1,409	
1. päivän mittaukset	0,944	15,613	8,593	0,315	0,215	24,836	29,233	0,562	-2,082	4,066	1,460	1,709	-0,009	0,771	0,537	1,189	2,434	1,020	1,193	
	0,935	15,640	10,705	0,123	0,208	25,002	29,643	0,588	-3,121	3,780	1,382	2,591	-0,007	0,780	0,530	1,241	2,487	0,822	1,029	
	-0,562	13,839	7,904	-0,480	-1,600	26,007	33,089	-1,113	-0,479	3,008	0,180	0,876	0,858	1,483	-0,406	0,547	2,283	0,087	0,495	
	-0,563	13,650	9,153	-0,587	-1,584	24,222	31,258	-0,994	-1,207	3,276	0,204	1,598	-0,866	1,497	-0,412	0,587	2,347	0,036	0,489	
	-0,573	13,484	8,246	-0,726	-1,550	24,212	32,634	-0,994	-1,472	3,499	0,195	1,907	0,860	1,515	-0,422	0,595	2,480	-0,011	0,443	
2. päivän mittaukset	-0,615	17,195	13,844	-1,638	-1,214	27,374	30,881	-1,297	-3,788	1,240	-0,525	-1,646	0,678	1,097	-0,243	0,086	0,830	-0,587	-0,536	
	0,838	15,819	10,401	0,218	0,135	24,046	28,255	0,433	-1,369	1,672	0,612	0,321	-0,020	0,752	0,393	1,171	2,413	0,208	0,393	
	0,845	16,800	10,699	0,153	0,154	24,238	28,645	0,495	-2,804	2,096	0,520	1,044	-0,009	0,772	0,397	1,214	2,489	0,369	0,583	
	0,849	17,050	10,388	0,126	0,161	24,940	29,371	0,578	-3,291	2,122	0,426	1,502	-0,010	0,773	0,395	1,251	2,456	0,335	0,556	
3. päivän mittaukset	-0,698	15,269	9,838	-0,607	-1,582	24,761	31,954	-1,008	-1,357	1,326	-0,561	-0,213	-0,867	1,483	-0,557	0,577	2,306	-0,426	-0,003	
	-0,694	14,557	10,335	-0,761	-1,646	23,770	32,279	-1,044	-1,849	1,672	-0,626	0,529	-0,864	1,507	-0,558	0,605	2,478	-0,391	0,074	
	-0,668	14,888	10,989	-0,767	-1,662	24,102	32,224	-0,961	-1,975	1,701	-0,671	1,007	-0,863	1,508	-0,561	0,636	2,430	-0,355	0,113	
Keskiaivo (mg/kg)	0,037	15,296	9,583	-0,415	-0,777	25,105	30,787	-0,393	-2,073	2,559	0,325	0,819	-0,130	1,128	-0,034	0,780	2,187	0,125	0,404	
Keskihajonnat (mg/kg)	0,775	1,187	2,125	0,646	0,879	1,288	1,553	0,848	1,146	1,015	0,755	1,286	0,631	0,350	0,467	0,432	0,591	0,590	0,577	

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 1.

		2 mikroaaltounihajotus (mg/kg)																	
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallontitus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
	3,935	2,806	2,120	-1,981	-0,362	0,807	0,743	0,042	19,271	-0,789	-0,051	-0,770	2,330	0,025	0,628	0,149	1,782	2,631	-0,939
	4,782	2,700	2,740	-2,647	-0,530	0,784	0,677	0,033	20,101	-0,788	-0,048	-0,488	2,551	1,682	2,334	1,473	1,815	2,571	-0,910
	4,535	2,653	3,040	-2,712	-0,557	0,738	0,658	0,029	19,962	-0,784	-0,047	-0,482	2,569	1,689	2,467	1,563	1,782	2,491	-0,909
1 päivän mittaukset	3,672	3,974	2,928	-0,742	0,185	1,510	1,561	0,849	21,245	0,152	0,882	0,067	3,277	0,537	1,107	1,734	1,531	3,486	-0,031
	4,612	3,934	3,233	-2,070	-0,094	1,462	1,545	0,857	20,815	0,158	0,925	0,046	3,265	0,386	1,052	0,336	1,544	3,391	-0,031
	0,907	3,389	1,066	-1,658	0,417	1,166	1,024	-0,463	22,819	-0,684	-0,734	-0,161	2,914	1,282	1,164	2,017	2,131	3,269	-0,769
	1,348	3,555	1,145	-1,684	0,197	1,045	0,858	-0,461	23,992	-0,692	-0,744	-0,146	2,824	1,180	1,272	3,050	2,132	3,221	-0,771
2 päivän mittaukset	4,780	2,912	2,360	-2,538	-0,481	0,871	0,780	0,040	25,018	-0,791	-0,051	-0,706	2,433	0,389	1,042	8,266	1,822	3,059	-0,930
	4,484	2,755	2,674	-2,233	-0,574	0,714	0,656	0,045	24,700	-0,792	-0,056	-0,440	2,430	2,005	2,761	6,391	1,815	2,792	-0,905
	3,749	3,841	3,378	-1,238	0,254	1,580	1,649	0,862	24,418	0,153	0,898	0,055	3,203	0,469	0,991	0,836	1,543	3,506	-0,026
	4,611	3,845	3,222	-1,489	0,111	1,469	1,549	0,871	24,177	0,150	0,903	0,065	3,165	0,402	1,077	2,348	1,525	3,439	-0,025
3 päivän mittaukset	3,756	3,874	2,757	-1,051	0,224	1,478	1,532	0,857	23,658	0,156	0,912	0,064	3,101	0,515	1,021	2,670	1,520	3,441	-0,029
	3,384	1,799	1,951	-3,872	-1,903	-0,334	-0,191	-0,592	29,965	-1,316	-0,674	-0,918	1,663	0,160	0,781	-0,418	1,645	2,271	-1,400
	3,826	1,721	2,531	-3,734	-2,038	-0,304	-0,141	-0,582	30,946	-1,326	-0,678	-0,912	1,891	0,070	0,777	-0,562	1,639	2,207	-1,402
	Keskiarvo (mg/kg)	3,742	3,126	2,510	-2,118	-0,368	0,928	0,921	0,171	23,649	-0,514	0,103	-0,338	2,687	0,771	1,320	2,132	1,730	2,994
Keskihajonnat (mg/kg)	1,202	0,767	0,724	0,925	0,762	0,617	0,603	0,582	3,475	0,553	0,677	0,382	0,511	0,661	0,677	2,488	0,208	0,475	0,515

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 toisen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

		2. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																		
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,000	283,000	235,000	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857	
	-0,274	13,805	6,258	-1,465	-1,340	23,735	27,619	-0,990	-4,338	-0,698	-0,729	0,012	-1,412	0,658	-0,413	-0,006	0,897	-1,108	-0,596	
	-0,204	13,606	10,480	-1,458	-0,954	24,328	28,040	-0,874	-4,497	-0,133	-0,569	2,998	-1,414	0,659	-0,417	0,056	0,959	-1,019	-0,440	
1. päivän mittaukset	-0,231	13,662	10,958	-1,475	-0,951	23,661	28,275	-0,727	-4,635	0,390	-0,577	2,998	-1,411	0,659	-0,415	0,036	1,005	-1,030	-0,429	
	0,392	14,554	6,783	-0,031	-0,560	25,133	28,851	-0,146	-1,632	0,422	0,335	-2,043	-0,101	0,702	0,580	0,769	1,720	0,643	0,840	
	0,417	14,467	9,428	-0,163	-0,557	25,134	29,113	-0,002	-1,644	0,442	0,174	-0,722	-0,102	0,705	0,584	0,848	1,785	0,568	0,799	
	0,731	15,053	-1,919	-1,049	-1,105	25,370	26,975	-1,011	-1,433	0,023	-0,445	-5,953	0,027	0,302	-0,086	-0,019	0,258	-0,973	-0,745	
2. päivän mittaukset	0,727	15,331	1,517	-1,116	-1,014	25,310	26,865	-1,169	-1,437	-0,185	-0,608	-5,362	0,028	0,303	-0,082	-0,162	0,284	-1,021	-0,763	
	-0,276	19,489	11,437	-1,671	-1,243	23,618	28,120	-0,883	-4,473	-0,555	-0,686	1,729	-1,401	0,678	-0,407	0,021	0,998	-1,069	-0,510	
	-0,217	17,115	11,774	-1,510	-1,113	23,848	28,275	-0,819	-4,667	0,197	-0,492	3,237	-1,399	0,679	-0,407	0,047	1,017	-1,057	-0,472	
	0,391	15,376	6,714	-0,034	-0,476	25,410	28,562	-0,159	-1,729	0,806	0,205	-1,938	-0,090	0,716	0,588	0,880	1,759	0,713	0,880	
	0,388	15,241	9,385	-0,233	-0,570	25,495	29,207	-0,012	-1,815	0,593	0,190	0,107	-0,094	0,718	0,585	0,854	1,795	0,592	0,812	
3. päivän mittaukset	0,381	15,245	8,835	-0,064	-0,494	25,135	28,415	-0,106	-1,804	-0,220	0,171	-0,882	-0,096	0,710	0,586	0,821	1,684	0,527	0,732	
	-1,186	14,672	6,393	-1,386	-2,122	25,021	29,677	-1,805	-1,933	-0,703	-1,892	-1,870	-0,864	0,713	-0,809	-0,452	0,321	-1,221	-0,502	
	-1,201	14,775	9,490	-1,479	-2,280	25,592	29,396	-1,858	-1,886	-0,156	-1,857	-0,863	-0,862	0,720	-0,811	-0,453	0,365	-1,190	-0,427	
Keskiarvo (mg/kg)	-0,012	15,171	7,681	-0,938	-1,056	24,771	28,385	-0,748	-2,709	0,016	-0,484	-0,622	-0,657	0,637	-0,066	0,231	1,061	-0,475	-0,059	
Keskihajomat (mg/kg)	0,619	1,529	3,879	0,664	0,566	0,754	0,843	0,613	1,412	0,479	0,705	2,812	0,645	0,144	0,542	0,495	0,601	0,841	0,682	

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 kolmannen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

3. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallontuus (nm)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	4,758	3,987	3,573	-1,795	0,013	1,412	1,528	0,915	21,472	0,186	0,951	-0,033	3,633	-0,673	-0,041	2,911	1,641	3,747	-0,043
	3,428	3,902	2,319	-1,735	0,125	1,386	1,480	0,917	20,870	0,173	0,962	-0,015	3,529	-0,398	0,153	2,871	1,625	3,746	-0,044
	4,630	1,771	2,611	-4,100	-2,570	-0,719	-0,538	-0,630	21,054	-1,366	-0,712	-1,038	2,182	-0,542	0,126	1,339	1,722	2,469	-1,511
	3,715	1,735	2,629	-2,705	-2,391	-0,726	-0,580	-0,628	21,481	-1,346	-0,732	-1,040	2,192	-0,476	0,146	1,534	1,701	2,509	-1,513
	3,936	1,637	2,106	-3,166	-2,498	-0,761	-0,570	-0,631	23,932	-1,345	-0,740	-1,046	2,092	-0,533	0,077	0,962	1,678	2,467	-1,513
2. päivän mittaukset	3,740	3,545	2,655	-1,851	-1,662	-0,457	-0,472	-0,135	18,547	-0,701	-0,232	-0,190	2,644	0,329	0,766	5,027	1,763	3,426	-0,770
	3,838	3,476	3,085	-2,064	-1,604	-0,418	-0,456	-0,152	18,982	-0,690	-0,218	-0,203	2,581	0,338	0,743	2,066	1,750	3,386	-0,770
	3,936	1,765	2,222	-3,819	-2,435	-0,652	-0,473	-0,572	18,458	-1,204	-0,671	-0,875	1,875	1,045	1,722	-2,700	1,628	2,130	-1,407
	3,741	1,647	2,389	-3,646	-2,233	-0,359	-0,176	-0,580	18,603	-1,204	-0,667	-0,904	2,159	0,802	1,425	-2,852	1,611	2,052	-1,407
	3,835	1,763	1,984	-4,159	-2,143	-0,374	-0,247	-0,591	18,627	-1,227	-0,677	-0,911	2,078	0,811	1,483	-1,546	1,593	2,007	-1,412
3. päivän mittaukset	3,934	3,455	3,160	-2,259	-1,791	-0,523	-0,487	-0,127	15,473	-0,657	-0,201	-0,135	2,223	1,416	1,786	0,248	1,678	2,851	-0,716
	3,559	3,410	3,318	-2,300	-1,836	-0,544	-0,600	-0,127	18,209	-0,554	-0,188	-0,126	2,231	1,582	2,054	1,555	1,663	2,894	-0,717
	0,130	2,233	2,309	-0,053	1,215	1,587	1,649	0,421	20,193	0,179	0,417	0,258	2,219	2,296	2,660	4,607	2,534	3,625	-0,657
	0,892	2,356	2,896	-0,454	1,267	1,675	1,709	0,422	20,566	0,162	0,111	0,245	2,178	2,295	2,719	5,163	2,504	3,597	-0,665
	3,434	2,620	2,661	-2,436	-1,325	0,038	0,126	-0,107	19,748	-0,685	-0,207	-0,430	2,415	0,592	1,130	1,513	1,792	2,922	-0,939
Keskinnamot (mg/kg)	1,299	0,942	0,482	1,264	1,373	0,980	0,970	0,565	2,042	0,629	0,580	0,506	0,530	1,044	0,977	2,594	0,312	0,656	0,523

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 kolmannen mikroaaltounihajotuksen tulokset, osa 2.

		4. mikroaaltounihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Mo	Na	Na	Ni	Ni	P	P	Pb	Si	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Ti	V	V	Zn	Zn		
Aallonpituus (nm)	202,032	589,569 rad	588,969 rad	227,022	231,604	213,617	214,914	220,353	251,611	242,000	283,000	235,000	407,771 rad	407,771	334,940	311,071	290,881	206,200	213,857		
	0,418	15,454	11,949	-0,258	-0,651	25,364	27,337	0,057	-2,375	1,152	0,184	0,973	-0,107	0,756	0,606	0,967	1,885	0,537	0,814		
1. päivän mittaukset	0,417	15,907	9,865	-0,040	-0,550	24,847	26,905	-0,063	-2,390	0,487	0,271	-1,230	-0,107	0,753	0,612	0,899	1,806	0,475	0,711		
	-1,278	15,592	16,031	-1,778	-2,255	25,267	29,531	-1,970	-2,301	-0,121	-2,099	0,929	-0,942	0,737	-0,882	-0,405	0,396	-1,625	-0,794		
	-1,308	15,229	12,446	-1,535	-2,443	24,744	29,451	-1,952	-2,247	-0,454	-2,107	0,319	-0,941	0,736	-0,885	-0,415	0,347	-1,629	-0,789		
2. päivän mittaukset	-1,296	15,405	13,221	-1,599	-2,344	24,628	28,820	-1,854	-2,158	-0,800	-2,017	0,208	-0,936	0,744	-0,881	-0,481	0,388	-1,498	-0,677		
	0,519	16,580	11,613	-1,088	-0,972	25,452	28,257	-0,594	-0,984	-0,152	-0,537	-2,229	0,268	0,635	-0,040	0,035	0,813	-0,846	-0,448		
	0,548	16,144	10,765	-1,098	-0,887	25,093	28,388	-0,618	-0,981	-0,223	-0,584	-2,039	0,269	0,636	-0,042	0,065	0,862	-0,797	-0,413		
	-1,154	12,863	6,273	-1,459	-2,220	24,822	29,200	-1,913	-2,238	-0,053	-1,940	-1,482	-0,886	0,665	-0,805	-0,384	0,398	-1,551	-0,832		
	-1,124	13,096	7,778	-1,459	-2,211	24,401	28,181	-1,826	-2,188	-0,647	-1,940	-1,342	-0,888	0,683	-0,800	-0,402	0,391	-1,487	-0,721		
3. päivän mittaukset	-1,161	12,734	6,903	-1,528	-2,134	25,962	28,998	-1,738	-2,051	-0,020	-1,818	-0,496	-0,890	0,681	-0,799	-0,384	0,378	-1,516	-0,728		
	0,521	13,759	6,629	-1,065	-0,878	25,742	28,242	-0,402	-1,148	0,638	-0,406	-2,982	0,240	0,584	-0,027	0,137	0,867	-0,838	-0,504		
	0,541	14,013	7,558	-1,076	-0,767	25,867	28,414	-0,512	-0,962	0,548	-0,413	-2,623	0,250	0,595	-0,023	0,128	0,843	-0,741	-0,354		
	1,080	14,716	5,665	-0,276	-0,037	26,322	28,117	-0,288	0,455	0,618	0,638	-1,630	-1,262	0,411	0,190	0,867	1,530	-0,031	-0,073		
	1,055	14,834	8,742	-0,369	-0,073	25,965	28,300	-0,268	0,616	0,485	0,639	-1,246	-1,263	0,416	0,191	0,816	1,582	-0,015	-0,066		
Keskiarvo (mg/kg)	-0,159	14,738	9,674	-1,045	-1,316	25,320	28,438	-0,996	-1,497	0,104	-0,866	-1,062	-0,514	0,647	-0,256	0,103	0,892	-0,826	-0,348		
Keskihajonnat (mg/kg)	0,976	1,252	3,093	0,578	0,899	0,589	0,738	0,812	1,029	0,561	1,079	1,272	0,607	0,114	0,566	0,560	0,573	0,786	0,532		

## Toistettavuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Näytteen 3 neljännen mikroaaltouunihajotuksen tulokset, osa 1.

4. mikroaaltouunihajotus (mg/kg)																			
Alkuaine	Al	Al	As	As	B	B	B	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Fe	K	Li	Mg	Mn
Aallonpituus (m)	308,215	396,155	193,697	197,200	249,772	249,677	208,887	233,528	317,933	228,801	228,617	267,709	327,397	238,204	259,939	766,449 rad	670,76 rad	285,211	257,613
1. päivän mittaukset	-0,196	1,946	2,473	-0,232	1,184	1,529	1,554	0,386	10,800	-0,194	0,092	0,136	1,739	0,775	1,139	4,018	2,511	3,227	-0,670
	0,456	1,962	2,408	-0,284	1,057	1,508	1,541	0,395	11,687	-0,198	0,091	0,144	1,700	0,769	1,171	5,608	2,496	3,192	-0,675
	0,281	1,930	2,213	0,110	1,095	1,510	1,338	0,392	13,469	-0,201	0,095	0,145	1,697	0,786	1,208	5,144	2,475	3,231	-0,675
	2,870	4,089	1,885	-0,639	0,556	1,153	1,227	0,248	16,574	-0,367	-0,075	-0,063	0,986	0,589	1,042	7,152	3,571	3,159	-1,007
	3,826	4,060	1,874	-1,214	0,594	1,238	1,317	0,249	17,130	-0,366	-0,063	-0,045	1,004	0,551	1,096	6,859	3,563	3,145	-1,006
2. päivän mittaukset	2,600	3,298	1,343	-2,679	-1,595	-0,758	-0,565	-0,429	10,077	-0,811	-0,794	-0,909	0,122	0,017	0,403	6,995	2,978	2,350	-1,187
	3,610	3,292	1,499	-2,902	-1,764	-0,783	-0,571	-0,428	11,706	-0,806	-0,800	-0,891	0,140	0,004	0,487	4,296	2,983	2,317	-1,184
	2,882	4,029	2,393	-0,869	0,572	1,103	1,182	0,311	14,761	-0,341	-0,059	-0,063	16,921	1,325	1,783	9,712	3,526	8,979	-0,965
	3,295	3,993	2,225	-1,043	0,409	1,030	1,126	0,312	14,842	-0,350	-0,066	-0,052	16,806	1,268	1,800	10,012	3,504	8,791	-0,969
	3,395	4,003	2,285	-1,039	0,481	1,063	1,120	0,308	14,608	-0,351	-0,069	-0,055	16,833	1,255	1,763	9,261	3,532	8,790	-0,971
3. päivän mittaukset	2,709	3,152	1,258	-2,666	-1,799	-0,898	-0,705	-0,360	7,489	-0,796	-0,787	-0,905	16,239	0,683	1,130	6,870	2,888	8,086	-1,146
	3,109	3,211	1,335	-2,605	-1,937	-0,947	-0,729	-0,355	7,643	-0,797	-0,785	-0,892	16,313	0,679	1,179	8,140	2,884	8,027	-1,148
	1,421	1,925	4,019	0,922	-1,376	-0,011	0,019	-0,168	14,089	-1,068	-0,397	-0,628	18,293	1,460	1,918	3,105	1,222	9,004	-1,004
	2,874	1,972	3,387	-1,484	-1,844	-0,012	-0,025	-0,170	12,568	-1,036	-0,415	-0,635	18,551	1,300	1,898	4,612	1,203	8,759	-1,004
Keskianvo (mg/kg)	2,367	3,062	2,185	-1,187	-0,312	0,480	0,574	0,049	12,675	-0,549	-0,288	-0,337	9,096	0,819	1,287	6,556	2,810	5,790	-0,972
Keskiahjonnat (mg/kg)	1,317	0,924	0,783	1,169	1,291	0,993	0,936	0,342	2,973	0,319	0,364	0,440	8,381	0,461	0,489	2,194	0,791	2,978	0,181





## Linearisuuden laskemiseen käytetyt tulokset

Kolmen päivän kalibrointisuorien intensiteettien keskiarvot, keskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.

Alku- aine	Aallon- pituus (nm)	0,1 mg/l			0,5 mg/l			1,0 mg/l			5,0 mg/l			10 mg/l			Korrelaatio- kerroin R <sup>2</sup>
		Keski- arvo	Keski- hajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)	Keski- arvo	Keski- hajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)	Keskiarvo	Keskihajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)	Keskiarvo	Keskihajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)	Keskiarvo	Keskihajonta	Suhteellinen keskihajonta (%)	
Al	308,215	596,0	46,9	7,9	3151,3	96,9	3,1	6533,2	221,9	3,4	32543,1	918,1	2,8	66087,9	1654,6	2,5	0,999949
Al	386,155	3011,9	339,9	11,3	16242,9	1098,6	6,8	34452,4	2187,3	6,4	173205,4	9076,6	5,2	355387,9	15886,0	4,5	0,999966
As	193,697	51,8	2,7	5,1	273,2	7,9	2,9	563,7	8,3	1,5	2747,2	59,7	2,2	5465,1	136,6	2,5	0,999983
As	197,200	21,5	5,1	23,6	117,0	6,2	5,3	242,8	5,8	2,4	1184,7	26,9	2,3	2366,5	65,6	2,8	0,999989
B	208,887	94,1	8,8	9,4	504,2	17,2	3,4	1050,0	33,6	3,2	5172,8	165,9	3,2	10301,3	306,9	3,0	0,999987
B	249,677	757,3	23,2	3,1	4015,9	112,2	2,8	8466,3	123,9	1,5	42000,3	431,5	1,0	84612,0	1585,8	1,9	0,999986
B	249,772	1675,5	65,2	3,9	8898,1	205,4	2,3	18176,7	284,9	1,5	92924,5	1088,3	1,2	186935,6	3663,9	2,0	0,999988
Ba	233,528	2682,6	67,1	2,5	13776,8	377,1	2,7	28978,8	423,5	1,5	139697,8	2278,9	1,6	277335,5	5389,0	1,9	0,999971
Ca	317,933	2570,0	239,6	9,3	12430,9	222,1	1,8	28513,4	96,6	0,3	144790,0	1443,8	1,0	291299,0	5445,3	1,9	0,999968
Ca	228,801	1567,2	54,7	3,5	7710,8	172,0	2,2	15825,7	362,9	2,3	76290,1	1488,6	2,0	151340,8	3489,1	2,3	0,999969
Co	228,617	1002,7	20,8	2,1	5020,9	157,3	3,1	10515,3	219,0	2,1	50730,1	1038,8	2,0	100622,4	2302,3	2,3	0,999968
Cr	267,709	213,3	106,9	5,1	14148,2	5688,7	40,1	22190,7	713,1	3,2	107296,3	3106,7	2,9	213155,6	6228,5	2,9	0,999927
Cu	327,397	4284,5	151,5	3,5	21008,4	291,9	1,4	44405,5	551,1	1,2	224202,3	1334,2	0,6	456682,9	8526,7	1,9	0,999788
Fe	269,939	3562,0	305,5	8,6	19357,4	353,7	1,8	31750,1	662,0	1,8	168346,6	2504,8	1,5	326916,3	5014,1	1,5	0,999740
Fe	238,204	3836,1	80,4	2,1	21681,1	333,3	1,5	41729,4	291,2	0,7	189547,6	1562,8	0,8	368689,6	5772,2	1,6	0,999761
K	766,449	81,5	14,9	18,3	433,7	20,3	4,7	941,5	39,2	4,1	4707,3	220,5	4,7	9709,5	564,5	5,8	0,999798
Li	670,76	5106,4	44,1	0,9	25225,2	402,5	1,6	52502,4	886,1	1,7	261946,0	6138,4	2,3	540020,7	13517,8	2,5	0,999788
Mg	285,211	7593,9	501,0	6,6	38352,4	1776,6	4,6	80132,7	3409,1	4,3	401680,5	13861,3	3,4	815861,7	26280,1	3,2	0,999948
Mn	257,613	18619,7	380,2	2,0	96696,9	678,6	0,7	198949,4	1377,9	0,7	955233,2	5054,0	0,5	1884433,0	19287,5	1,0	0,999937
Mo	202,032	446,0	13,8	3,1	2423,9	44,2	1,8	4863,2	131,5	2,6	24462,8	559,1	2,3	48654,6	675,1	1,4	0,999987
Nb	589,569	276,8	21,0	7,6	1569,9	19,1	1,2	3321,4	44,3	1,3	15903,7	187,5	1,2	32400,8	828,8	2,5	0,999996
Nb	589,969	461,5	92,8	20,6	2674,9	108,4	4,1	5689,2	139,6	2,5	28248,7	326,6	1,2	57743,6	1426,9	2,5	0,999900
Ni	231,604	807,4	22,0	2,7	4151,0	192,5	4,6	8454,1	211,6	2,5	40844,8	703,4	1,7	80877,6	1865,6	2,3	0,999967
Ni	227,022	247,5	13,2	5,3	1268,3	41,1	3,2	2625,6	58,2	2,2	12610,2	362,2	2,8	24751,7	530,4	2,1	0,999999
P	214,914	30,1	5,7	18,8	168,7	9,6	5,7	352,2	10,4	2,9	1755,1	56,1	3,2	3475,4	117,0	3,4	0,999964
P	213,617	13,4	1,0	7,7	77,0	5,4	7,0	162,7	8,5	5,3	806,5	14,2	4,4	1607,9	80,8	5,0	0,999987
Pb	220,353	185,5	2,2	1,2	885,5	16,4	1,8	1828,8	20,9	1,1	8763,8	146,2	1,7	17286,4	276,0	1,6	0,999944
Si	251,611	1091,5	50,1	4,6	5782,0	146,7	2,5	12066,2	158,2	1,3	58941,9	909,8	1,5	113983,4	2275,1	2,0	0,999699
Sn	242,17	178,5	17,4	9,8	870,4	28,7	3,3	1724,2	55,9	3,2	8033,7	219,4	2,7	15671,9	281,6	1,8	0,999931
Sn	283,998	41,0	7,2	17,5	223,4	3,0	1,4	459,4	6,2	1,4	2213,8	24,4	1,1	4363,0	57,0	1,3	0,999935
Sn	235,485	315,3	9,3	3,0	1657,5	16,0	1,0	3446,2	25,9	0,8	16532,6	118,8	0,7	32816,3	401,0	1,2	0,999944
St	407,771	32172,2	425,0	1,3	165758,7	1417,0	0,9	345305,3	2861,4	0,8	1671778,4	14109,0	0,8	3351330,4	61545,1	1,8	0,999986
Ti	334,940	27336,4	1161,8	4,3	139157,2	2778,2	2,0	288519,8	8879,2	2,4	1410358,6	29409,1	2,1	2799330,2	51294,8	1,8	0,999976
V	290,981	3740,0	103,6	2,8	19102,2	196,2	1,0	39654,4	543,7	1,4	193428,9	2128,2	1,1	385740,6	4707,2	1,2	0,999989
V	311,071	7255,8	159,2	2,2	37463,1	1242,2	3,3	78988,8	1706,9	2,2	383530,4	7182,1	1,9	766007,0	17842,3	2,3	0,999990
Zn	206,200	1276,0	32,8	2,6	6800,9	155,1	2,3	14247,9	267,4	1,9	67635,3	733,4	1,1	135455,8	2760,2	2,0	0,999969
Zn	213,957	682,5	22,8	3,3	3803,3	110,1	2,9	7735,0	182,2	2,4	36474,3	696,3	1,9	72903,2	1775,2	2,4	0,999964