

Tiina Päällysaho

**ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN TOIMINTAMALLI**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2013**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Kokkola-Pietarsaari	<b>Aika</b> Toukokuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Tiina Päällysaho
<b>Koulutusohjelma</b> Kemiantekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN TOIMINTAMALLI.		
<b>Työn ohjaaja</b> Maija Rukajärvi-Saarela	<b>Sivumäärä</b> 49 + 3 liitettä	
<b>Työelämäohjaaja</b> Mervi Liesi		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli koota yhteen tietoaineistoa siitä, miten uuden tutkimusmenetelmän kehitys etenee analyttisen kemian tutkimuksissa. Työ tehtiin Menetelmä-hankkeeseen, jota koordinoi Teknologiakeskus KETEK Oy.</p> <p>Opinnäytetyön teoria koostuu menetelmänkehittämisessä huomioitavista asioista. Kehittämistyössä tulee muun muassa selvittää tausta-aineistot vastaavista aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista. Lisäksi tulee laatia näytteenottoon, esikäsittelyjen ja tutkimuksen suorittamiseen liittyviä suunnitelmia. Teoriassa esitellään myös eri toimintoja, joilla on vaikutuksia tulosten tulkintoihin, virhearviointeihin ja mittaustarkkuuteen.</p> <p>Opinnäytetyössä laadittiin kysely, jossa kysymysten avulla selvitettiin kemianalan parissa toimivien tutkijoiden käyttämiä menetelmiä luoda uusia tutkimus- ja analyysimenetelmiä. Vastauksia hyödyntäen luodaan menetelmänkehittämiseen sähköistä käsikirjaa, joka on yksi osa tulevaa tietopankkia. Sähköinen käsikirja tulee olemaan vapaasti kaikkien tutkijoiden saatavissa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin selville eri analyysien menetelmänkehityskohteita, tapoja luoda uusia menetelmiä joko uuden tai jo olemassa olevan menetelmän pohjalta sekä tietoa kehittämiseen käytetyn ajan kestosta ja kiinnostuksesta luoda mahdollisesti uusia menetelmiä muiden kanssa.</p>		

**Asiasanat**

analyysi, kemia, kysely, laboratorio, menetelmänkehittäminen, tutkimus, validointi

**ABSTRACT**

<b>UNIT</b> Kokkola-Pietarsaari	<b>Date</b> May 2013	<b>Author</b> Tiina Päällysaho
<b>Degree programme</b> Chemical Engineering		
<b>Name of thesis</b> THE OPERATION MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF THE ANALYSIS METHOD.		
<b>Instructor</b> Maija Rukajärvi-Saarela		<b>Pages</b> 49 + 3
<b>Supervisor</b> Mervi Liesi		
<p>The aim of this study was to gather information on how the development of a new research method proceeds in studies of analytical chemistry. The work was part of an EU funded the Menetelmä project, coordinated by KETEK Oy, the Technology Centre in Kokkola.</p> <p>The theoretical part of this thesis consists of the factors that need to be considered in the development of a new method. During the development work background material of similar studies must be defined. The researcher must plan for sampling, pre-handling and research. The theoretical part also presents different functions that have impact on the interpretation of sampling results, errors and accuracy of measurement.</p> <p>One part in this work was to create a questionnaire for the researchers in the chemical industry. The survey examined how local industry creates new research and analysis methods. Based on the answers, an electronic handbook for the development of the new method will be created which will be a part of the electronic library. The electronic handbook will be freely available to all researchers in the future.</p> <p>The survey determined different ways to develop new systems based on a new or already existing method, information on the time spent in development, and the interest of possibly creating new methods with other participants.</p>		

**Key words**

analysis, chemistry, laboratory, method development, survey, project, validation

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

1	JOHDANTO	1
2	ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN LÄHTÖKOHDAT	2
3	ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN VAIHEET	3
3.1	Esiselvitykset ja taustatutkimukset	5
3.1.1	Näytteet ja niiden käsittely	7
3.1.2	Näytteen analysointi ja tulosten jäljitettävyys	8
3.1.3	Tutkimuksia tekevät ja tukevat laboratoriot ja laitokset	9
3.2	Suunnitelmien mukaisten mittausten suorittaminen	9
3.2.1	Analyyssimenetelmän kehittämisen suunnittelu ja testaus	9
3.2.2	Validointisuunnitelma	10
3.3	Validointi	11
3.3.1	Uusi menetelmä ja sen validointi	11
3.3.2	Validointiin liittyvät parametrit	12
3.3.3	Analyyssimenetelmän kehittämiseen liittyvät dokumentoinnit	16
3.4	Analyyssimenetelmän hyväksyntä käyttöön	18
4	ANALYYSIMENETELMÄN VARMENTAMINEN	19
4.1	Laadunvalvontakortit	20
4.2	Laboratorioanalyysien laadunvarmistus	21
5	KYSELYTUTKIMUS ANALYYSIMENETELMIEN KEHITTÄMISESTÄ	24
5.1	Kyselylomakkeen laadinta	25
5.2	Kyselyyn valitut vastaajat	26
5.3	Kyselytutkimuksen tulokset ja vastausten analysointi	26
5.3.1	Osio I: Vastaajien perustiedot	27
5.3.2	Osio II: Vastaajien analyyssimenetelmien kehittäminen	31
5.3.3	Osio III: Vastaajien tulevaisuuden näkymät	38
5.4	Kyselytutkimuksen johtopäätökset	41
6	YHTEENVETO JA POHDINTA	44
	LÄHTEET	47
	<b>LIITTEET</b>	
	Liite 1/1 - 1/4 Menetelmä-hankkeen kyselylomake	
	Liite 2/1 - 2/2 Eräitä tutkimuksia tekeviä laboratorioita ja laitoksia	
	Liite 3/1 - 3/5 Linkkilistaus	

## **KUVIOT**

KUVIO 1 Menetelmänkehittämisen toimintamallin vaiheet	4
KUVIO 2 Kemiallisten mittausten jäljitettävyyden keskeiset elementit	13
KUVIO 3 X-valvontakortti	20
KUVIO 4 R-valvontakortti	21
KUVIO 5 Laboratorion laadunvarmistus	22
KUVIO 6 Opinnäytetyön etenemisen vaiheet	24
KUVIO 7 Vastaajien ilmoittamat omat työt teollisuuden alalta	28
KUVIO 8 Vastaajien ilmoittamat julkisen sektorin työalueet	28
KUVIO 9 Vastaajien asema omassa organisaatiossaan	29
KUVIO 10 Vastaajien ilmoittamat koulutustaustat	30
KUVIO 11 Vastaajien nykyisten työtehtävien kesto	30
KUVIO 12 Ilmoitetut työkokemukset omalta alalta	30
KUVIO 13 Vastaajien työkokemus alalta suhteessa työtehtävien keston	31
KUVIO 14 Ilmoitetut tiedot menetelmänkehityksen lähtökohdista	32
KUVIO 15 Esiselvityksessä ilmoitetut tiedonhankintatavat	33
KUVIO 16 Seikat, jotka ovat vaikuttaneet menetelmänkehittämiseen	33
KUVIO 17 Ilmoitetut tiedonhaun kanavat esiselvityksessä	34
KUVIO 18 Monivalintakysymyksiä tietyn tutkimuskohteen osalta	36
KUVIO 19 Nykytilanne tietyn tutkimuskohteen osalta	37
KUVIO 20 Vastaajien käytössä olevat validointimenetelmät	38
KUVIO 21 Vastaajien suunnitteilla olevat yhteistyöt muiden tahojen kanssa	38
KUVIO 22 Yritysten yhteiset tulevaisuudensuunnitelmat	39
KUVIO 23 Yhteistyösuunnitelmat muiden tahojen kanssa tietyllä aikavälillä	40
KUVIO 24. Vastaajien keskeneräiset projektit.	41
KUVIO 25 Kyselyyn saatujen vastausten prosentuaalinen määrä	42

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on Kokkolassa toimivan Keski-Pohjanmaan Teknologiakeskus KETEK Oy:n (KETEK) toimeksianto. Opinnäytetyössä oli tarkoitus etsiä tietoa analyysimenetelmien kehittämisestä. Sitä varten laadittiin kyselylomake, joka lähetettiin Kokkolan kemiallisia analyysejä tekeviin yrityksiin ja julkisiin organisaatioihin. Saatujen vastausten avulla kartoitettiin tutkimusmenetelmien tekoon liittyvää aineistoa. Tämä antoi pohjaa myöhemmin luotavalle menetelmänkehittämisen sähköiselle käsikirjalle. Työssä on koottu yhteen analyysimenetelmän kehittämisen aikana huomioitavia asioita menetelmän suunnittelusta analyysin tekoon ja raportointiin sekä kerrotaan tahoja, joiden avulla analyysin kehittämistä voidaan helpottaa. Koottuja tietoja voidaan soveltaa kaikille kehitettäville menetelmille. Työssä tullaan myöhemmin käyttämään analyysimenetelmän kehittämisestä nimitystä menetelmänkehittäminen.

Opinnäytetyö aloitettiin laatimalla kysely, joka lähetettiin Kokkolan alueella toimiville kemian alan tutkijoille ja yritysten analyysimenetelmistä vastaaville henkilöille, jotka osallistuvat hankkeeseen. Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa yritysten ja tutkijoiden työtä, työhön liittyviä ongelmia ja niiden ratkaisuja sekä analysoitavan kohteen ja tavan löytämiseen vaikuttavia asioita.

Seuraavana kerättiin analyysimenetelmän kehittämiseen liittyvää teoriaa, josta muodostui tämän työn tärkein osuus. Se toimii apuna kehitettäessä uusia analyysimenetelmiä tai paranneltaessa ennestään tunnettujen menetelmien tarkkuutta ja laitteiden toimivuutta. Tähän työhön kerätty kaikki tieto tulee osaksi sähköistä menetelmänkehittämisen käsikirjaa, joka tulee Menetelmä-hankkeen tietopankkiin. Tietopankki tulee olemaan valmistuessaan luonteeltaan julkinen ja Kokkolan alueen tutkijoiden käytössä.

Hankkeen toteutukseen ovat osallistuneet KETEKin lisäksi Kokkolan Yliopistokeskus Chydenius ja Metlan Kannuksen yksikkö sekä oppilaitokset Centria ammattikorkeakoulu ja Kokkolan ammattiopisto. Kyselyyn vastasivat lähinnä hankkeeseen osallistuvat alueen eri kemianalan teollisuuslaitosten, oppilaitosten ja tutkimuslaitosten tutkijat.

## 2 ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN LÄHTÖKOHDAT

Menetelmänkehittämisellä tarkoitetaan tässä työssä tilannetta, jossa tutkitaan jotakin analyysin suorituskykyyn liittyvää parannusta ja kehittämistä tai jollekin uudelle yhdisteelle suunnitellaan uutta mittaus- ja/tai tutkimustapaa. Menetelmänkehittämisen vaiheet on koottu eri lähteistä, joissa on tutkittu analyysimenetelmän tutkimusalueen laajentamista tai analyysin suoritusnopeuden kehittämistä.

Analyysimenetelmän kehittäminen voidaan ymmärtää eräänlaisena ongelmanratkaisumenetelmänä. Siinä tutkimuskohteena on niin sanottu ongelma, jota ryhdytään ratkaisemaan. Ongelmat eli menetelmänkehittämisen tarpeessa olevat kohteet voivat olla peräisin joko asiakkaiden omista lähtökohdista tai laboratoriossa laitekohtaisia, tai ne voivat olla analysoitavat materiaalit ja yhdisteet. Laitteistojen kehittämisellä voidaan pyrkiä esimerkiksi mittaustarkkuuden parantamiseen, laitteistolla tutkittavien parametrien, kuten toimintakyvyn, nopeuden tai mittaustarkkuuden lisäämiseen tai käytön helpottamiseen. Esimerkiksi teollisuuden prosesseissa voi syntyä kemikaaliyhdisteitä, joiden määrää pyritään menetelmänkehittämisellä seuraamaan. Näin voidaan tehdä vaadittavia toimenpiteitä niiden vähentämiseksi ja estämiseksi. Tämän takia tiedostetun ongelman ratkaisemiseksi ei ole yhtä ainuttakaan ratkaisua, vaan se voi koostua eri tekijöistä. (Bimberg 2010; Järvelä-Stölting 2012; Peltokoski 2008; Vaitomaa 2011; Virtanen 2011.) Työssä kootaan yhteen saatua tietoa, jota voi soveltaa eri tilanteisiin ja käyttötapoihin.

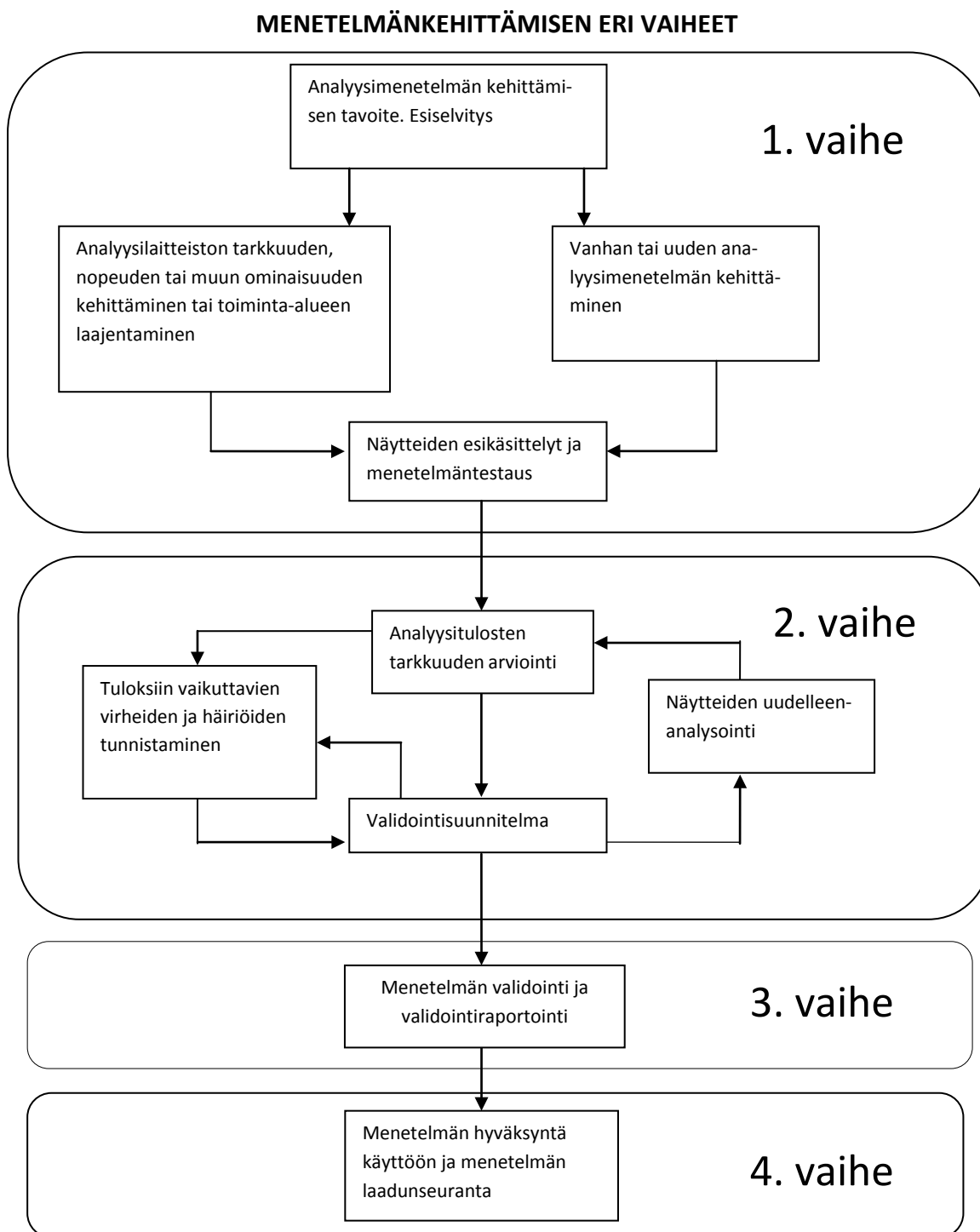
Joissakin tapauksissa menetelmää on kehitettävä asiakkaan antamien suunnitelmien mukaisesti. Asiakas määrää käytettävät standardit, näytteistä määritettävät aineet ja kemikaalit sekä analysoinnissa käytettävät reaktiot. Tämä antaa alustavaa ja rajoittavaa tietoa siitä, miten menetelmänkehittämistä tulisi jatkaa ja mihin suuntaan. Saatujen tulosten on tarkoitus auttaa asiakasta tuotannon laadun parantamiseen ja prosessien toimivuuden kehittymiseen sekä taata tuotannon toimivuus tai ehkäistä tuotantokatkoksia. Prosessin taustalla saatavat olla myös edellytykset uuden tuotantotavan syntymiselle ja taloudellisesti kannattavan yrityksen kansainvälistymisen myötä syntyvät uudet työpaikat. (Bimberg 2010; Järvelä-Stölting 2012; Peltokoski 2008; Vaitomaa 2011; Virtanen 2011.)

### **3 ANALYYSIMENETELMÄN KEHITTÄMISEN VAIHEET**

Menetelmänkehittäminen sisältää esiselvityksen, erilaisten suunnitelmien laadinnat, tutkimuksen suorittamisen ja validointisuunnitelman avulla toteutetun validoinnin ja raportoinnin. Menetelmä hyväksytään käyttöön ja sille asetetaan tietyt laadunvalvontakriteerit. (Ehder, 2005.)

Menetelmän kehittämistyö on esitetty kuvion 1 mukaisena kaaviokuvana. Sen mukaan menetelmänkehittäminen voidaan jakaa osiin, jotta kehitystyön edistymistä voidaan seurata helpommin. Tässä työssä menetelmänkehityksen vaiheet on jaettu neljään vaiheeseen, joissa kussakin keskitytään tarkastelemaan vain tiettyä kehitysvaihetta. Ensimmäinen vaihe käsittelee menetelmänkehityksen esiselvityksiä, toinen vaihe menetelmän testausta ja validointisuunnitelman tekemistä. Vaiheiden 2 ja 4 väliin jää menetelmänkehityksen kehitysvaihe, jossa suoritetaan tehdyn analyysimenetelmän validointi, joka on tehtävä ennen menetelmän hyväksyntää käyttöön.





KUVIO 1 Menetelmänkehittämisen toimintamallin vaiheet

### 3.1 Esiselvitykset ja taustatutkimukset

Menetelmänkehittämisen toimintamallin mukaisesti menetelmänkehittämisen ensimmäisessä vaiheessa (KUVIO 1) menetelmänkehittämiselle asetetaan tavoite ja tehdään esiselvitykset. Esiselvityksen avulla valitaan keino tai tapa, jolla ongelmaa lähdetään ratkaisemaan.

Esiselvitys eli tutkimuskohteen taustatutkimus on taustatiedon hankintaa. Tiedon laatu riippuu tapauskohtaisesti tutkittavasta kohteesta ja tausta-aineiston määrästä ja laadusta sekä tiedon perusteella tehdystä lopullisen tutkimussuunnitelman laadinnasta. Suunnitelma voi sisältää myös tutkijan omia käsityksiä aiheesta, mitkä voivat muuttua tutkimuksen edetessä saaduista tuloksista tehtyjen havaintojen perusteella. Menetelmänkehittämisen suunnittelu on kuitenkin laadittava ennen varsinaisen analyysin aloittamista. Suunnitelmassa selvitetään näytteestä tarvittavat ja halutut tiedot, käytettävä menetelmä ja näytteen esikäsittely. Kun suunnitelma on tehty, voidaan suorittaa varsinainen näytteen analysointi. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 15.)

Tutkimuksen esiselvityksessä (tutkimussuunnitelma) esitetään myös tutkimuksen tarkoitus ja etsitään tietoa, josta voisi olla apua analyysin suorittamiseen. Tietoa lähdetään tavallisesti etsimään kirjallisuudesta, lainsäädännöstä, erilaisista standardeista tai muista asiantuntijaverkostoista. Esiselvityksessä tulee myös ottaa huomioon asiakkaan näytteelle antamat kriteerit. Näytettä koskevaa tietoa ei välttämättä ole suoraan saatavissa, joten asiakkaan kanssa on voitava sopia näytteenottoa koskevista yksityiskohdista, kuten esimerkiksi näytteenotto-olosuhteista, aikatauluksista ja siitä, miten näytteenotto käytännössä toteutetaan. Jos tutkimuksessa käytetään näytettä tai kohdetta, jota on tutkittu aikaisemmin, on aineistoa yleensä saatavissa. Tällöin esiselvitysten tekoon voi käyttää apuna aikaisemmin tehtyjä tutkimustuloksia. Jos menetelmänkehittämisen kohteena on jokin laite, tietoa voi lähteä etsimään esimerkiksi laitevalmistajalta, laitevalmistajien omista applikaatioista ja niiden omista applikaatioita tekevistä keskuksista tai laitteen käyttöoppaasta. Tällöinkin on otettava huomioon laitteen toimintalaajuus ja käyttötarkoitus. Esiselvityksen ja saatavan aineiston laajuutta voidaan rajata erilaisilla kysymyksillä, kuten mitkä ovat tutkimuksen tavoitteet, mitä asioita halutaan selvittää tai mitkä kriteerit vaikuttavat menetelmään, jota ryhdytään kehittämään. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 15.)

Suunnitelmassa tulee mainita myös ajankäyttö ja etenemissuunnitelma. Yksi ratkaisevista etenemisen etapeista on miettiä, tehdäänkö työssä kvalitatiivista vai kvantitatiivista tutkimusta. Kyseessä voi myös olla näiden yhdistelmä. Tämän lähestymistavan valintaan päädytään yleensä jo aineiston kokoamisen aikana, kun mietitään, miten menetelmää lähde-tään tutkimaan. (Suomi 2009.) Tutkimusta suunniteltaessa on muistettava myös riittävä perehtyminen niin tutkittavaan aiheeseen kuin tutkimusta suorittavan henkilön pätevyy-teen. Tarvittaessa analyysin suorittamiseen voi kysyä neuvoa kokeneemmalta tutkijalta tai tutkimuksia tekeviltä asiantuntijoilta. Tutkimussuunnitelma ja esiselvityksen teoriaa (teo-reettista näkökulmaa) löytyy tieteellisistä tutkimuksista, joiden kautta aiheen taustatietoa lähdetään hakemaan. Kaikkea tietoa ei kuitenkaan voida hakea suoraan muista tutkimuk-sista. Tutkijan on itse asetettava työnsä tavoitteet, joihin hän tähtää. Työn edetessä havai-taan, saavutetaanko tätä tavoitetta vai tuleeko suunnitelmaa korjata tai muuttaa joltakin osin. Siksi analyyttinen tutkimustyö on erilaisten erehdysten ja kokeilujen tulosta. (Virtuaaliammattikorkeakoulu 2007.)

Menetelmänkehittämiselle on määritettävä etukäteen kustannukset, sillä se rajaa tutkimuk-selle asetettavaa tarkkuutta. Jos halutaan yksityiskohtaista tietoa, kustannukset saattavat kohota liian korkeiksi ja kehitystyö saattaa jäädä suunnitteluasteelle. Esiselvitysten avulla ja tarkalla suunnittelulla pystytään rajaamaan tutkimusta ennalta määrättyihin kriteereihin. Myös mahdolliset lisähankinnat selviävät tarkalla suunnittelulla ennen varsinaisten tutki-musten aloittamista. Kun aihe on rajattu ja esiselvitykset tutkimuskohteesta on saatu selvil-le, voidaan laatia menetelmänkehittämissuunnitelma. (Virtuaaliammattikorkeakoulu 2007.)

Yleiset kemiallisten analyysien menettelytavat perustuvat tavallisesti kokeiluun ja havain-nointiin, joissa hankitaan tieteellistä tietoa ja pyritään tunnistamaan ongelma hajottamalla se palasiin, saadun tiedon keräämiseen ja analysointiin. Kokeista laaditaan lausunnot teh-dyistä havainnoista ja tehtyjen havaintojen perusteella ongelmalle tehdään yleistys eli to-dennäköisyys ilmiöstä. Kokeen edetessä tämä havainto voidaan joko vahvistaa tai kumota ja sille ehdotetaan uutta mahdollista selitystä. Tavallisesti löydöt eli ongelmien ratkaisut voivat tapahtua sattumalta tai perustuvat pitkän aikavälin kokeiluun ja havaintoihin. Edel-lytyksiä luovat erityisesti kokeita tekevän henkilön taustakoulutus ja kokemus tehdä tie-teellistä tutkimusta sekä kokeen huolellinen suunnittelu. Suunnittelussa on huomioitava taustamateriaalin ja aineiston hankinta. Aineistoa ongelmanratkaisuun saa aikaisemmista samankaltaisista tutkimuksista. (Stoker 2011, 4–5.)

### 3.1.1 Näytteet ja niiden käsittely

Onnistuneiden, luotettavien ja informatiivisten tulosten varmistamiseksi on näytteenotto, näytteiden säilytys, käsittely ennen analysointia, varsinainen analyysi ja tulosten tulkinta varmistettava oikealla käsittelyllä. Näytteenotossa myös esikäsittelyllä voidaan parantaa näytteen analysoinnin selektiivisyyttä, toistettavuutta ja määritysten herkkyyttä. Väärin otettu näyte, näytteen kontaminoituminen, näytteen häviäminen (esim. haihtuminen) analyysin aikana tai kalibrointisuorien standardin poikkeaminen aidosta näytteestä vaikuttavat lopulliseen tulokseen. Jotta saatavat tulokset olisivat luotettavia, on näytteen oltava esikäsittelyn aikana mahdollisimman tasalaatuinen sekä edustava ja näytteestä on pitänyt poistaa häiritsevät aineet ja joissakin tapauksissa pH-arvo on pitänyt säätää tutkimuksen kannalta oikealle tasolle. Myös käytettävät astiat voivat adsorboida analyyttejä ja tätä kautta vaikuttaa analyysitulokseen. Astioiden ja käytettävien muiden välineiden lämpötilat vaikuttavat myös tilavuuksien kautta analysointiin aiheuttaen mittausepä tarkkuutta ja mittausvirheitä. (Suomi 2009, 10–15.)

Näytteenotto on hyvä suunnitella etukäteen. Siinä kiinnitetään huomiota näytteenoton ajankohtaan, paikkaan ja näytemääriin. Jos näyte muuttuu ajan funktiona, on tähän varauduttava esimerkiksi suunnitellulla näytteenottoaikataululla. Näytteenoton ja analysoinnin välinen aika voi pitkällä aikavälillä vaikuttaa näytteen lopulliseen tulokseen. Lisäksi etukäteen on hyvä suunnitella, mitä laitteita ja välineitä tarvitaan analysointivaiheessa. (Suomi 2009, 27.)

Mikäli näytettä joudutaan kuljettamaan tai varastoimaan pitkiä aikoja, on näyte suojattava asianmukaisesti. Esimerkiksi auringonvalo voi muuttaa näytteen koostumusta haihduttamalla näytteessä olevia yhdisteitä tai muuten heikentää näytteen laatua. Kiinteät näytteet, esimerkiksi orgaaniset aineet, voidaan kuivattaa ja esimerkiksi vettä sisältävät näytteet pakastaa niiden säilyvyyden parantamiseksi. Näytteen asianmukaisessa varastoinnissa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota säilytysastian materiaaliin (metalli, muovi tai lasi) ja varastoitavan ajan pituuteen, jotta näyte pysyisi vertailukelpoisena. (Suomi 2009, 37–38.)

### 3.1.2 Näytteen analysointi ja tulosten jäljitettävyys

Analysoinnissa näytteen käsittely sisältää reagenssien valmistuksen, näytteen valmistelun analysointia varten ja näytteen analysoinnin sekä tulosten käsittelyn ja virhearviointit. Näytteen olomuoto vaikuttaa analyysimenetelmään, käytettäviin reagensseihin sekä siihen, miten näyte tulee esikäsitellä ennen analysointia. Tällä vaikutetaan aineen pitoisuuteen, mikäli analysoidut näytteet ovat esimerkiksi milligrammaluokkaa. Tulosten luotettavuus arvioidaan validoinnilla, jolla uusi menetelmä testataan ennen virallista käyttöönottoa. Yksi validointitapa on selvittää menetelmän luotettavuus ja tarkkuus toisella menetelmällä käyttämällä samaa näytettä. Tuloksia vertaillaan eri laboratorioiden välisissä testeissä ja johtopäätökset raportoidaan ja arkistoidaan. (Saarinen & Lajunen 2004, 9–11.)

Näytteen tulosten jäljitettävyydellä tarkoitetaan saatujen tulosten vertailua puhtaisiin vertailumateriaaleihin, joiden pitoisuus, tarkkuus ja matriisit vastaavat käyttökohdetta ja asetettuja tavoitteita. Ne on ilmoitettu SI-järjestelmän yksiköissä. Jäljitettävyys on tärkeää laboratorion luotettavuuden ja sen toiminnan pätevyyden arvioinnissa. Mikäli sopivaa vertailumateriaalia ei ole saatavissa, voidaan se valmistaa itse lisäämällä tutkittavaa näytettä sertifioitujen pitoisuuden analyysiin. Erilaisista varmennettuja vertailumateriaaleja löytyy yli 10000 ISO-REMCO:n tietokannasta. (Jaarinen & Niiranen 2008, 36–37.) Lista osasta vertailumateriaalien tuottajista löytyy liitteestä 3.

Jäljitettävyydellä on yhteys kansainvälisiin ja kansallisiin mittanormaaleihin, joille on ilmoitettu tietty epävarmuus. Tämä epävarmuus on määritetty eri vertailujen avulla. Se vaikuttaa lopullisiin mittaustuloksiin tehtävässä analyysissä käytettävän menetelmän ja laitteiston kautta. Muita mittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä ovat itse mitattava kohde, mittauksen suorittaja ja mittausympäristön olosuhteet. Lisäksi jäljitettävyyteen vaikuttavat käytetyt referenssit, mittanormaalit, mittalaitteiden kalibroinnit, henkilökunnan koulutus ja pätevyys sekä käytetyt SI-yksiköt. (Suomi 2006; Ehder 2005, 8.)

Kemiallisten analyysien tekoon liittyy aina kemiallinen työturvallisuus. Se on otettava huomioon tehtäessä työtä ja käsiteltäessä erilaisia kemikaaleja laboratoriossa. Työturvallisuuden kuuluu myös työsuojelu, jota Sosiaali- ja terveysministeriö ohjeistaa ja valvoo. Lisäksi kemikaalien käyttöönottoa valvotaan kemikaalilailla ja -asetuksella. (Antila, Karpinen, Leskelä, Mölsä, & Pohjakallio 2005, 283.)

Jokaisessa kemikaalin säilytysastian etiketissä ja käyttöturvallisuustiedotteessa on merkittynä kemikaalin käyttöön liittyvät varoitusmerkit, tiedot vaarallisista ominaisuuksista sekä vaaran ehkäisemiseksi tarvittava suojautuminen. Jokaisen kemikaalin käyttöön liittyy myös asiallinen kemiakaalien säilytys ja varastointi haittavaikutusten ehkäisemiseksi sekä ohjeet kemikaalin hävittämiseksi. (Antila ym. 2005, 284–285.)

### **3.1.3 Tutkimuksia tekevät ja tukevat laboratoriot ja laitokset**

Kemiallisen analyysien menetelmänkehittämisessä voi eteen tulla monia eritasoisia ongelmia. Menetelmänkehittämisen yhtenä lähtökohtana on aineiston hankinta ja siihen tutustuminen. Ongelmia voivat aiheuttaa tiedon saantiin liittyvät asiat eli se, mistä tietoa on mahdollista saada. Aikaisempaa tutkimustietoa voi lähteä etsimään eri lähteistä. Internetistä saatava tieto ei aina ole luotettavaa, ja tiedon määrä voi olla rajatonta, minkä vuoksi on löydettävä tarkat hakusanat. Asiantuntijaverkoston käyttö helpottaa ja nopeuttaa tietoa-aineiston löytymistä. Suomessa on useita analytiikkaa suorittavia laboratorioita, joiden henkilökunta on eriasteisesti koulutettua sekä tiettyihin analyysihin perehtynyttä. Yksi lähtökohta tiedonkeräämiseen on lähteä tarkemmin etsimään ja kysymään näistä eri laboratorioista, tutkimuslaitoksista, eri asiantuntijaverkostoista, yliopistoista ja korkeakoululuista. (LIITTEET 2 ja 3.)

## **3.2 Suunnitelmien mukaisten mittausten suorittaminen**

### **3.2.1 Analyysimenetelmän kehittämisen suunnittelu ja testaus**

Toisen menetelmänkehittämisen vaihe (KUVIO 1) käsittää tutkittavan menetelmän testaamisen ennen menetelmän validointia. Analyysimenetelmän kehittämissuunnitelma pitää sisällään kirjallisten esiselvitysten lisäksi käytännön mittaukset. Mittausten suoritus tapahtuu menetelmällä, joka on esiselvitysten aikana valittu tehtävän tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti. Tarpeellisten mittausten määrä on suunniteltu etukäteen ennen näytteenottoa, sillä näytemäärä rajaa analyysien määrän. Myös haluttu tarkkuus on saavutettava riittävällä

analysointikertojen määrällä. Kun kehittämissuunnitelma on saatu valmiiksi, voidaan varsinaiset mittaukset tehdä. (Ehder, 2005.)

Näiden mittausten aikana selvitetään, voidaanko halutulla menetelmällä saavuttaa esiselvityksissä toivottuja tuloksia ja miten esimerkiksi tutkimus vastaa vertailumateriaaleilla saatuja tuloksia. Suoritettavien testimittausten avulla voidaan lisätä tai poistaa menetelmään soveltuvia aineita ja yhdisteitä menetelmän analyysikyvyn selvittämiseksi. Uuden menetelmän kehittämisessä työ on yhdistelmä erehdyksiä, uudelleen testaamista ja kokeilua. Hyvällä suunnittelulla ja päiväkirjan pidolla erehdysten ja epäonnistumisten määrää voidaan karsia ja näytteiden analysointikertoja vähentää. Menetelmän testauksen avulla tehdään korjauksia menetelmän esikäsitteilyyn ja analyysimenetelmän toteuttamiseen. (Suomi 2009.)

Tehtyjen esiselvitysten ja alustavien mittausten lisäksi on kehittämissuunnitelmassa laadittava validointisuunnitelma. Tämä sisältää valitulla menetelmällä tehtävien mittausten tuloksille lasketut mittausepävarmuudet, tulosten vertailumittaukset tutkimuskohteena olevan kohteen vastaavaan näytteeseen sekä tarpeellinen määrä mittauksia tulosten luotettavuuden saavuttamiseksi. (ISO/IEC 17025 koulutus 2012.)

### **3.2.2 Validointisuunnitelma**

Ennen varsinaista validointimenettelyä on laadittava validointisuunnitelma. Siinä määritellään menetelmänkehityksessä tehdyn tutkimuksen toistotarkkuus, lineaarisuus sekä muut tarvittavat parametrit, joilla saatuja tuloksia pidetään luotettavina. Validointisuunnitelmasa kerrotaan soveltuvien osien validoinnin tarkoitus ja soveltamisala, menetelmälle asetettavat vaatimukset, periaatteet ja suoritustapa sekä määritelmät. Lisäksi siinä kerrotaan näytteenottoa, -käsittelyä ja kuljetusta koskevista menettelyistä. Suunnitelmassa otetaan kantaa myös muihin virhelähteisiin sekä työturvallisuuteen. Suunnitelmaan kirjataan käytettävät testimateriaalit, käytetyt referenssit, reagenssit, laitteet ja miten käytetty materiaalit säilytetään. Saatuja tuloksia vertaillaan muilla menetelmillä saatuihin tuloksiin, kuvataan tulosten käsittelyn periaatteet, työn suorittaja ja aikataulukset sekä kirjoitetun suunnitelman laatija ja hyväksyjä. (ISO/IEC 17025 koulutus 2012.)

### 3.3 Validointi

Menetelmänkehittämisen kolmannessa vaiheessa (KUVIO 1) on suoritettava kehitetyn menetelmän validointi. Menetelmän käyttötarkoitus kuitenkin asettaa validoinnille erilaiset vaatimukset. Menetelmän validointi tulee tehdä joka kerta uudelleen, kun uusi menetelmä otetaan käyttöön laboratorioissa, siirrettäessä menetelmä toiseen laboratorioon, vaihdettaessa kemikaalien valmistajaa tai käytettäessä uutta analysoitavaa materiaalia. Validointi on menetelmän suorituskyvyn ja soveltuvuuden arviointia haluttuun tarkoitukseen. Se antaa menetelmälle sen tuloksiin luotettavuutta. Tutkimukset on suoritettava myös vertailumateriaalien avulla sekä määritettävä tuloksissa ilmenevät virheet ja niiden merkittävyys suhteessa vertailumateriaaliin. (Ehder 2005.)

Validointiin kuuluu myös prosessin suunnittelu, mittausten suoritus, laskelmien tekeminen ja tulosten arviointi sekä raportointi. Uutta menetelmää käyttöön otettaessa on sitä verrattava referenssimenetelmään. Uudella menetelmällä saatujen tulosten ja referenssimenetelmän tulosten korrelaatiot kertovat niiden välisestä riippuvuudesta. (Bimberg 2010; Järvelä-Stölting 2012; Peltokoski 2008; Vaitomaa 2011; Virtanen 2011.)

#### 3.3.1 Uusi menetelmä ja sen validointi

Kehitettäessä uutta menetelmää, on siinä olennaista menetelmän validointi. Mittauksiin ja menetelmän laadun varmistamiseen sekä uuden menetelmän validointiin voidaan vaikuttaa jo mittausten suunnittelulla, jonka laajuuteen vaikuttavat asiakkaiden tarpeet ja vaatimukset sekä validoinnin kohteena oleva laboratorio, laboratorion itse kehittämä menetelmä, yleisesti tunnettu menetelmän soveltuvuus tai se, onko menetelmä yleisesti tunnettu standardi. Menetelmän tulokset osoittavat validoinnin kohteena olevan menetelmän toimivuuden siihen tehtävään, mihin sitä käytetään. Saatavat tulokset muuttavat menetelmää ja kehittävät parametreja haluttuun suuntaan. Kriteerit validoitavalle menetelmälle asettaa analyysilaboratorio itse, valvova viranomainen tai asiakas, jolle menetelmää kehitetään. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 94.) Lisäksi uudella menetelmällä saatujen tulosten luotettavuutta mitataan validoinnilla, joka sisältää mittausmenetelmän epävarmuuden ja varmistaa, että menetelmän suoritustapa on ymmärretty oikein. Validoinnin avulla myös varmistetaan, että tehtävä tutkimus on suoritettu tieteellisesti pätevästi. (Ehder 2005, 25.)



Validointiin vaikuttaa myös menetelmään tehtyjen muutosten laajuus. Muutoksia voivat aiheuttaa käyttötarkoituksen tai laitteistojen muutokset, jotka on voitu tehdä laboratoriohenkilökunnan toimesta tai muiden analysointiin vaikuttavien olosuhteiden johdosta, kuten vaihtunut kemikaalien toimittaja. Tällöin validointi on suoritettava uudelleen. Uudelleenvalidointi on suoritettava myös silloin, kun uusi menetelmä on kehitetty tiettyyn tarkoitukseen ja kun käytössä olevaa menetelmää uudistetaan, parannetaan tai laajennetaan uusille tutkimusalueille, sekä silloin kun laadunvarmistuksen aikana todetaan tapahtuneen menetelmän käytössä muutoksia. Validointi on tarpeen aina silloin, kun tiettyä menetelmää käytetään toisessa laboratoriossa ja käytetään uutta mittalaitetta. Validointi suoritetaan vertailemalla saatuja tuloksia standardimenetelmän antamiin tuloksiin niiden yhtäpitävyyden osoittamiseksi. (Ehder 2005, 26.)

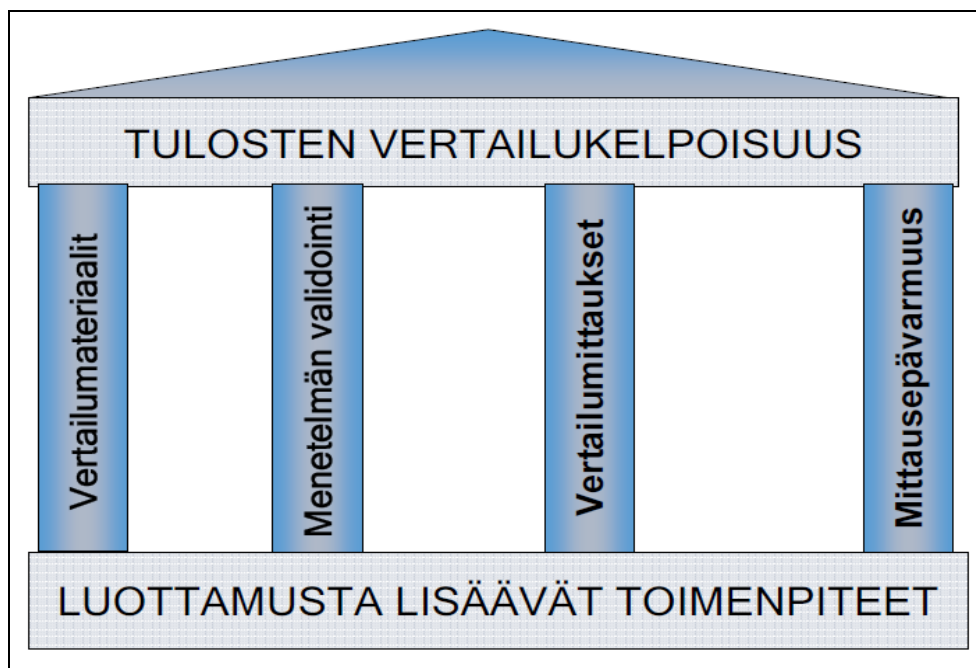
### **3.3.2 Validointiin liittyvät parametrit**

Kemia ja sen tutkimukset ovat luonteeltaan kokeellisia, joten ne perustuvat kokeen aikana tehtyihin havainnoiteihin ja saatavan tiedon keräämiseen. Hyvin suunnitellusta kokeesta saadaan luotettavia tuloksia, jotka uudelleen suoritettuna antavat samansuuntaisia tuloksia. Tätä kutsutaan tarkkuudeksi, jota voidaan pitää kokeen tieteellisenä tosiasiana ja joka on todennettavissa toistokokeilla. (Stoker 2011, 5–6.)

Tärkeää mittauksissa on määrittää tutkimuksessa käytetyt matemaattiset mitat, kuten massa, tilavuus, pituus, aika, lämpötila, paine ja pitoisuus. Tutkimuksessa ennalta määritetyt mittaukset antavat menetelmälle rajaukset ja laajuuden, sekä tutkimuksella pystytään etukäteen suunnittelemaan näytteenotto ja tarvittava näytemäärä ja kapasiteetit. Lisäksi on etukäteen selvitettävä, mikä on analysoitavan näytteen ja käytettävissä laitteissa analysoitavan näytteen olomuoto. Tähän vaikuttavat näytteen lämpötila, paine ja muut mahdolliset ympäristön olosuhteet sekä reagoiminen muiden aineiden kanssa, kuten ilman hapen tai sen epäpuhtauksien. (Stoker 2011, 16, 450.)

Tutkittaessa menetelmän suorituskykyä tarvitaan erilaisia parametreja. Tulosten tarkkuus, luotettavuus ja vertailukelpoisuus kasvavat sen mukaan, kuinka moni tuloksiin vaikuttava tekijä otetaan tutkimuksissa huomioon (KUVIO 2). Tutkimuksen kivijalkana ovat sellaiset toimenpiteet, jotka lisäävät analyysin luotettavuutta. Kun tulokset ovat vertailukelpoisia

suhteessa vastaaviin tehtyihin mittaustuloksiin, voidaan tehty analysointi validoida ja suorittaa myöhemmin uudelleen. Validoinnin parametreja ovat selektiivisyys ja spesifisyys, menetelmällä saatujen tulosten lineaarisuus ja mittausalue sekä toteamis- ja määrittäysraja. Mittausmenetelmän parametreihin kuuluu myös poikkeama, saanto, tarkkuus sekä häiriönkestävyys ja toimintavarmuus. Myös menetelmän toistettavuus ja uusittavuus ovat validoinnissa tärkeitä. Tehtävien mittausten on tuotettava mahdollisimman luotettavaa ja tarkkaa tietoa mitattavasta parametrasta. (Ehder 2005, 10; Lehtonen & Sihvonen 2004, 94.)



KUVIO 2 Kemiallisten mittausten jäljitettävyyden keskeiset elementit (Ehder 2005, 10)

### **Selektiivisyys ja spesifisyys**

Selektiivisyys tarkoittaa menetelmän kykyä määrittää analysoitava aine seoksesta niin, etteivät seoksen muut komponentit häiritse mittaussuoritusta. Menetelmä on silloin spesifinen, kun se on täysin selektiivinen. Silloin pystytään määrittämään tarkasti analyytin saanto sekä kartoittamaan analyysiä häiritsevät tekijät. Tutkimuksen selektiivisyys (tarkkuus) kasvaa sen mukaan, mitä spesifisempi (tarkempi) määrittäysmenetelmä on. (Ehder 2005, 27.)

Saatuja tuloksia verrataan mittauksiin, jotka on tehty puhtaalla analyytillä. Se on homogeeninen materiaali, jonka pitoisuus on yleisesti tiedossa. Pitoisuus on useamman referens-

silaboratorion vertailumittausten perusteella määritetty konsensusarvo, joka on niin sanottu SFS-sertifikaatti. (Jaarinen & Niiranen 2008, 36.) Tätä materiaalia voidaan siksi käyttää myös mittausmenetelmän arvioinnissa. Mikäli käytetyn menetelmän selektiivisyys on riittävä, voidaan validointiprosessia jatkaa. Häiriöiden aiheuttajat ja vaikutukset tuloksiin tulee dokumentoida. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 95.) Tehtävissä mittauksissa käytetään vertailu- eli standardiliuoksia myös käytettävien mittalaitteiden kalibroinnissa (Jaarinen & Niiranen 2008, 39).

### **Menetelmän lineaarisuus**

Menetelmän lineaarisuudella tarkoitetaan analyysin kykyä antaa tietyn alueen hyväksyttävä korrelaatio tulosten ja näytteiden tutkittavan aineen pitoisuuden välillä. Lineaarisen tuloksen saamiseksi mittaukset tulee suorittaa vähintään viidellä erilaisella näytepitoisuudella, jotta aineen pitoisuus kattaa koko vaadittavan mittausalueen. Saatujen tulosten avulla saadaan suora, jossa käytetään pienimmän neliösumman menetelmää. Tämä suora kuvaa myös menetelmän luotettavaa mittausaluetta, jolla on tietty hyväksyttävä tarkkuus ja täsmällisyys. (Ehder 2005, 28.)

### **Toteamis- ja määrittäysraja**

Näytteessä olevaa pienintä pitoisuutta, joka voidaan todeta luotettavasti ja joka eroaa nollanäytteestä merkittävästi, kutsutaan toteamisrajaksi. Sen määrittäys voi esimerkiksi perustua 95 %:n todennäköisyyteen nollanäytteen vasteiden keskiarvosta, johon on lisätty kolme kertaa nollanäytteen keskihajonta. Määrittäys- eli kvantitointiraja on pitoisuuden alin raja, jolle voidaan esittää epävarmuusarvio. Se tulee todeta mittanormaalialueella tai varmennettua vertailumateriaalia käyttäen. Se on yleensä alin piste kalibrointikäyrällä. (Ehder 2005, 29–30.)

### **Poikkeama**

Poikkeama eli systemaattinen virhe on mittaustuloksen ja tosiarvon tai sovitun arvon välinen ero, joka voi aiheutua esimerkiksi mittalaitteen antamien lukujen lukemisesta väärin

tai, jos mittalaite on epäkunnossa. Lisäksi mittalaitteen väärin tehty kalibrointi ja rajallinen havaitsemisteho aiheuttavat tuloksiin poikkeamaa. Nämä laitteiden poikkeamat on hyvä tunnistaa muun muassa mittausepävarmuuden määrittämiseksi. Poikkeama voidaan jättää huomioimatta, mikäli poikkeama ei ole merkittävä epävarmuuteen nähden. Menetelmän herkkyyttä pienille muutoksille kutsutaan häiriönkestävyydeksi. Näitä häiriöitä voivat olla analytiikka, käytettävien reagenssien, liuosten ja näytteen lämpötila, pH tai muut laboratorion olosuhteet. Mittausmenetelmän kykyä tuottaa tuloksista hyväksytyjä poikkeamista huolimatta kutsutaan menetelmän toimintavarmuudeksi. (Ehder 2005, 30–31.)

### **Saanto**

Aineen saantoon vaikuttavat eri tekijät, jotka on määritettävä menetelmäkohtaisesti. Sitä voidaan tutkia vertaamalla saatua tutkimustulosta tunnetun menetelmän tuloksiin tai sertifioidun vertailumateriaalin tuloksiin. Saanto voidaan saada selville myös tunnettujen lisäysten avulla, jotka on mitattu gravimetrisesti. Saanto ilmoitetaan prosentteina tunnetun lisäyksen laskennallisesta arvosta tehtäessä päätöksiä tuotteen kelpoisuudesta. (Ehder 2005, 32–33.)

### **Virheet ja menetelmän häiriönkestävyys ja toimintavarmuus**

Jokaiseen tehtävään mittaukseen sisältyy erilaisia virheitä, jotka voivat olla satunnaisia, systemaattisia tai inhimillisiä. Suurin syy virheiden syntymiseen on inhimilliset erehdykset, jotka muodostuvat mittauksia tekevän henkilön tarkkaavaisuudesta. Pienin virhe muodostuu itse mittalaitteistoista johtuvista virheistä. Mittauksiin liittyvät virheet pitää voida analysoida ja tunnistaa, jotta systemaattiset virheet saadaan eliminoitua pois mittaustuloksista. Jäljelle jäävä satunnainen virhe voidaan analysoida ja laskea niin sanottuna kokonaisepävarmuutena. Se kuvaa mittauksen laatua ja luotettavuutta. (Jaarinen & Niiranen 2008, 66.) Mittauksia, testauksia ja kalibrointeja tekevillä laboratorioilla tulee olla menettelytavat mittausten epävarmuuksien arviointiin. Ne perustuvat kansainväliseen standardiin ISO 27025. (Ehder 2005, 33–34.)

## **Mittaustarkkuus**

Validoinnissa määritetään tulosten tarkkuus tarkkailemalla systemaattista ja satunnaista virhettä. Mittauksissa käytettyjen vertailumatriisien ja niiden rinnakkaisnäytteiden jäljitettävyys kansainvälisiin mittanormaaleihin lisäävät tulosten tarkkuutta ja tehtyjen mittausten oikeellisuutta. (Ehder 2005, 35.) Määritysten tarkkuutta parannetaan tekemällä useita mittauksia, jotta saadaan luotettavin mittaustaso ja epätarkkuus mahdollisimman tarkaksi (Jaarinen & Niiranen 2008, 17). Menetelmän tarkkuutta voidaan arvioida vertaamalla saatua arvoa muilla menetelmillä saatuihin tuloksiin tai lisäämällä nollamatriisi (Lehtonen & Sihvonon 2004, 95).

## **Menetelmän toistettavuus ja uusittavuus**

Mittausten toistettavuus saavutetaan, kun analyysi pystytään suorittamaan uudelleen samankaltaisissa olosuhteissa. Näytteet ovat useita rinnakkaismäärittämiä eri pitoisuuksilla, joiden vaihteluvälin on oltava pientä. Mikäli näiden tehtyjen sarjojen välillä tapahtuu suuria vaihteluja, on niiden aiheuttaja selvitettävä. Syynä voivat olla sarjojen välillä tapahtuvat analyysitekijät, kuten lämpötilan muuttuminen. Toistettavuus taas tarkoittaa sitä täsmällisyyttä, jolla määrittäminen tehdään toistettavissa olosuhteissa, eli käytössä ovat samat tekijät, laitteet ja reagenssit. Mittaukset suoritetaan yleensä lyhyellä aikavälillä, jolloin käytetään useita rinnakkaismäärittämiä eri pitoisuuksilla eri näytteistä. (Ehder 2005, 37.)

Uusittavuutta tutkitaan erityisesti standardisoinnin yhteydessä tehtävillä analyysien vertailukokeilla. Näissä saman mittasuureen sisältävien näytteiden tulisi olla lähellä toisiaan, kun olosuhteet (esim. lämpötila) muuttuvat, eli tulosten tulisi olla joka kerta sama tehtäessä tutkimuksia yhdellä ja samalla näytteellä ajasta, paikasta ja laitteesta riippumatta. (Ehder 2005, 37.)

### **3.3.3 Analyysimenetelmän kehittämiseen liittyvät dokumentoinnit**

Laboratorion laadunvarmistukseen kuuluu kaikkien tehtyjen mittausten ja analyysien raportointi ja niiden arkistointi. Arkistointi on suoritettava niin, että dokumentit eivät vaurioidu tai häviä, mutta ne ovat helposti saatavissa, kuitenkin niin, että niiden luottamukselli-

suus taataan. Tallenteiden tulee sisältää tiedot myös käytetystä näytteenottomenettelystä, näytteenottajasta ja ympäristöoloista, jotka mahdollisesti voivat vaikuttaa menetelmän ja tulosten luotettavuuteen. Dokumentointi aloitetaan tehdystä näytteenottosuunnitelmasta, johon kirjataan asiakkaan vaatimukset näytteille ja tuloksille sekä rajaukset tai lisäykset. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

Validointiraportissa dokumentoidaan menetelmän koejärjestelyn suunnittelu ja eri mittaus-ten suoritustavat, arvioidaan tuloksia ja laskuja sekä siitä, miten laadunvarmistus tehdään. Raportista on pystyttävä näkemään menetelmän ohjeet ja menetelmään liittyvät johtopäätökset sekä menetelmän soveltuvuus tietyille pitoisuuksille ja näytteille sekä niiden tarkkuus. (Jaatinen & Niiranen s. 30–31.) Analyysiraportissa ilmoitetaan myös mittausepävarmuus, mikä tarkoittaa mittauksen epävarmuutta tietyllä vaihteluvälillä, jolle mitattu tulos sijoittuu yleensä 95 %:n todennäköisyydellä. Epävarmuusarviossa ovat mukana kaikki ne tekijät, jotka vaikuttavat analyysin tulokseen, kuten mitattu keskihajonta, jolloin epävarmuus lasketaan keskihajonnan kaavan mukaan sekä tehdyn mittauksen epävarmuus esimerkiksi tilavuuden vaihtelussa. (Jaatinen & Niiranen 2008, 35.)

Mittauksista, jotka liittyvät validointiin, tulee laatia raportti. Siitä selviää työn tavoitteen toteutuminen, mittausaikaan käytetyt laitteistot, välineet ja materiaalit. Raportointi ja sen laajuus riippuvat raportin sisällöstä. Raporttiin liitetään tulosten, vertailumateriaalien ja reagenssien lisäksi testausmenettelyt sekä mainitaan parametrien soveltuvuus tutkimukseen, laitteiden kalibroinnit, tutkijat ja osallistujat, aikataulu ja varmennukset. Raportin lopussa on mainittava menetelmälle asetettujen vaatimusten ja soveltuvuuksien toteutuminen aiottuun käyttötarkoitukseen. Muutoksia havaittaessa on validointi kuitenkin uusittava. Alkuperäinen validointiin liittyvä tulosaineisto arkistoidaan pysyvästi. Laadunvarmistusohjeen validoinnissa määritetään tulosten luotettavuus sekä kerrotaan, kuka laati ohjeen ja milloin ohje laadittiin. (Ehder 2005, 25–38; Jaatinen & Niiranen 2008, 14–15.)

Laboratorio voi käyttää itse kehittämiään menetelmiä, jos ne soveltuvat tutkimustarkoitukseen tai ne on validoitu. Ennen työn aloitusta on kuitenkin aina varmistettava, että työ suoritetaan standardin mukaisesti. Uusien menetelmien kohdalla käyttöönoton on oltava suunniteltua ja tulee varmistua, että käyttöönottajalla on kehitettyyn menetelmään riittävät resurssit. Menetelmän toimivuutta perustellaan erillisellä arvioinnilla, joka perustuu menetelmän toimivuuteen sekä mittausaikaan soveltuvuuteen kyseessä olevaan aiottuun alaan, ja

siinä hyödynnetään aikaisempaa kokemusta menetelmän validoinnissa. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

### **3.4 Analyysimenetelmän hyväksyntä käyttöön**

Kun menetelmä on validoitu, voidaan tutkimustapa ottaa käyttöön virallisesti. Kehittämisen viimeinen eli neljäs vaihe (KUVIO 1) on analyysitulosten tarkastaminen, raportointi ja tietojen siirto arkistoon, josta ne on helposti tiettyjen avainsanojen tai artikkeleiden avulla löydettävissä ja mahdollista ottaa käyttöön. Raportointi helpottaa menetelmän edelleen kehittämistä sekä tekoa muualla kuin vain laboratoriossa, jossa menetelmä on kehitetty. Näissä raporteissa on nähtävissä tutkimustyössä käytetyt välineet, raja-arvot, tutkittavat komponentit sekä tietystä analyysiraportin suorittaja, päivämäärät sekä tekijät huomautukset. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

#### 4 ANALYYSIMENETELMÄN VARMENTAMINEN

Tutkimuksen lopussa kehitetty menetelmä ja siinä tehdyt mittaukset perustellaan ja saaduista tuloksista tehdään johtopäätökset. Uuden menetelmän varmentamiseen liittyy mittausepävarmuuden määrittäminen, joka on osa laboratorion sisäistä laadunohjausta. Se rajaa mittaustulokset tietyllä todennäköisyydellä tiettyjen raja-arvojen sisäpuolelle laskettujen tilastollisten menetelmien avulla. (Ehder 2005, 19, 51.)

Menetelmän luotettavuus voidaan varmentaa myös jäljitettävyydellä, johon kuuluu näytteiden, menetelmän ja laitteiden kalibrointi ja kalibroinnin jäljitettävyys. Lisäksi luotettavuutta tarkastellaan menetelmän validoinnilla, tulosten luotettavuuden arvioinnilla ja tehtävillä vertailumittauksilla. Menetelmän luotettavuus varmennetaan käyttämällä sertifioitua ja vertailumateriaaleja tai laboratorion omia vertailumateriaaleja, joiden luotettavuus tunnetaan. Käytettävien materiaalien puhtaus ja säilyvyys pitää pystyä määrittämään tarkasti sekä saatujen tulosten vertailukelpoisuus käytettyihin menetelmiin ja dokumentoituihin tietoihin. (Ehder 2006, 11–13.) Menetelmän laadun varmentaminen voidaan suorittaa myös vertaamalla saatuja tuloksia muiden laboratorioden tekemiin vertailumittauksiin ja niistä laadittuihin graafisiin esityksiin (Ehder 2005, 49). Hankittaessa kaupallisia vertailumateriaaleja, on niiden laatu ja standardinmukaisuus varmistettava ennen käyttöönottoa (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025).

Uudella kehitetyllä menetelmällä saadut tulokset tulee hyväksyä, ennen kuin niitä voidaan pitää standardin mukaisina. Kehitettäessä uutta menetelmää on otettava huomioon, että eri mittausmenetelmillä ja -tyypeillä saatavat tulokset eivät aina anna samaa tulosta. Koska eri aikoina suoritettavat mittaukset eroavat toisistaan ympäristötekijöiden vaikutuksesta, on laboratorion käytettävä tarkoituksenmukaisia menettelytapoja kaikille testauksille mittausepävarmuuden arvioimiseksi mahdollisimman tarkaksi. Siksi käytettävien standardien, ohjeiden ja referenssiarvojen tulee olla ajantasaisia. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

Mittaustuloksia vertaillaan aina olemassa oleviin kansainvälisiin tai kansallisiin standardeihin. Laboratorion omaa kehitettyä menetelmää voidaan käyttää, mikäli se validoidaan ennen käyttöönottoa. Menetelmien käyttöönoton tulee olla suunniteltua ja suunnitelmia tulee päivittää menetelmän kehittyessä. Menetelmän suorituskyky voidaan määrittää suo-

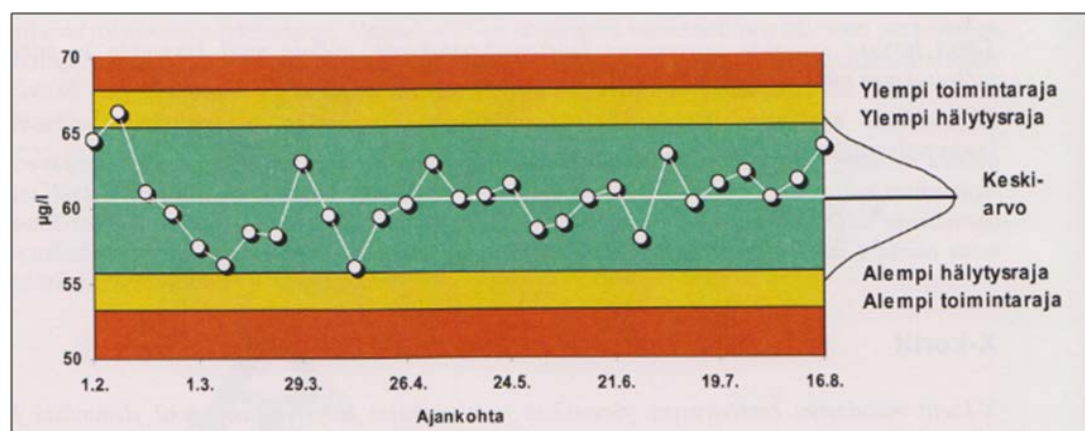


rittamalla kalibrointi referenssinormaalien avulla tai käyttämällä referenssimateriaaleja, vertaamalla tuloksia muilla menetelmille tehtyihin sekä eri laboratorioiden tekemiin vertailuihin ja arvioimalla tuloksien oikeellisuuteen vaikuttavat tekijät ja epävarmuudet. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

#### 4.1 Laadunvalvontakortit

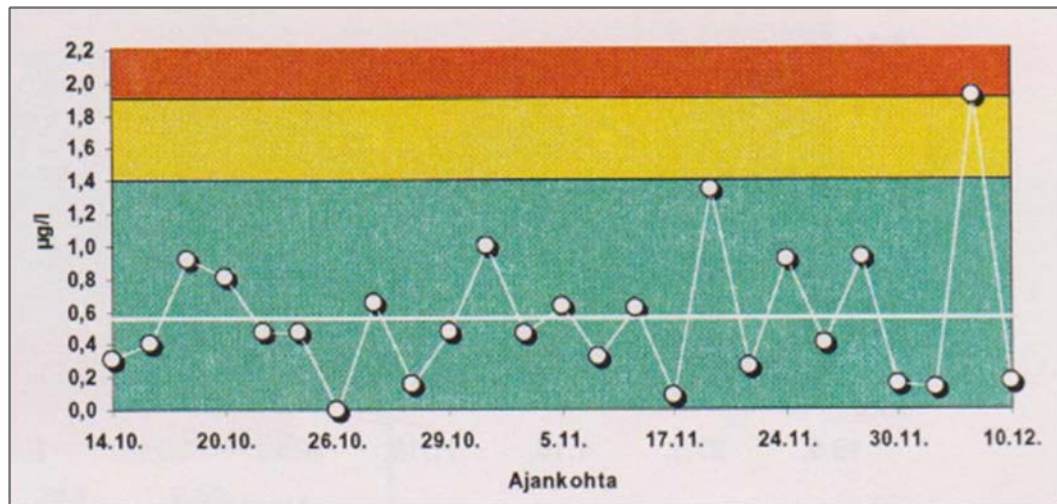
Laboratorion laadunvalvonnan kannalta tärkeää on käyttää niin sanottuja QC-näytteitä (Quality Control = laadunohjausnäyte), joita valmistetaan standardiliuoksista, rutiini- ja nollanäytteistä ja laboratorion sisäisistä vertailumateriaaleista. Saadut QC-tulokset merkitään laadunvalvontakorttiin, kun näytesarja on analysoitu. Laadunvalvontakortissa ilmoitetaan myös määrittäjärajan alapuolella olevat numerot ja negatiiviset tulokset. Laadunvalvontakortti on tilastollista tiedonkeruuta satunnaisvaihteluista, jotka on määritetty normaalijakaumafunktiona. Laadunvalvontakortteja on kahta erilaista lajia, X- ja R-kortit, jotka toimivat kuitenkin samalla tavalla. (Suomen Ympäristökeskus 2006, 12–13.)

Kuviossa 3 on kuvattu niin sanottu X-kortti, jossa on määritettynä ylempät ja alemmat hälytys- ja toimintarajat sekä keskiarvo. Keskiarvon keskiviiva edustaa laadunohjausnäytteiden tulosten keskiarvoa tai vertailumateriaalin vertailuarvoa. Normaalijakaumakäyrässä olevien tulosten tulisi olla näiden toimintarajojen sisäpuolella, jotta satunnaisesti otetut näytetutkimukset antaisivat laadullisesti luotettavia tuloksia. Muussa tapauksessa määrittäksessä on jotakin vikana. (Suomen Ympäristökeskus 2006, 12–13, 41.)



KUVIO 3 X-valvontakortti (Suomen Ympäristökeskus 2006, 13)

X-kortti on valvontakortti, jonka avulla seurataan systemaattisen ja satunnaisen virheen summaa verrattuna QC-tuloksiin tai rinnakkaisten määritysten keskiarvoihin. Kuviossa 4 on kuvattu R-valvontakortti, jossa on puolestaan kuvattuna keskiviiva, ylempi hälytys- ja toimintaraja. Se kertoo toistettavuudesta, ja sen vaihteluväli määritetään suurimman ja pienimmän yksittäisen näytteen tuloksen erotuksena. Nämä näytteet ovat saman näytesarjan rutiininäytteitä, joista tehdään myös rinnakkaismääritykset. Niiden vertailuväli on verrannollinen näytteiden pitoisuuteen, jossa QC-arvot ilmoitetaan suhteellisella vaihteluvälillä. Rutiininäytteissä määrittelyn tulisi olla vähintään kahden osanäytteen erotus tai näiden osanäytteiden rinnakkaismäärittysten keskiarvojen erotus. (Suomen Ympäristökeskus 2006, 14–15.)



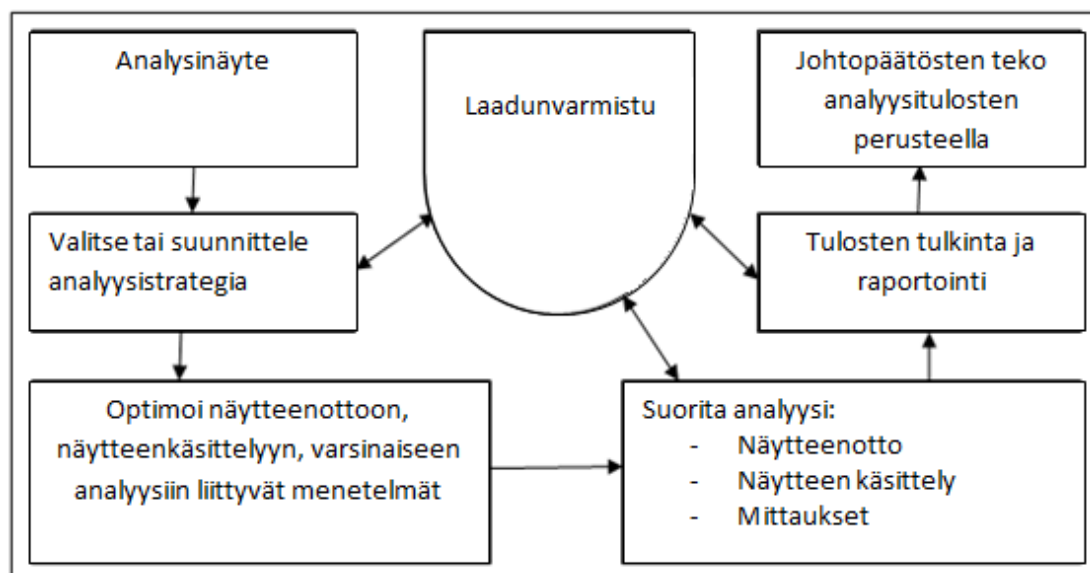
KUVIO 4 R-valvontakortti (Suomen Ympäristökeskus 2006, 41.)

## 4.2 Laboratorioanalyysien laadunvarmistus

Sisäiset ja ulkoiset auditoinnit ovat oleellinen osa analyysilaboratorion laatutoimintaa. Niissä laboratorio tarkastaa koko laatuvarmistuksen toimivuuden, minkä piiriin kuuluvat henkilöstö, laitteistot, menetelmät ja kemikaalit. Tehdyt dokumentit ja asiakirjat ovat osa laboratorion laatuvarmistusta, jonka pohjana on laatuvarmistus. Laatuvarmistus sisältää menettelytapaohjeita laitteistojen ja välineiden huollosta ja ylläpidosta sekä käytöstä. Se sisältää myös ohjeita analyysien suorittamisesta kullekin eri analyysimenetelmälle. (Lehtonen & Sihvonen 2004, 93.) Laatuvarmistukseen kuuluu myös laboratorion johtamisjärjestelmä, toimintaperiaatteet ja eri tilanteisiin omat menettelytavat. Lisäksi siinä kerrotaan tarkat

tiedot laboratoriossa käytössä olevista dokumentointiin käytettävistä ohjelmista sekä muista laboratorion toimintaan ja laatuun vaikuttavista ohjelmista. Laatukäsikirjassa laboratorion ylin johto sitouttaa toimintansa hyvään ammatti- ja palvelutasoon sekä määrittelee toimintansa laatutason. Laboratorion johdon on pidettävä kirjaa henkilöstönsä koulutustasosta ja tarvittaessa annettava koulutusta ja perehdytystä. Laatukäsikirjan avulla laboratorio sitoutuu toimimaan erilaisten säädösten, standardien ja ohjeiden mukaisesti. Näin asiakas varmistuu, että tutkimukseen käytetyt laitteistot, niiden kalibroinnit ja testit on tehty asiakkaan vaatimusten ja valittujen menetelmien mukaisesti. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025.)

Laboratorion laadunvarmistuksessa on otettava monia asioita huomioon koko analysoinnin ja tutkimuksen aikana lähtien analysoitavasta näytteestä aina tulosten tulkintaan ja raportointiin asti. Kuvion 5 mukaan jokaisessa vaiheessa on varmistuttava, että työ suoritetaan tarkasti ja laaditun laatukäsikirjan mukaisesti. Käytettyjen kemikaalien pitoisuudet ja näytemäärät on tunnettava tarkasti, jotta varmistutaan tuloksiin vaikuttavat mahdolliset virheet. Tutkimuksen lopussa työ ja tehdyt mittaukset on perusteltava ja tuloksista on tehtävä johtopäätökset. (Lehtonen & Sihvonen 2004.)



KUVIO 5 Laboratorion laadunvarmistus (Lehtonen & Sihvonen 2004, 93.)

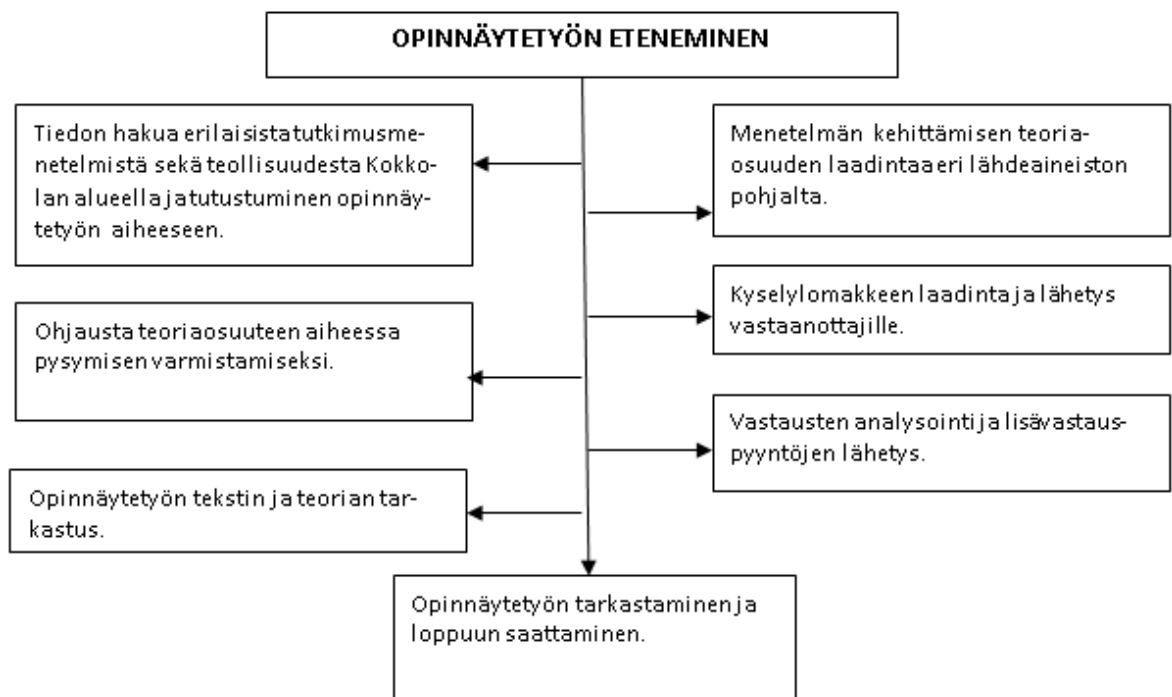
Oleellisena osana laboratorion laadunvarmistukseen kuuluu myös analyyseissä käytettyjen laitteiden kalibroinnit ja muiden välineiden mitta-asteikkojen selkeys ja tarkkuus. Tätä

kutsutaan metrologiaksi. Siinä oleellista on, että mittauksissa saadut tulokset ovat luotettavia ja vastaavat käyttötarkoitusta. Tulosten mittaasepävarmuuden tunteminen antaa tuloksille luotettavuutta, ja turhat punnitukset voidaan jättää pois kustannusten karsimiseksi. Suomessa luotettavien mittausten tekemiselle tärkeää mittanormaalijärjestelmää ylläpitää Mittatekniikan keskus MIKES, joka huolehtii tehtyjen mittausten luotettavuudesta ja siitä, että tehdyt mittaukset täyttävät mittanormaalijärjestelmälle asetetun kansainvälisen tason. Analyseissä käytetyt mittaustulokset ovat luotettavia, kun niiden käyttötarkoitukseen tarkoitettu tarkkuus on määritetty ja mittaasepävarmuus tunnetaan. (SFS-standardi SFS-EN ISO/IEC 17025; Ehder 2005, 5, 7–10.)

## 5 KYSELYTUTKIMUS ANALYYSIMENETELMIEN KEHITTÄMISESTÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia menetelmänkehityksen eri vaiheita ja laatia niin sanottu sähköinen käsikirja, johon luodaan menetelmänkehittämisen prosessiin liittyvää tietoa ja taustamateriaalia. Työn yhtenä osana oli laatia kyselytutkimus, jossa selvitettiin Kokkolan alueen kemianteollisuuden ja eri tutkijoiden tapaa kehittää uusia menetelmiä työssään. Saatujen vastausten avulla tehtiin yhteenveto vastaajien tiedoista ja lähdeaineistoista, joita he käyttävät menetelmänkehittämisessä.

Opinnäytetyö jakaantui kahteen osaan, joista toisessa kerättiin tietoa kyselyn avulla ja toisessa keskityttiin tietopankkiin saatavan materiaalin ja teorian keräämiseen. Kuvioon 6 on koottu yhteenvetona opinnäytetyön eteneminen yksinkertaistettuna vaiheittain.



KUVIO 6 Opinnäytetyön etenemisen vaiheet

Tässä työn osiossa keskitytään siihen, miten kysely laadittiin, ja kyselyllä saatujen vastausten analysointiin. Kysely suoritettiin sähköisenä Webropol-palvelun avulla. Menetelmän-

kehittämiseen vaikuttavista ongelmista ja huomioitavista asioita sekä neuvoa antavista asiantuntijaorganisaatioista on kerrottu luvuissa 2 ja 3.

## 5.1 Kyselylomakkeen laadinta

Kyselytutkimuksella pyritään selvittämään tutkimuskohteen toimintaperiaatteita tutkimustulosten analysoimiseen. Tutkimuksella voidaan selvittää ilmiöiden syitä ja pyrkiä selvittämään niihin ratkaisuja. Tavoitteena on saada vastauksia tutkimusongelmasta johtuviin kysymyksiin. (Heikkilä 1999, 13.) Kuten edellä todettiin, tätä tutkimusta ja siihen laadittua kyselyä voidaan pitää kartoittavana tutkimuksena. Sen tutkimuskohteena oli Kokkolan alueella toimiva kemianteollisuus. Kyselyssä tiedusteltiin, millaisia menetelmiä yritykset ovat kehittäneet tai parhaillaan kehittävät uusien tai vanhojen menetelmien avulla tai millaisia erilaisia menetelmiä niillä on käytössä analyysien teossa.

Kyselyn laadinta aloitettiin tutkimalla kemianalan kirjallisuutta ja selvittämällä, mitä keskeisiä tietoja käsikirjaan haluttiin. Suunnitelmissa oli laatia kysely, joka jakaantui eri osiin sen mukaan, koskivatko kysymykset vastaajan perustietoja koulutuksesta ja työtaustasta, tietoja yrityksen nykyisistä projekteista vai sitä, mitä suunnitelmia kulloisellakin julkisella organisaatiolla tai yrityksellä oli tulevaisuudessa odotettavissa. Kysely lähetettiin Kokkolan alueen kemian alan yritysten ja julkisten organisaatioiden tutkijoille. Kyselyn laadinnassa oli tärkeää miettiä sitä, mitä asioita kysymyksillä haluttiin saada tietoon ja muotoilla kysymykset yksinkertaisiksi, ytimekkäiksi ja helposti ymmärrettäviksi. Näin voitiin poistaa mahdolliset kysymysten väärinymmärtämiset. Koska laadittuun kyselyyn ei kuitenkaan saatu vastauksia, jouduttiin laatimaan uusi kyselytutkimus ja muuttamaan kysymysasettelua. Lomake päätettiin laatia monivalintaisena lomakkeena, josta vastaajat saivat valita itselleen parhaiten kohdistuvan vaihtoehdon jokaisesta esitetyistä kysymyksistä. Kysymyksissä oli myös kohta, johon vastaajilla oli mahdollisuus tehdä lisähuomautuksia tai ehdottaa itseään paremmin kuvaavaa vaihtoehtoa.

Tämän opinnäytetyön tuloksia ja kyselyn vastauksia on käsitelty ja analysoitu tämän monivalintaisen kyselylomakkeen pohjalta. Tuloksia käsitellään myöhemmissä luvuissa kunkin kysymyksen osalta erikseen ja niistä tehdään yhteenveto työn loppuosaan.

## 5.2 Kyselyyn valitut vastaajat

Kyselyä laadittaessa haluttiin vastauksia sekä mahdollisimman monesta eri yrityksestä ja julkisesta organisaatiosta että laajan ammattitaidon omaavilta henkilöiltä, joiden vastausten perusteella saataisiin kattavaa materiaalia tietopankin laadintaan. Lista kyselyyn otettavista yritysten ja julkisten organisaatioiden henkilökunnasta saatiin KETEKiltä, joka oli tämän tutkimuksen toimeksiantaja. Kyselyyn valitut ja mukaan otetut henkilöt olivat jo olleet aikaisemmin työssään mukana kehittämässä erilaisia menetelmiä. Tämän takia he olivat tärkeässä osassa kerättyä tietoa siitä, miten menetelmän kehitys etenee ja miten analyttisiä menetelmiä kehitetään.

Vastaajiksi valitut henkilöt oli rajattu pariinkymmeneen henkilöön. Tämä helpotti saatujen vastausten analysointia. Saatavan tiedon määrän perusteella voitiin tehdä alustavaa tutkimuspohjaa tiedon keräämiselle. Valitut tutkijat edustivat Kokkolassa eri teollisuudenaloja. Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa oli kuitenkin huomioitava saatujen vastausten määrä lähetettyihin kyselyihin verrattuna. Saadut vastaukset käsiteltiin lukuarvoina juuri pienen osallistujamäärän takia.

## 5.3 Kyselytutkimuksen tulokset ja vastausten analysointi

Tutkimuksen kysely on jaettu neljään osioon, joissa kukin keskittyy yritysten ja julkisten organisaatioiden toimintaan ja tilanteeseen nyt ja tulevaisuudessa. Lisäksi tiedusteltiin vastaajien koulutus- ja työkokemuksia ja annettiin mahdollisuus vapaaseen sanaan. Jokaista osiota nimetään roomalaisilla numeroilla ja niiden vastauksia käsitellään tässä luvussa erikseen.

Kyselyn ensimmäisessä osiossa (Osio I) keskityttiin vastaajien koulutus- ja työtaustoja sekä sijoittumista organisaatiossa. Osiossa II kysymykset keskittyivät tarkemmin menetelmien nykytilaan, tutkijoiden kemiallisten analyysien kehittämiseen nykyisessä tehtävässään, käytetyt menetelmänkehittämisen tavat ja toimenpiteet sekä siihen vaikuttavista muista tekijöistä. Osion sisältämät vastaukset olivat luonteeltaan tärkeimpiä tämän tutkimuksen kannalta. Kolmannessa osiossa (Osio III) haluttiin vastauksia yritysten ja julkisten organisaatioiden tulevaisuudensuunnitelmista. Kysymykset koskivat kyselyyn valittujen

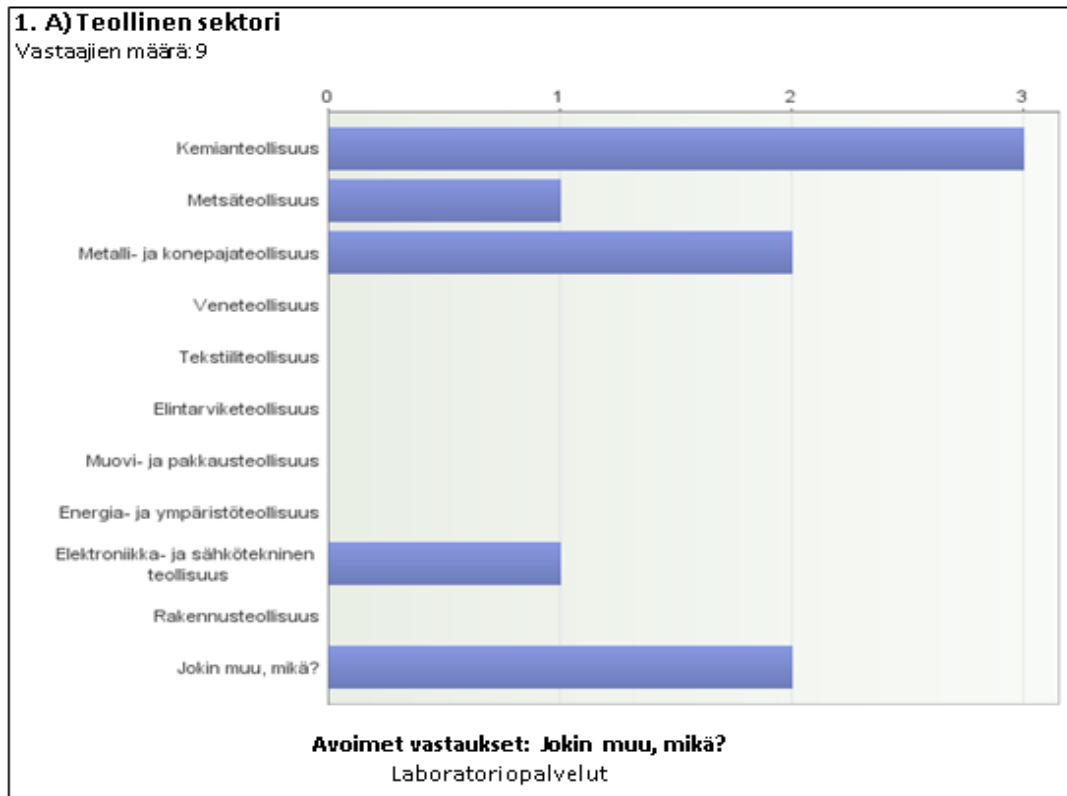
tahojen lähitulevaisuuden suunnitelmia toteuttaa menetelmänkehittämistä yhteistyössä tahojen kanssa. Näiden vastausten perusteella tiedusteltiin yritysten mielipidettä ja mahdollisuuksia yhteistyöhön muiden yritysten kanssa ja liittymishaluja laajempaan alan verkostoon. Viimeisessä osiossa (Osio IV) puolestaan haluttiin saada tutkijoilta mahdollisia ehdotuksia ja ideoita. Tämä osio jäi kuitenkin jokaiselta tutkijalta täyttämättä, joten tulosten analysointia ei tässä osiossa voida suorittaa.

Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 16 tutkijaa Kokkolassa toimivista yrityksistä ja julkisista organisaatioista, joista saatiin 12 vastausta. Vastaukset on käsitelty numeerisesti vastausmäärien mukaan jokaisen kyselylomakkeen kysymyksen osalta seuraavissa luvuissa.

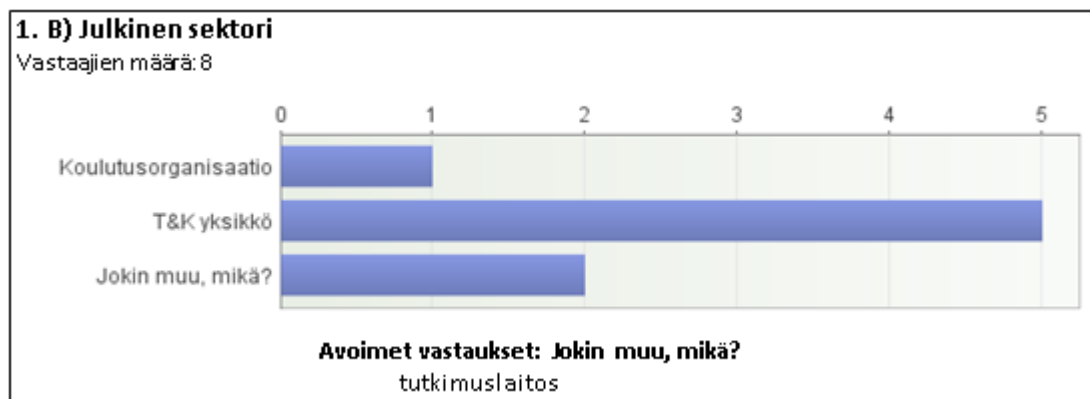
### **5.3.1 Osio I: Vastaaajien perustiedot**

Vastaaajien perustietoja koskevassa osiossa (Osio I) kysymykset koskivat vastaaajien sijoitumista eri teollisuuden sektoreille, joko teollisuus- tai julkiselle sektorille (KUVIOT 7 ja 8). Kysymysten tarkoituksena oli, että vastaajat valitsevat kysymyksistä toisen, mutta todellisuudessa suurin osa vastaajista valitsi kuitenkin kummassakin kysymyksessä esitettyjä vaihtoehtoja. Näiden kahden kysymysten pohjalta voidaan olettaa, että kaikki vastaajat kuuluvat kemian-, metsä-, metalli- ja konepajateollisuuden piiriin sekä työskentelevät elektroniikka- ja sähkötekniillisessä teollisuudessa. Kaksi vastaajista ilmoitti kuuluvansa vaihtoehtojen ulkopuolelle. (KUVIO 7.) Julkisen puolen sektoreilla (KUVIO 8) valittavana olivat koulutusorganisaatio, T&K-yksikkö sekä jokin muu. Näistä vastausvaihtoehdoista 5 vastaajaa, oli valinnut keskimmäinen (T&K) vaihtoehdon.





KUVIO 7 Vastaajien ilmoittamat omat työt teollisuuden alalta



KUVIO 8 Vastaajien ilmoittamat julkisen sektorin työalueet

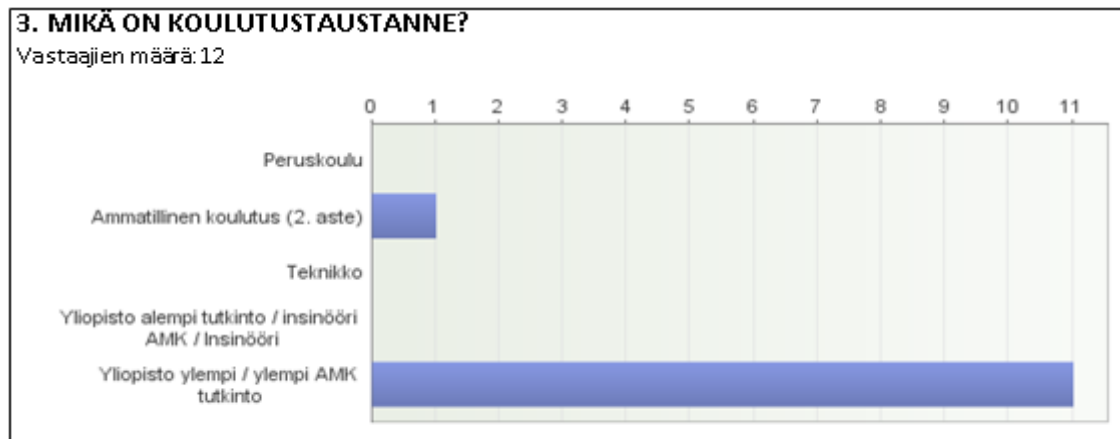
Kysymyksessä, jossa kysyttiin vastaajien sijoittumista organisaatioon (KUVIO 9), viisi vastaajaa ilmoitti työalueekseen tutkimus- ja tuotekehityksen. Loput 4 vastaajaa yhdestätoista ilmoittivat tehtäväkseen joko projektinhoidon tai laadunvalvonnan. Loput 2 vastaajaa oli valinnut vapaan vaihtoehdon, jossa vastaukseksi oli annettu asiantuntijuus ja osallistu-

misen työssään kaikkiin kysymyksessä esitettyihin vaihtoehtoihin. Kukaan vastaajista ei kuulunut yrityksen johtoon tai työskennellyt tuotannossa.



KUVIO 9 Vastaajien asema omassa organisaatiossaan

Suurin osan, yksitoista vastaajaa, oli korkeamman yliopisto- tai ammattikorkeakoulutason suorittaneita (KUVIO 10). Yksi vastaaja kahdestatoista ilmoitti saaneensa ammatillisen koulutuksen (2. asteen koulutus). Vastaajien joukossa ei ollut yhtään peruskoulutuksen, teknikkokoulutuksen tai yliopiston ja insinöörikkoulutuksen saanutta henkilöä. Selityksenä tähän voi olla työtehtäviin vaadittava vaativampi ammattitutkinto tai se, että henkilöt ovat kouluttautuneet edetessään työurallaan.

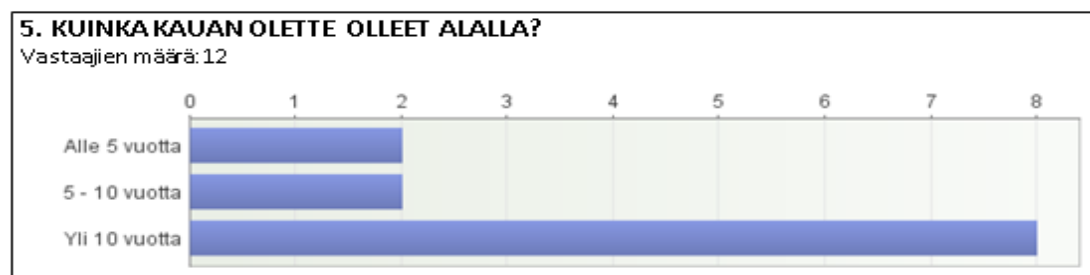


KUVIO 10 Vastaajien ilmoittamat koulutustaustat

Kysyttäessä vastaajien nykyisten työtehtävien kestoja, olivat kaikki vastaajat antaneet vastauksensa. Vastaajista 7 on ollut nykyisissä työtötehtävissään alle viisi vuotta. Loput ilmoittivat työtehtäviensä kestoksi viidestä vuodesta yli 10 vuoteen. (KUVIO 11.) Alalla kahdeksan tutkijaa on ollut yli 10 vuotta ja kolmasosa tutkijoista alle viidestä kymmeneen vuoteen. (KUVIO 12.)

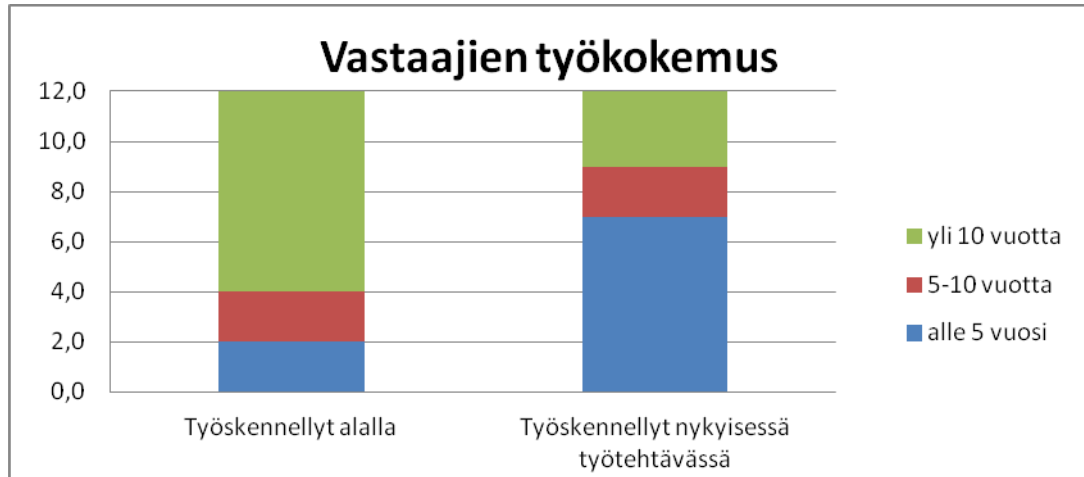


KUVIO 11 Vastaajien nykyisten työtehtävien kesto



KUVIO 12 Ilmoitetut työkokemukset omalta alalta

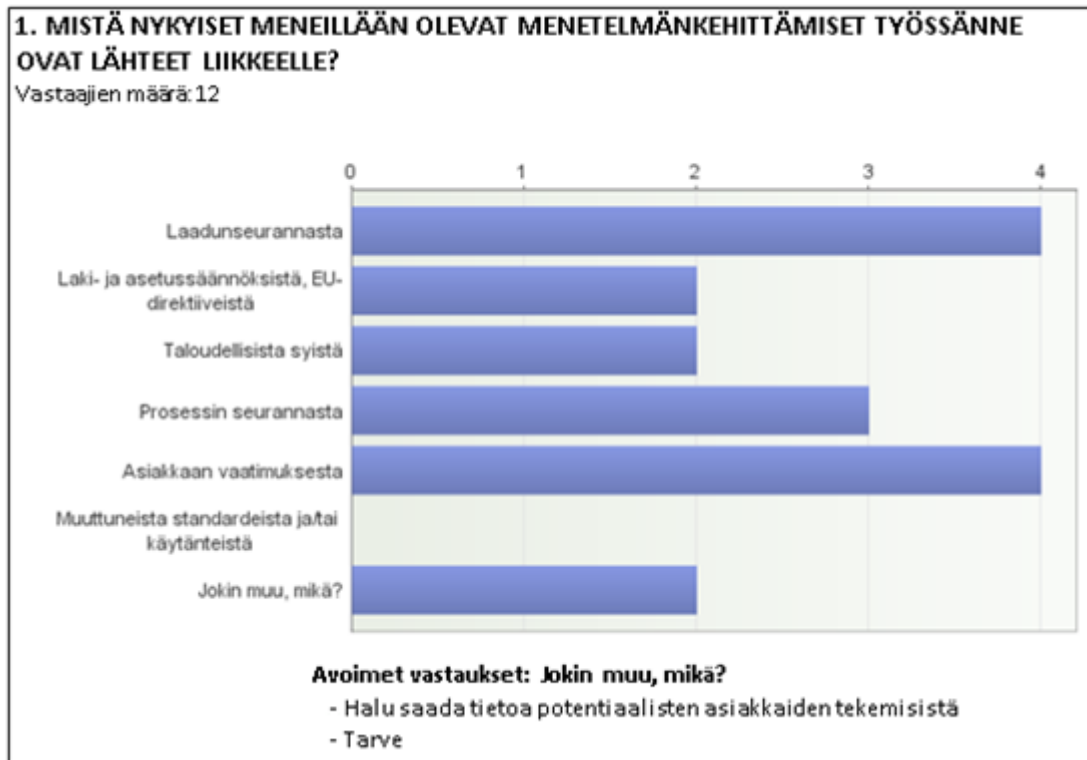
Kun kysymykset 4 ja 5 (KUVIOT 11 ja 12) yhdistetään yhdeksi kuvioksi, saadaan kuvio 13, josta voidaan nähdä vastaajien ilmoittamat oman alan työkokemukset ja heidän nykyisten työtehtäviensä kestot.



KUVIO 13 Vastaajien työkokemus alalta suhteessa työtehtävien kestoon

### 5.3.2 Osio II: Vastaajien analyysimenetelmien kehittäminen

Kysymysoiossa II kyseltiin vastaajien yrityksissä ja julkisissa organisaatioissa tekemiä analyttisiä tutkimuksia ja niitä koskevaa menetelmänkehittämistä. Vastaajat ilmoittivat nykyisten menetelmien kehittämisen lähteneen erilaisista lähtökohdista. Tässä kysymyksessä vastaajat olivat valinneet useamman vaihtoehdon yhden valinnan sijaan. Suurin osa valinnoista kohdistui vaihtoehtoon, jossa kehitystyö on lähtenyt liikkeelle asiakkaan vaatimuksista, laadunseurannasta ja prosessin seurannasta. Myös laki- ja asetussäännökset, EU-direktiivit ja taloudelliset syyt ovat olleet syitä aloittaa menetelmän kehitystyöt. Avoimeen kysymykseen oli vastauksiksi annettu tarve ja halu saada tietoa asiakkaista. (KUVIO 14.)



KUVIO 14 Ilmoitetut tiedot menetelmänkehityksen lähtökohdista

Vastausten mukaan menetelmänkehittämiseen oli hankittu tietoa suurimmaksi osaksi alan kirjallisuudesta ja artikkelista (KUVIO 15). Myös asiantuntijaverkostot ja erilaiset standardit olivat olleet vastaajien tiedonlähteinä. Eräiden vastaajien mielestä tietokannat ovat tärkeitä tietolähteitä esiselvityksen tekemisessä. Kysymyksessä 2 vastaajaa ilmoitti, että tiedonlähteenä oli ollut myös oman työn tuoma työkokemus alalta. Tässä kysymyksessä kaikki vastaajat olivat antaneet vastauksen ja valinneet useamman vaihtoehdon yhden valinnan sijaan.



KUVIO 15 Esiselvityksessä ilmoitetut tiedonhankintatavat

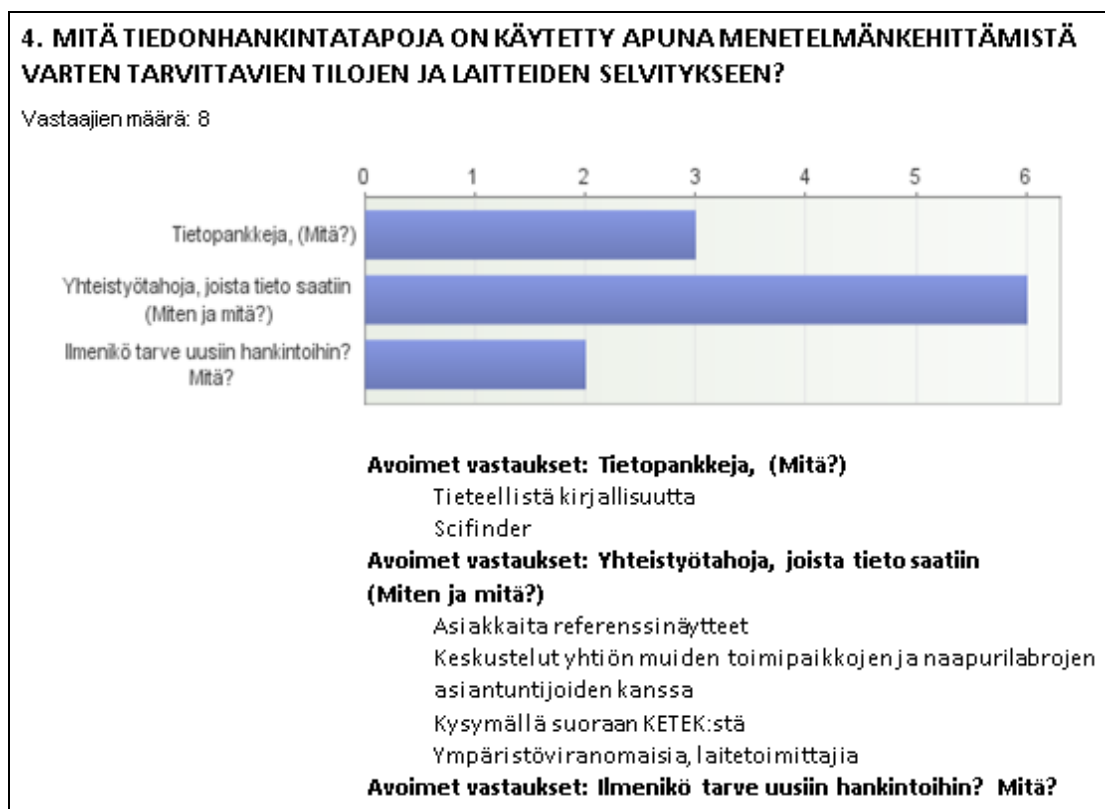
Vastaajien mielestä menetelmänkehittämisen olivat vaikuttaneet jo olemassa olevat menetelmien ja laitteiden kehittäminen sekä uudet matriisit (KUVIO 16). Näiden vaihtoehtojen kohdalla kaikki vastaajat olivat valinneet useamman valittavien vaihtoehtojen joukosta. Tavoitteena tämän kysymyksen kohdalla oli ollut, että vastaajat olisivat valinneet vain yhden vaihtoehdon.



KUVIO 16 Seikat, jotka ovat vaikuttaneet menetelmänkehittämiseen

Tiloja ja laitteita koskevassa kysymyksessä (KUVIO 17) vastaajat ilmoittivat tiedonhankintatavaksi yhteistyötahot, joita olivat muun muassa KETEK, asiakkaat ja naapurilaboratoriot tai -toimipaikan asiantuntijat tai viranomaiset ja laitevalmistajat. Tietopankkeina vastaajat olivat käyttäneet tieteellisiä kirjoituksia. Joissakin tapauksista tutkijat eivät voi-

neet antaa vastauksia vaihteloa takia. Kysymys oli laadittu niin, että vastaajat pystyivät antamaan jokaiseen vaihtoehtoon avoimen vastauksen. Vain kolme vastaaja kertoi, millaisia tietopankkeja he olivat käyttäneet. Sen sijaan kuusi vastaajaa oli kertonut yhteistyötahoistaan laajemmin. Kysymykseen siitä, ilmenikö menetelmänkehityksessä tarvetta uusiin hankintoihin, vastauksia ei saatu lainkaan. Kaikista kyselyyn osallistuneista kahdestatoista vastaajasta vain kahdeksan vastaajaa oli antanut vastauksensa ja neljä oli jättänyt vastauksensa tähän esitettyyn kysymykseen.



KUVIO 17 Ilmoitetut tiedonhaun kanavat esiselvityksessä

Kyselyyn oli lisäksi laadittu kysymys, jossa vastaajien tuli valita vaihtoehto, joka parhaiten kuvasti heidän senhetkistä tilannetta yhden tutkimuskohteen osalta (KUVIO 18). Tähän kysymysosaan oli kirjattu kysymyksiä, jotka koskivat muun muassa uusien menetelmien kehittämiseen ja tutkimiseen käytettävää aikaa, toimintatapojen ja laitteiden ikää sekä muita tutkimuksiin liittyviä ajallisia asioita. Vastaajilla oli myös mahdollisuus kertoa tarkemmin tästä tutkimuskohteestaan, sekä mahdollisesti muista meneillään olevista projekteista. Esitettyihin kysymyksiin tuli valita eri ajan kestoväli vuosina mitattuna. Viimeiseen pystysarakkeeseen on laskettu kysymykseen vastauksen antaneiden vastaajien määrä.

Kuvion 18 vastausten perusteella voidaan olettaa, että menetelmänkehittämiseen kuluva aika muuttuu sen mukaan, millaisesta kehitettävästä kohteesta on kyse. Vastaajista viisi ilmoittivat vastauksissaan, että ovat kehitelleet työssään uusia menetelmiä jo useita vuosia työuransa aikana eli yli 5 vuoden ajan. Loput yhdestätoista vastauksen antaneista olivat olleet uusien menetelmien kehittämisessä mukana alle vuoden tai 15 vuotta, eli menetelmät ovat vielä melko uusia. Nykyisiä tutkimuskohteita seitsemän vastaajaa oli tutkinut tai kehitellyt alle yhden vuoden ja viisi vastaajaa 15 vuotta. Nykyiset käytössä olevat menetelmät ovat saatujen vastausten perusteella olleet käytössä alle vuoden kolmella, parin vuoden ajan kahdella ja yli 5 vuotta neljällä vastaajalla. Yksi vastaajista ilmoitti, ettei hänen työssään ole käytössä menetelmää lainkaan. Tutkimussuunnitelmaa on laadittu alle yhden vuoden kaikkien kymmenen annetun vastauksen mukaan. Laatujärjestelmä sen sijaan on ollut käytössä kolmella vastaajalla alle yhden vuoden ajan. Kahdella vastaajalla laatujärjestelmä on ollut käytössä yhdestä viiteen vuotta, kun taas kolmella vastaajalla yli viisi vuotta. Vastaajista kaksi ilmoitti, ettei käytössä ole yhtään laatujärjestelmää. Nykyiset toimintatavat ovat olleet käytössä kolmella vastaajalla alle yhden vuoden, kahdella 15 vuotta ja viidellä yli 5 vuotta. Kysymyksessä, joka koski laitteiden käyttöikä, viisi vastaajaa ilmoitti iäksi yli 5 vuotta. Loput 5 vastaajaa olivat valinneet vaihtoehtoiksi alle yksi vuosi tai 15 vuotta. Viimeiseen kysymykseen vastauksen oli antanut vain yhdeksän vastaajaa. Heistä kaksi ilmoitti päivittäneensä vanhoja menetelmiä vastaamaan nykypäivän tarpeita alle yhden vuoden ajan. Kolme vastaajaa oli valinnut 15 vuotta ja kolme yli 5 vuotta. Yksi vastaajista ei ole päivittänyt vanhoja menetelmiä vastaamaan nykypäivän tarpeita.

Vastaajilla oli tämän kysymyksen (KUVIO 18) kohdalla halutessaan mahdollisuus ilmoittaa tutkimuskohteena olleen laitteen tai menetelmän nimi. Tutkimuskohteina olivat vastaajien mukaan ftalaatit, erilaiset muovi- ja kumituotteet, pienet alkuainepitoisuudet suolaliuoksissa sekä epäorgaaninen hiili. Analyysimenetelminä muutamat tutkijat ilmoittivat esimerkiksi IC-, ICP-AES- ja ICP-MS-menetelmät.



**5. VALITKAA SEURAAVIEN KYSYMYSTEN KOHDALLA SE VAIHTOEHTO, JOKA KUVAAA PARHAITEN OMAA TILANNETTANNE TÄLLÄ HETKELLÄ YHDEN TUTKIMUSKOHTTEEN OSALTA.**

Vastaajien lukumäärä: 11

	alle 1 vuoden	1-5 vuotta	yli 5 vuotta	Ei yhtään/ ei mitään	Yhteensä
Kuinka kauan olette kehittäneet uusia menetelmiä työssänne?	3	3	5	0	11
Kuinka kauan menetelmien kehittämiseen menee aikaa?	7	5	0	0	12
Kuinka pitkään olette tutkineet/kehittäneet nykyisiä tutkimuskohteita?	7	4	0	0	11
Kuinka kauan nykyiset menetelmät ovat olleet käytössä?	3	2	4	1	10
Kuinka pitkään laaditte tutkimussuunnitelmaa?	10	0	0	0	10
Kuinka kauan teillä on ollut käytössä menetelmän laatujärjestelmä?	3	2	3	2	10
Kuinka kauan nykyiset toimintatavat ovat olleet käytössä?	3	2	5	0	10
Kuinka kauan nykyiset laitteet ovat olleet käytössä?	2	3	5	0	10
Kuinka kauan olette parantaneet vanhoja menetelmiä vastaamaan nykypäivän tarpeita?	2	3	3	1	9

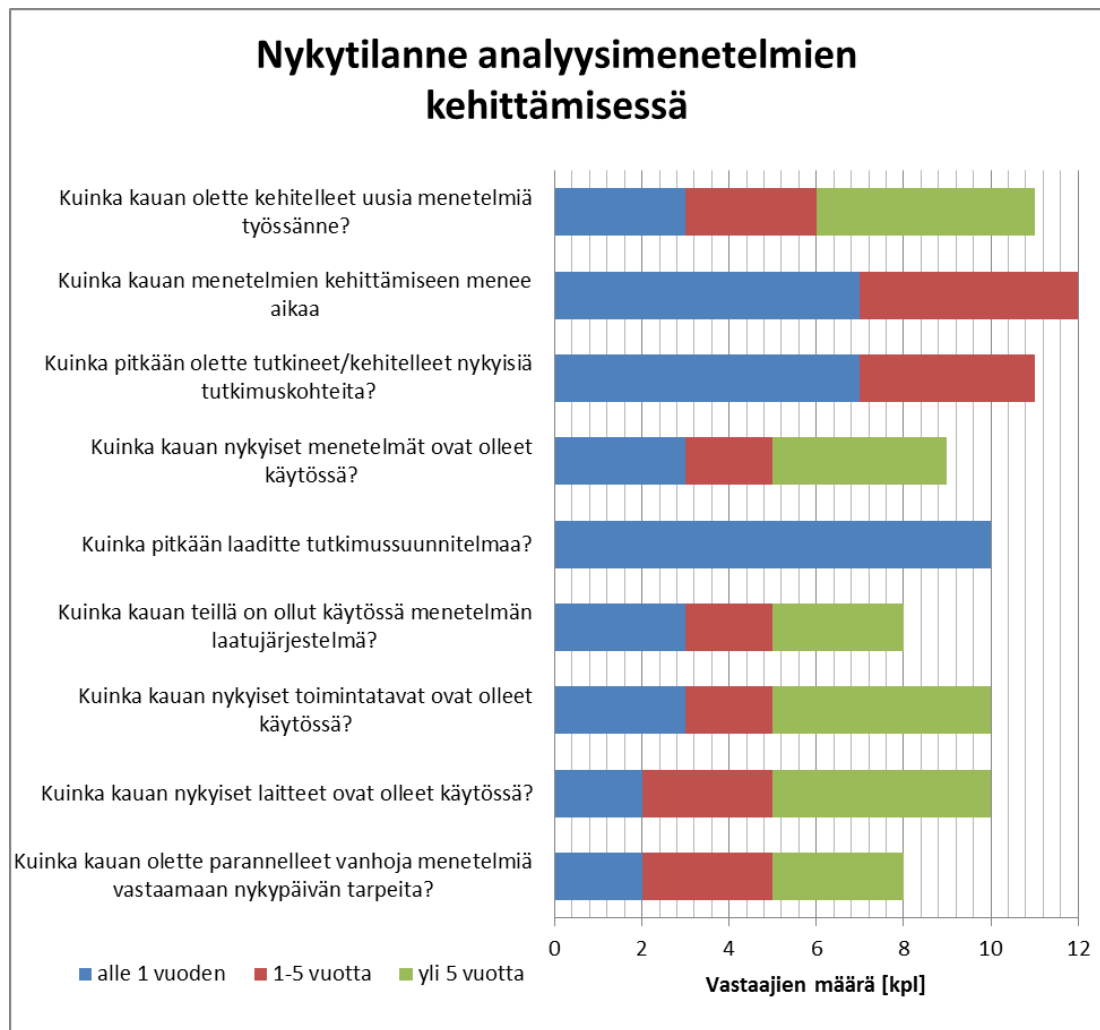
**Ilmoittakaa tässä tutkimuskohteenne nimi, tapa ja laite. Mikäli teillä on useita tutkimuskohteita, voitte tässä kertoa myös näistä toisista kohteista sekä siitä, jos teillä on yhteistyöprojekteja muiden tahojen kanssa ja kuinka kauan olette yhteistyötä tehneet.**

Vastaajien määrä: 9

- Ftalaattien määrittäminen PVC- ja kumituotteista, uutto/liuotus ja HPLC
- Pienten alkuainepitoisuuksien määrittäminen vahvoista suolaliuoksista, liuotus/mikrohajotus, ICP-MS
- Rikkihaposta tehtävät analyysit, ICP-AES
- Ketek tekee IC ja ICP-MS kehitystyötä
- XRF analyysimenetelmän kehittäminen
- Epäorgaaninen hiili, titraus, titraus suoritetaan potentiometrisellä titraattorilla.
- Kromispesiesten erottaminen ja tunnistaminen ic-icp-ms-menetelmällä sekä jätteen kaatopaikkakelpoisuuden määrittely ravistelutestein.
- orgaaniset epäpuhtaudet HPLC:llä

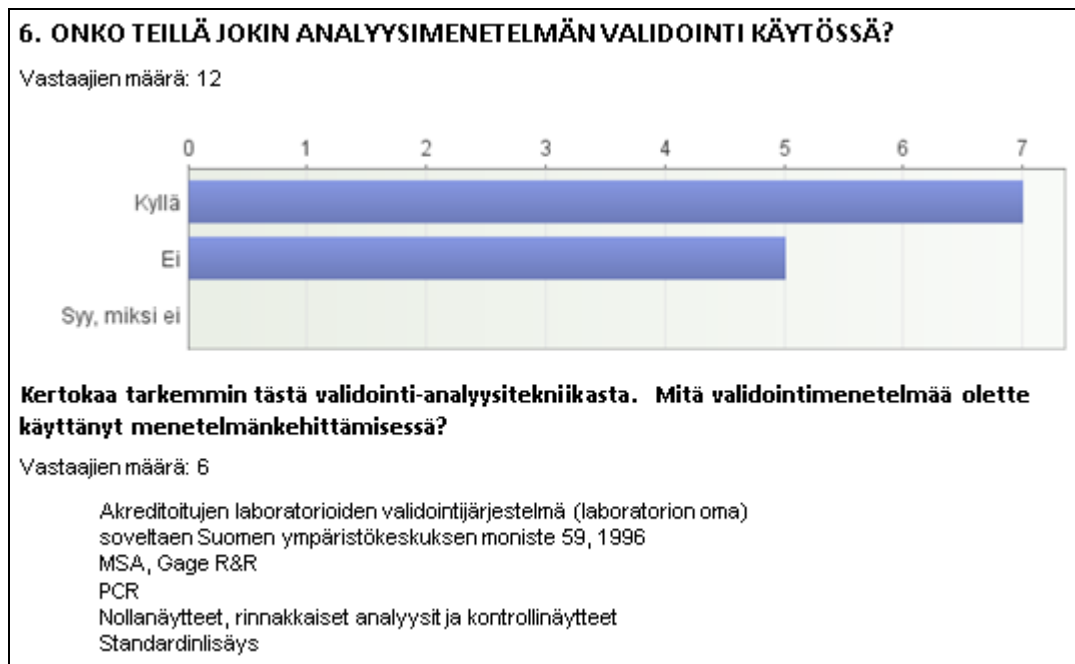
**KUVIO 18 Monivalintakysymyksiä tietyn tutkimuskohteen osalta**

Edellä olevista tuloksista laadittiin graafinen esitys (KUVIO 19). Siitä on nähtävissä helposti vastaajien määrä kunkin valittavan aikavaihtoehdon mukaan jokaisen esitetyn kysymyksen kohdalla. Tähän kysymysosaan yksi tutkija kahdestatoista vastaajasta ei ollut antanut vastauksia lainkaan.



KUVIO 19 Nykytilanne tietyn tutkimuskohteen osalta

Osion II viimeisessä kysymyksessä (KUVIO 20) kahdestatoista vastaajasta seitsemän ilmoitti, että he käyttävät työssään jotakin validointimenetelmää. Validoinnin analyysitekniikkana vastaajat käyttivät nollanäytteitä, rinnakkaisanalyysijä sekä kontrollinäytteitä. Menetelmänkehittämisessä validointina on käytössä muun muassa MSA, PCR, Suomen Ympäristökeskuksen monisteita sekä akkreditoitujen laboratorioiden validointijärjestelmiä. Kaikki vastaajat eivät kuitenkaan ilmoittaneet, mitä validointimenetelmää heillä on työssään käytössä. Vastaajista viisi vastasi, ettei käytössä ole lainkaan analyysimenetelmän validointia.



KUVIO 20 Vastaajien käytössä olevat validointimenetelmät

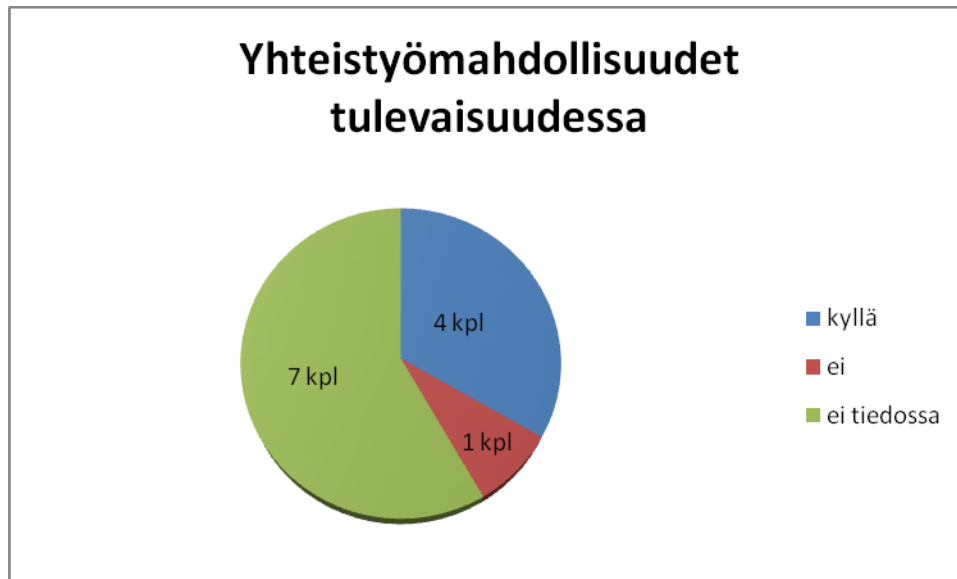
### 5.3.3 Osio III: Vastaajien tulevaisuuden näkymät

Kyselylomakkeen viimeisessä osiossa (Osio III), kysymykset kohdistuivat yritysten ja julkisten organisaatioiden tulevaisuuteen. Kysymykseen tutkijoiden lähitulevaisuuden suunnitelmista (KUVIO 21) seitsemän vastasi, ettei heillä ole tiedossa yhteistyömahdollisuuksien toteuttamisista. Vastaajista 4 ilmoitti myöntävästi ja yksi kieltävästi menetelmänkehittämisen toteuttamismahdollisuuksiin muiden yritysten ja julkisten organisaatioiden kanssa.



KUVIO 21 Vastaajien suunnitteilla olevat yhteistyöt muiden tahojen kanssa

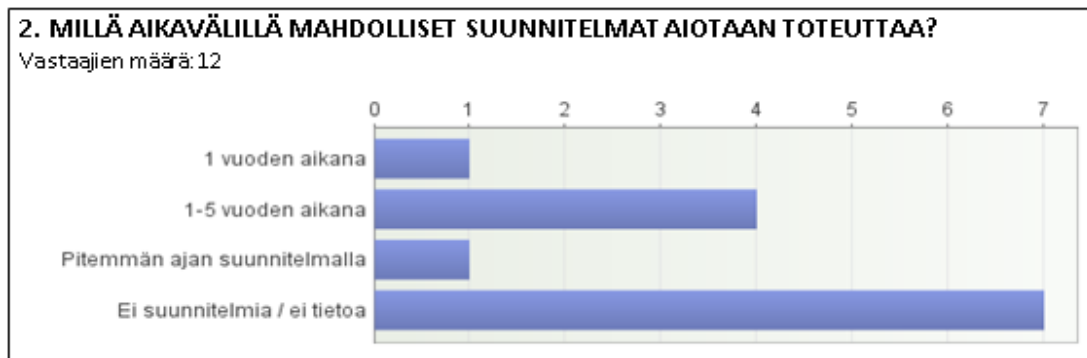
Kun yritysten ja julkisten organisaatioiden yhteistyömahdollisuuksia havainnollistetaan osuuskaaviona (KUVIO 22), voidaan vastauksia havainnollistaa selkeämmin. Vastauksissa on nähtävissä, että suurimmalla osalla vastaajista ei ole tietoa yhteistyömahdollisuuksista muiden tahojen kanssa. Menetelmänkehittämistä olisikin hyvä tulevaisuudessa lisätä, mikäli tämän kyselytutkimuksen pohjalta halutaan tutkijoiden ryhtyvän yhteistyöhön toistensa kanssa esimerkiksi laajan asiantutijaverkoston muodostamiseksi.



KUVIO 22 Yritysten yhteiset tulevaisuudensuunnitelmat

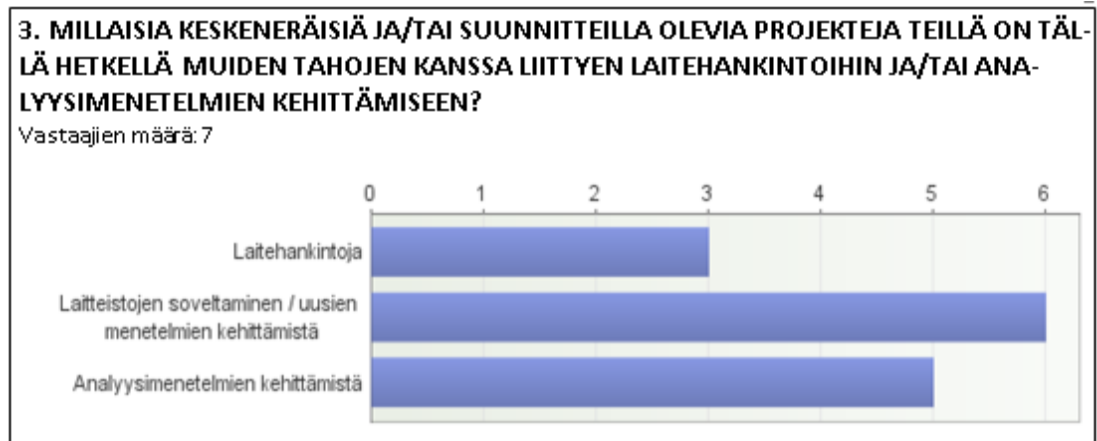
Kysymykseen mahdollisten suunnitelmien toteuttamisen aikavälistä (KUVIO 23) saadaan kaikilta kyselyyn osallistuneilta vastaukset. Vastausvaihtoehdoiksi oli annettu yhdestä vuodesta viiteen vuoteen tai pitemmän aikavälin toteutussuunnitelma. Tähän kysymykseen joku vastanneista oli antanut useamman vastausvaihtoehdon, mikä hieman vääristää haluttua tietoa siitä, millä aikavälillä vastaajat toteuttavat suunnitelmiaan. Ne vastaajat, jotka ilmoittivat suunnittelevansa yhteistyötä muiden tahojen kanssa, vastasivat toteuttavansa suunnitelmat mahdollisesti yhden vuoden, 15 vuoden aikana tai pitemmän ajan suunnitelmalla. Kieltävästi vastanneet eivät tieneet tulevaisuuden yhteistyömahdollisuuksista. Vastauksissa oli myös hieman ristiriitaisuutta siinä, että jotku vastaajista ilmoittivat ensin kieltävästi yhteistyöhön muiden tahojen kanssa (KUVIO 21), mutta ilmoitti kuitenkin tässä kysymyksessä (KUVIO 23) toteuttavansa suunnitelmat tietyn ajanjakson aikana. Näiden kahden kysymyksen kohdealla olisi vastaajia pitänyt ohjeistaa selkeämmin näiden kahden kysymyksen yhteydestä. Toisaalta suunnitelmat voivat olla

yritysten sisäisiä, eivätkä ne koske millään lailla suunniteltuja projekteja muiden tahojen kanssa.



KUVIO 23 Yhteistyösuunnitelmat muiden tahojen kanssa tietyllä aikavälillä

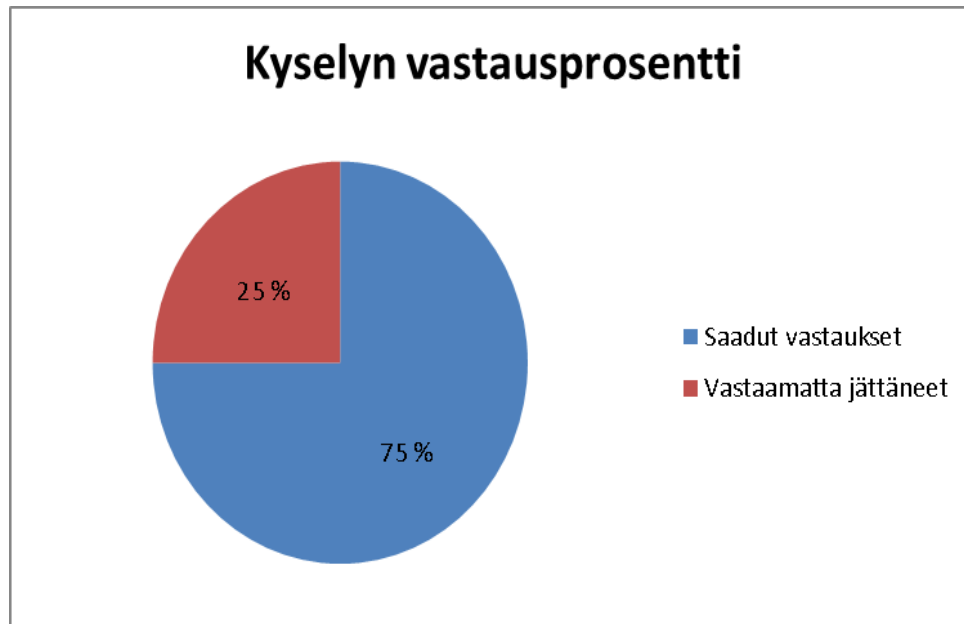
Kyselyn viimeinen kysymys koski yritysten ja julkisten organisaatioiden keskeneräisiä ja meneillään olevia projekteja muiden tahojen kanssa. Tähän kysymykseen ainoastaan 7 vastaajaa oli antanut vastauksen ja valinnut useamman vaihtoehdon. Vaihtoehdot olivat laitehankinnat, laitteistojen soveltaminen/uusien menetelmien kehittäminen ja analyysimenetelmien kehittäminen. Vastaajista 6 oli valinnut vaihtoehdoista laitteistojen soveltamisen ja/tai uusien menetelmien kehittämisen keskeneräisten ja/tai suunnitteilla oleviksi projekteiksi. Myös analyysimenetelmien kehittäminen nousi yleiseksi vastausvaihtoehdoksi viidellä valinnalla. Laitehankintoja koskeva valinta oli tehty kolme kertaa (KUVIO 24). Koska tässä kysymyksessä vastaajat olivat antaneet useamman vastauksen, kysymyksen analysointia ei ole helppo suorittaa. Kuitenkin vastauksista nähdään, että laitteistojen soveltaminen ja uusien menetelmien kehittäminen nousee yleisimmäksi suunnitteilla olevaksi projektiksi kyselyyn osallistuneiden joukossa.



KUVIO 24. Vastaajien keskeneräiset projektit

#### 5.4 Kyselytutkimuksen johtopäätökset

Tässä opinnäytetyössä koottiin yhteen toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on helpottaa menetelmänkehittämistä. Selvityksen yhtenä tiedonkeruun menetelmänä oli tiedustella Kokkolan alueen teollisuuden ja julkisten organisaatioiden tutkijoilta menetelmänkehittämisen kohteista ja tekotavoista laaditun kyselylomakkeen avulla. Lisäksi haluttiin tietää, mitä suunnitelmia heillä on kehitettäessä uusia menetelmiä. Kysely lähetettiin 16 tutkijalle eri yrityksissä ja julkisissa organisaatioissa, joista vastaukset saatiin 12 henkilöltä. Saatujen vastausten määrä on nähtävissä kuviossa 25. Luvut on muutettu prosenteiksi, jotta saatiin selville vastausten suhteellinen osuus lähetettyihin kyselyihin.



KUVIO 25 Kyselyyn saatujen vastausten prosentuaalinen määrä

Tämän opinnäytetyön aikana kyselyitä jouduttiin laatimaan kaksi, koska ensimmäiseen lähetettyyn kyselyyn ei saatu riittävästi vastauksia. Ensimmäisen kyselyn rakennetta mietittäessä ajateltiin, että kirjallisesti vastattaviin kysymyksiin saataisiin yksityiskohtaisia ja informatiivisia vastauksia. Kyselylomakkeen lähettämisen jälkeen saatiin tietoon vastaajien palautetta koskien kyselyä ja sen pituutta. Tämä oli syy, miksi laadittuun kyselyyn ei saatu vastauksia. Koska vastauksia ei saatu riittävästi, laadittiin uusi kysely, jonka kysymykset olivat monivalintaisia. Kysymyksiä oli vähemmän, ja valinnan pystyi tekemään oman senhetkisen tilanteen mukaan. Uuden kyselyn lyhyiden ja monivalintaisen mahdollisuuden takia vastaajien määrä moninkertaistui. Tähän saattoi vaikuttaa myös se, että heitä kehoitettiin vastaamaan kyselyyn useilla pyyntökirjeillä sähköpostin välityksellä. Tutkimuksen johtopäätökset tehtiin tämän viimeisen laaditun kyselyn vastauksista.

Tutkimuksen johtopäätöksenä voidaan pitää sitä, että Kokkolan teollisuudessa ja sen prosesseissa tehdään erilaisia tutkimuksia tuotantotavan ja laadun parantamiseksi. Kyselyn analysoinnissa huomiota herätti se, että vaikka vastaajia oli yhteensä 12, oli osa vastaajista jättänyt vastaamatta joihinkin esitetyistä kysymyksistä. Vaikka kyselyssä oli tarkoitus saada yksi vastaus kuhunkin kohtaan, oli joihinkin kysymyksiin kuitenkin valittu useampi vaihtoehto. Tämän takia ei voida antaa yhtä tiettyä johtopäätöstä tietyn kysymyksen perusteella, vaan vastauksia on tarkasteltava kokonaisuutena.

Haluttaessa saada selville yksityiskohtaisempaa tietoa yritysten ja julkisten organisaatioiden tutkimuksista, tulisi niiden tutkijat saada vastaamaan laajempiin kysymyksiin. Tutkijoilla ei kuitenkaan tuntunut olevan aikaa tai halua osallistua tämänkaltaiseen tutkimukseen. Lyhyempiin ja monivalintaisiin kysymyksiin saatiin suurempi vastausmäärä. Vastauksen määrää saatiin kasvatettua sitä paremmaksi, mitä useampi pyyntökerta tehtiin. Tosin joukossa oli myös henkilöitä, jotka ottivat osaa kyselyyn jo ensimmäisen lähetetyn viestin jälkeen.

Osion II kysymyksessä, jossa vastaajilta kysyttiin eri kysymyksiä yhden tutkimuskohteen osalta (KUVIO 18), olisi ehkä pitänyt olla myös vaihtoehtona laitteiden käyttöä yli 10 vuotta, koska laitehankinnat voivat olla joidenkin yritysten kohdalla ajankohtaisia laitteiden korkean iän tai huoltovaikeuksia takia. Lisäksi kaikilla yrityksillä ei välttämättä ole varaa tai tarvetta uusien laitteiden aina 5 vuoden välein.

Kyselytutkimuksen mukaan menetelmänkehittämiseen menee aikaa alle vuodesta 15 vuoteen. Tätä aikaväliä olisi voinut kaventaa, koska muita vastausvaihtoehtoja ei ollut valittu lainkaan. Jos uutta tutkimusta suunnitellaan, tulisi tämä aikaväli valita paremmin, kuten esimerkiksi 6 kuukautta, alle 1 vuosi, 12 vuotta, 25 vuotta ja yli 5 vuotta. Suurella todennäköisyydellä kukaan ei yritä kehittää mitään tutkimusta useampaa vuotta pitempään, sillä silloin vaihdettaisiin jo tutkimusmenetelmää tai todettaisiin, ettei kyseessä olevalle menetelmälle tällä hetkellä voida suunnitella parannuksia.

Kyselyn lopussa oli vastaajilla mahdollisuus antaa palautetta tai ideoita Menetelmähankkeen tietopankkia varten. Kukaan vastaajista ei kuitenkaan ollut vastannut tähän vapaaseen tilaan sanallakaan, joten ehdotetuista ideoista ei tässä opinnäytetyössä voida tältä osin tehdä johtopäätöksiä. Saatujen ideoiden avulla olisi voitu esimerkiksi laajentaa kysymysten tarkkuutta, saada lisätietoja menetelmien ja analyysien kehittämisestä tai jopa saada lisää ehdotettavia henkilöitä kyselyn vastaajiksi laajemman tiedonsaannin parantamiseksi.



## 6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa tiedonhankintaa menetelmänkehittämisestä Teknologiakeskus KETEK Oy:n koordinoimaan Menetelmä-hankkeeseen. Työssä selvitettiin kyselytutkimuksen avulla, millaista analyysien tutkimusta ja menetelmänkehittämistä Kokkolan kemianteollisuudessa tehdään. Saatuja tietoja tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään koottaessa alueen tutkijoiden käyttöön sähköistä kirjastoa erilaisten analyysien tutkimusmenetelmistä. Hankkeen tarkoituksena on samalla pyrkiä vahvistamaan alueellista asiantuntijuutta ja lisätä kemiallisten menetelmien kehitysyhteistyötä.

Opinnäytetyö jakaantui kahteen osaan: teoriaosaan ja kyselytutkimukseen. Teoriaosa koostuu kirjallisuudesta hankitusta tiedosta. Siinä on koottu yhteen asioita, joiden avulla menetelmänkehitystä olisi helppo tehdä alkaen tiedonhankinnasta ja suunnittelusta aina menetelmän lopulliseen käyttöönottoon asti. Lisäksi työssä kerrotaan, miten kehitettyjen menetelmien laatu ja luotettavuus todetaan. Menetelmänkehittämistä on havainnollistettu menetelmänkehittämisen toimintamallilla. Kyselyn avulla tiedusteltiin erilaisten monivalintakysymysten avulla, miten menetelmänkehittämistä käytännössä tehdään. Työhön kootut asiat tulevat olemaan osana sähköistä käsikirjaa.

Teorian ja kirjallisuudesta etsityn tiedon saantia vaikeutti vähäisen suoran tiedon löytäminen. Tieto oli jakaantunut pieniin osuuksiin, eikä suoria viittauksia käsiteltävään aiheeseen ollut saatavissa. Alan kirjallisuus oli pääosin englanninkielistä, joten tekstin kääntäminen oli haasteellista. Suomenkielisen kirjallisuuden saanti oli helpompaa, mutta haluttu tieto oli upotettuna muun asian joukkoon, joten tiedon kokoamiseksi oli käytävä läpi useita teoksia.

Työn aikana huomasi, että aiheen ymmärtäminen kokonaisuutena oli vaikeaa. Toisinaan oli ongelmallista erottaa menetelmänkehittämisen vaiheita toisistaan ja sijoittaa ne loogiseen järjestykseen. Tämän helpottamiseksi piirrettiin kuvio 1 (s. 4), joka havainnollistaa jokaisen menetelmänkehityksen vaiheittain. Kuvion 1 numeroidut vaiheet on avattu tarkemmin vaiheittain luvussa 3.

Työn tutkimusosuus koostuu luodusta kyselystä. Lomakkeen luomiseksi suoritettiin kirjallisuudesta tiedonhankintaa siitä, millainen on hyvä kyselytutkimus ja mitä asioita tulee

ottaa huomioon. Lisäksi mietittiin, mitä asioita haluttiin saada tutkimuksella selville. Tiedonhankinta kohdistui siihen, millaista teollisuutta Kokkolan alueella on, keitä ovat vastaajat ja mitkä ovat heidän koulutustaustansa. Näistä kysymyksistä muodostuivat tutkimukseen laadittavat vastaajilta tiedusteltavat peruskysymykset. Lisäksi haluttiin tietää tutkijoiden työkokemus ja työtehtävien pituudet tietyn tutkimuksen parissa sekä heidän asemansa organisaatiossa.

Koska tämän työn tuloksia oli tarkoitus hyödyntää analyysimenetelmien sähköisen kirjaston laatimisessa, kyselyssä haluttiin selvittää myös eri tutkijoiden tekemien menetelmien kehittämisen tarve. Vastaajilta kysyttiin, miksi menetelmiä on ryhdytty kehittämään, mistä he ovat tietoa hankkineet sekä millaisia validointimenetelmiä heillä on käytössään. Kyselyyn luotiin lisäksi osio, jossa tiedusteltiin menetelmänkehittämiseen kuuluvan ajan kestoa, sitä mihin menetelmänkehitys kohdistuu ja onko yrityksillä tulevaisuudessa suunnitelmia uusien menetelmien kehittämisestä mahdollisesti myös muiden yritysten kanssa.

Kysely laadittiin avoimena kyselylomakkeena, johon vastaajia pyydettiin vastaamaan senhetkisten tutkimuskohteiden osalta. Lomake kuitenkin osoittautui vastaajien mielestä liian pitkäksi, jolloin myöskään vastauksia ei juuri saatu. Tämä johti toisen lomakkeen laadintaan, ja tässä jouduttiin kysymyksiä miettimään uudelleen. Kysymysten esitysmuotoa päätettiin muokata niin, että vastaajien ei tarvitse esittää pitkiä selvityksiä, vaan he voisivat valita sen vaihtoehdon, joka kohdistuu parhaiten heihin itseensä ja yrityksissä meneillä oleviin projekteihin. Vastaajiksi valittuja henkilöitä myös muistutettiin kyselytutkimuksesta useampia kertoja kuin aikaisemman kyselyn aikana. Tämä saattoi osin vaikuttaa siihen, että tutkimukseen saatiin useampi vastaus kuin ensimmäisen kyselyn kohdalla. Myös nopeammasta vastaamistavasta saattoi olla apua vastausten saamisessa.

Laaditun kyselyn tulokset on käsitelty erikseen luvussa 5.4. Yhteenvedona voidaan kuitenkin sanoa, että menetelmänkehitys kohdistuu Kokkolan alueella pääasiassa uusien menetelmien kehittämiseen, ja että tavallisiin kehittämiseen käytetty aika on yhdestä viiteen vuotta. Tätä tulosta olisi voitu kyselyssä kuitenkin tarkentaa, mikäli aikaskaalausta olisi pienennetty. Kyselyn perusteella tutkijat työskentelevät enimmäkseen tutkimus- ja kehityksyksiköissä ja tutkijat ovat pääosin yliopiston tai ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon suorittaneita, joilla on alalta yli 10 vuoden työkokemus. Menetelmänkehityksen lähtökohdat olivat tutkimuksessa saatujen vastausten perusteella jakaantuneet tasaisemmin. Huo-

miota herätti erityisesti se, ettei menetelmänkehityksen syyksi mainittu muuttuneita standardeja. Tästä voidaan päätellä, että voimassa olevat standardit eivät muutu pitkän ajan kuluessa ja käytössä ovat yleisesti tunnetut menetelmät. Nämä standardit luultavasti ovat avainasemassa suunniteltaessa uusia menetelmiä yhdessä asiantuntijaverkostojen kanssa. Tutkimus ja kehitys kohdistuvat vastaajien mukaan suurimmaksi osaksi jo olemassa olevien menetelmien kehittämiseen.

Menetelmä-hankkeen sekä tämä opinnäytetyö ja siihen kerätyn tiedon avulla voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa saada Kokkolan alueen tutkijoiden välille yhteistyötä, jakaa menetelmänkehittämisestä aiheutuvia kustannuksia ja tutkimuksissa tarvittavia laitteita ja/tai tiloja sekä lisätä tiedonkulkua luotavan menetelmäkirjaston kautta. Tutkimuksen kehittämistä voidaan nopeuttaa helpommin saatavan olevan tiedon avulla.

Tässä opinnäytetyössä hankalalta tuntui eri tietolähteistä koottujen asioiden yhdistäminen sujuvaksi tekstiksi tietyn menetelmänkehittämisen vaiheen alle oikeassa järjestyksessä aihealueittain välttämättä kuitenkin turhia toistoja. Ohjaajani joutuivat useaan kertaan painottamaan asioiden oikeaa jaottelua. Olen suuresti kiitollinen heidän kärsivällisestä ohjauksestaan ja kannustavasta opastuksestaan tämän työn kokoamisessa ja loppuun saattamisessa. Työ on vaatinut enemmän aikaa ja paneutumista kuin koulutusohjelmaan oli opinnäytetyön tekoon ilmoitettu. Tämän takia työn valmistuminen venyi turhan pitkäksi. Lopuksi haluan kiittää myös kaikkia kyselyyn osallistuneita vastaajia.

## LÄHTEET

ACS 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content>. Luettu: 5.12.2012.

Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H., & Pohjakallio, M. 2005. Tekniikan kemia. 7.-8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Bimberg, T. 2010. Kvantitatiivisen VOC-menetelmän testaus GC-MS-laitteistolla. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Laboratorioalan koulutusohjelman opinnäytetyö. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22656/Bimberg\\_Tommi.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22656/Bimberg_Tommi.pdf?sequence=1). Luettu: 26.11.2012.

Centria ammattikorkeakoulu 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://tki.centria.fi/Centria.aspx?id=2&p1=2&p2=2>, <http://tki.centria.fi/Centria.aspx?id=23&p1=23&p2=23>, <http://tki.centria.fi/Centria.aspx?id=358&p1=23&p2=358>, <http://www.haeennenkuin.fi/Haeammattikorkeakouluun.aspx?id=26&p1=21&p2=24&menu=1>. Luettu: 13.9.2012.

Ehder, T. 2005. Kemian metrologian opas. J6/2005. Helsinki: Mittatekniikan keskus.

Ehder, T. 2006. Kvalitatiivisen kemian metrologian opas orgaanisten yhdisteiden tunnistukseen. J5/2006. Helsinki: Mittatekniikan keskus.

Heikkilä, T. 1999. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita.

ISO/IEC 17025 koulutus 2012. Luentomateriaali. Testaus- ja kalibrointiprosessi. Menetelmien valinta ja validointi, mittausepävarmuus ja näytteenotto.

Jaarinen, S. & Niiranen, J. 2008. Laboratorion analyysitekniikka. 5.-6. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Järvelä-Stölting, M. 2012. Alendronaatin määrittäminen korkean erotuskyvyn nestekromatografialla – Menetelmän kehittäminen ja validointi. Tampereen ammattikorkeakoulu, Laboratorioalan koulutusohjelma, opinnäytetyö. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46750/Jarvela-Stolting\\_Mirva.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46750/Jarvela-Stolting_Mirva.pdf?sequence=1). Luettu: 26.11.2012

KETEK 2005. Keski-Pohjanmaan Teknologikeskus KETEK Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ketek.fi/page.php> ja [http://www.ketek.fi/page.php?page\\_id=49](http://www.ketek.fi/page.php?page_id=49). Luettu: 24.8.2012.

Lehtonen, P. O. & Sihvonen, M-L. 2004. Laboratorioalan analyttinen kemia. Helsinki: Edita Prima Oy.

Metla, Metsäntutkimuslaitos 12/2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metla.fi/ka/index.htm>. Luettu: 27.3.2013.

Metla Kannuksen yksikkö, Metsäntutkimuslaitos. 14.08.2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metla.fi/ka/>. Luettu: 27.3.2013.

Oikeusministeriö. Sähköinen lainsäädäntö-aineisto. Www-dokumentti. Saatavissa [Www.finlex.fi](http://www.finlex.fi). Luettu: 21.1.2013

Peltokoski, B. 2008. Useiden lääkeaineiden kvantitatiivinen määrittäminen verestä GC/EI-MS:llä – Menetelmän kehittäminen ja validointi.. Metropolia ammattikorkeakoulu, Laboratorioala kemiallinen analytiikka, opinnäytetyö. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1244/Useiden.pdf?sequence=1>. Luettu: 26.11.2012.

Saarinen, H. & Lajunen L.H.J., 2004. Analyttisen kemian perusteet. 4. painos. Oulu: Oulun Yliopistopaino.

SFS standardi SFS-EN ISO/IEC 17025. Suomen standardoimisliitto Ry. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/>. Luettu: 11.1.2013.

Stoker, H. S, 2011. Introduction to chemical principles. 10. painos. United States.

Suomen standardoimisliitto Ry. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/>. Luettu: 3.12.2012.

Suomen Ympäristökeskus, 2006. Sisäinen laadunohjaus. Käsikirja kemian laboratorioille. Helsinki: Edita Prima

Suomi, J. 2009. Kemiällisen näytteen esikäsittely. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Suominen, R., 2006. FINAS –akkreditointipalvelu. Mittausten luotettavuuden arviointi. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.mikes.fi/documents/upload/luotettavuutta\\_paastokauppaan\\_mittausten\\_luotettavuuden.pdf](http://www.mikes.fi/documents/upload/luotettavuutta_paastokauppaan_mittausten_luotettavuuden.pdf). Luettu: 30.01.2013.

Vaitomaa, N. 2011. StaRRsed Autocompact-laskoanalysaattorin validointi. Turun ammattikorkeakoulu, Bioanalytiikan koulutusohjelman opinnäytetyö. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29120/niina\\_vaitomaa.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29120/niina_vaitomaa.pdf?sequence=1). Luettu: 26.11.2012.

Virtanen, K. 2011. Sokeritautilääkkeen kvantitatiivisen bioanalytiikan kehittäminen ja analyysimenetelmän validointi. Turun ammattikorkeakoulu, Laboratorioalan opinnäytetyö. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31074/KVopinnaytetyo\\_finalish.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31074/KVopinnaytetyo_finalish.pdf?sequence=1). Luettu: 26.11.2012.

Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2007. Tutkiva toiminta ja ilmaisu. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464114103/1194104861206/1194105197045.html>. Luettu: 31.1.2013.

VTT, Valtion tieteellinen tutkimuslaitos. 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: [www.vtt.fi](http://www.vtt.fi).  
Luettu: 3.12.2012.

Yliopistokeskus Chydenius. Www-dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.chydenius.fi/esittely/yliopistokeskus>,  
<http://www.chydenius.fi/esittely/yliopistokeskus/yliopistokeskukset>,  
<http://www.chydenius.fi/esittely/yksikot/soveltava-kemia>.  
Luettu: 4.12.2012.

## Menetelmä-hanke

Toivon Teidän vastaavan tähän Kyselyyn, jotta saan mahdollisimman kattavasti tietoa erilaisista menetelmän kehittämisen toimintamalleista. Vastausten perusteella luodaan Menetelmä-hankkeen sähköistä käsikirja, joka julkaistaan Web-portaalissa, Analyysimenetelmien kehittämisen malli. Vastauksenne ovat tärkeitä!

### I) TAUSTATIEDOT

Seuraavat kysymykset koskevat yrityksenne toimialaa, omaa työkokemustanne ja koulutus pohjaanne

#### 1. MILLE TOIMIALASEKTORILLE KUULUTTE?

##### A) Teollinen sektori

- Kemianteollisuus
- Metsäteollisuus
- Metall- ja konepajateollisuus
- Veneteollisuus
- Tekstiiliteollisuus
- Elintarviketeollisuus
- Muovi- ja pakkausteollisuus
- Energia- ja ympäristöteollisuus
- Elektroniikka- ja sähkötekniinen teollisuus
- Rakennusteollisuus
- Jokin muu

Mikä? \_\_\_\_\_

Vai

##### B) Julkinen sektori

- Koulutusorganisaatio
- T&K yksikkö
- Jokin muu

Mikä? \_\_\_\_\_

#### 2. MIKÄ ON ASEMANNE ORGANISAATIOSSANNE?

- Johto
- Suunnittelu
- Projektinhoito
- Laadunvalvonta
- Tutkimus- ja tuotekehitys
- Kunnossapito
- Tuotanto
- Jokin muu

Mikä? \_\_\_\_\_

#### 3. MIKÄ ON KOULUTUSTAUSTANNE?

- Peruskoulu
- Ammatillinen koulutus (2.aste)
- Teknikko
- Yliopisto alempi tutkinto / Insinööri AMK / Insinööri
- Yliopisto ylempi / ylempi AMK tutkinto

#### 4. KUINKA KAUAN OLETTE OLLEET NYKYISESSÄ TYÖTEHTÄVÄSSÄNNE?

- Alle 5 vuotta
- 5 -10 vuotta
- Yli 10 vuotta

## 5. KUINKA KAUAN OLETTE OLLEET ALALLA?

- Alle 5 vuotta
- 5 -10 vuotta
- Yli 10 vuotta

**II) MENETELMIEN KEHITTÄMISEN TARVE**

Tämän osion kysymyksissä keskitytään nykyisin käytössänne oleviin analyysimenetelmiin ja -laitteisiin sekä niihin liittyviin menetelmänkehittämistarpeisiin

## 1. MISTÄ NYKYISET MENEILLÄÄN OLEVAT MENETELMÄNKEHITTÄMISET TYÖSSÄNNE OVAT LÄHTEET LIIKKEELLE?

- Laadunseuranta
- Laki- ja asetussäännöksistä,
- EU-direktiiveistä
- Taloudellisista syistä
- Laadunseurannasta
- Prosessin seurannasta
- Asiakkaan vaatimuksesta
- Muuttuneista standardeista ja/tai käytänteistä
- Jokin muu, mikä?

Mikä? \_\_\_\_\_

## 2. MITÄ TIEDONHANKINTATAPOJA ON KÄYTETTY APUNA MENETELMÄNKEHITTÄMISEN ESISELVITYKSESSÄ?

- Tietokantoja
- Asiantuntijaverkostoja
- Standardeja
- kirjallisuutta, artikkeleita yms.
- Jotakin muuta

Mitä? \_\_\_\_\_

## 3. MITKÄ SEIKAT OVAT VAIKUTTANEET MENETELMÄNKEHITTÄMISEENNE?

- Jo olemassa olevien menetelmien kehittäminen
- Jo olemassa olevien laitteiden kehittäminen
- Muut syyt Mitkä? \_\_\_\_\_

## 4. MITÄ TIEDONHANKINTATAPOJA ON KÄYTETTY APUNA MENETELMÄNKEHITTÄMISTÄ VARTEN TARVITTAVIEN TILOJEN JA LAITTEIDEN SELVITYKSEEN?

- Tietopankkeja Mitä? \_\_\_\_\_
- Yhteistyötahoja, joista tieto saatiin Miten ja mitä? \_\_\_\_\_
- Ilmenikö tarve uusiin hankintoihin Mitä? \_\_\_\_\_



5. VALITKAA SEURAAVIEN KYSYMYSTEN KOHDALLA SE VAIHTOEHTO, JOKA KUVAAM PARHAITEN OMAA TILANNETTANNE TÄLLÄ HETKELLÄ YHDEN TUTKIMUSKOHTTEEN OSALTA.

	alle 1 vuoden	1-5 vuotta	yli 5 vuotta	Ei yhtään / ei mitään
Kuinka kauan olette kehitelleet uusia menetelmiä työssänne?				
Kuinka kauan menetelmien kehittämiseen menee aikaa?				
Kuinka pitkään olette tutkineet/kehittäneet nykyisiä tutkimuskohteita?				
Kuinka kauan nykyiset menetelmät ovat olleet käytössä?				
Kuinka pitkään laaditte tutkimussuunnitelmaa?				
Kuinka kauan teillä on ollut käytössä menetelmän laatujärjestelmä?				
Kuinka kauan nykyiset toimintatavat ovat olleet käytössä?				
Kuinka kauan nykyiset laitteet ovat olleet käytössä?				
Kuinka kauan olette parannelleet vanhoja menetelmiä vastaamaan nykypäivän tarpeita?				
Yhteensä				

Ilmoittakaa tässä tutkimuskohteenne nimi, tapa ja laite. Mikäli teillä on useita tutkimuskohteita, voitte tässä kertoa myös näistä toisista kohteista sekä siitä, jos teillä on yhteistyöprojekteja muiden tahojen kanssa ja kuinka kauan olette yhteistyötä tehneet.

---



---



---

6. ONKO TEILLÄ JOKIN ANALYYSIMENETELMÄN VALIDOINTI KÄYTÖSSÄ?

- Kyllä
  - Ei
- Syy miksi ei? \_\_\_\_\_

Kertokaa tarkemmin tästä validointi-analysiteknikasta. Mitä validointimenetelmää olette käyttänyt menetelmänkehittämisessä?

---



---



---

**III) MENETELMÄN KEHITYSYHTEISTYÖ JA TULEVAISUUS**

Tämän osion kysymyksissä keskitytään tulevaisuudensuunnitelmiinne analyysimenetelmiin kehittämisessä tai laitehankinnoissa.

**1. ONKO TEILLÄ LÄHITULEVAISUUDESSA SUUNNITELMIA TOTEUTTAA MENETELMÄNKEHITTÄMISTÄ YHTEISTYÖSSÄ MUIDEN TAHOJEN KANSSA?**

- Kyllä
- Ei
- Ei tiedossa

**2. MILLÄ AIKAVÄLILLÄ MAHDOLLISET SUUNNITELMAT AIOTAAN TOTEUTTAA?**

- 1 vuoden aikana
- 1-5 vuoden aikana
- Pitemmän ajan suunnitelmalla
- Ei suunnitelmia / ei tietoa

**3. MILLAISIA KESKENERÄISIÄ JA/TAI SUUNNITTEILLA OLEVIA PROJEKTEJA TEILLÄ ON TÄLLÄ HETKELLÄ MUIDEN TAHOJEN KANSSA LIITTYEN LAITEHANKINTOIHIN JA/TAI ANALYYSIMENETELMIEN KEHITTÄMISEEN?**

- Laitehankintoja
- Laitteistojen soveltaminen / uusien menetelmien kehittämistä
- Analyysimenetelmien kehittämistä

**IV) VAPAA SANA**

Onko teillä muuta, mitä haluaisitte tuoda esille menetelmän kehittämisestä? (Toiveita tai ideoita?)

---

---

---

KIITOS vastauksestanne!

## **Eräitä tutkimuksia tekeviä laboratorioita ja laitoksia**

### **ACS ja SciFinder**

Maailmasta löytyy useita eri yrityksiä, jotka tarjoavat laboratorioalan palveluita. American Chemical Society (ACS) on yhdysvaltalainen www-sivusto, jossa on linkkejä tutkijoihin, heidän tutkimuksiinsa, erilaisiin yhdistenumeroiteihin ja tunnuksiin. Lisäksi sivujen kautta pääsee SciFinder-nimiselle sivustolle, joka on itsenäinen järjestö, joka edustaa ammattihenkilöitä kaikilla tutkintotasoilla ja kaikilla kemian ja tieteiden aloilla. (ACS 2012.)

### **Centria ammattikorkeakoulu**

Kokkolan alueella toimivat koulutuskeskukset tuottavat omassa laboratoriossaan tutkimuksia.

Kesän 2012 aikana nimensä vaihtanut Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu eli Centria ammattikorkeakoulu kouluttaa mm. kemianteekniikan insinöörejä alan eri tehtäviin. Ammattikorkeakoulun eräs tavoite on Kokkolan alueen kehittäminen yhdessä elinkeino- ja työelämän organisaatioiden kanssa. Koulun omissa laboratorioissa voidaan suorittaa erilaisia mittauksia ja testauksia tutkimus- ja kehityshankkeiden niin yksittäisiin kuin laajempiinkin hankkeisiin. Esimerkiksi kemianteekniikan koulutusohjelmassa opiskelijat saavat mahdollisuuden opintojen aikana tehdä käytännön tutkimuksia koulun omissa tiloissa, joissa on mahdollista toteuttaa erilaisia kemian analytiikkaan liittyviä töitä osana opintoja. Valmistuvat opiskelijat voivat työllistyä esim. peruskemikaalien tuotantoon, paperi- ja selluteollisuuteen, elintarviketuotantoon tai kaivosalalle. (Centria ammattikorkeakoulu 2012.)

### **Metla**

Metsäntutkimuslaitos Metla on organisaatio, joka kehittää metsän hoitoa, käyttöä ja tutkimusta. Se tuottaa tutkimus- ja asiantuntijapalveluita asiakaslähtöisesti. Sen toimialueena on koko Suomi neljässä eri toimintayksikössä. Metla toimii maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. Sen tehtävänä on tuottaa tutkimustuloksia metsien kehittämismahdollisuuksista ja edistää metsien kestävästä käytöstä määräämällä tutkimusohjelmilla sekä ryhmä- ja yksittäisillä hankkeilla. Tuotetut aineistopalvelut ovat laboratorio-, kenttä- ja aineistopalveluita sekä tutkimuksen kehittämispalveluita. (Metla 2012.)

Metlan viranomaispalveluihin kuuluvat metsien terveydentilan seuranta, tuhotietopalvelu, käytettävien kasvinsuojeluaineiden tehokkuuden käyttökelpoisuuden tarkastukset, metsien uudistumisen seuranta, jalostus ja geneettisesti monimuotoisuuden säilyttäminen, ajantasaisen metsätilaston ylläpito metsäsektorin toiminnasta sekä kasvihuonekaasujen laskenta ja raportointi ilmastopöytäkirjan mukaisesti. Lisäksi Metla käsittelee ja valvoo puutavaroita koskevaa lainsäädäntöä. (Metla 2012.)

Muun muassa Metlan Kannuksen yksikössä suoritetaan tutkimuksia, jotka kohdistuvat biomassan kasvatukseen, logistiikkaan ja talteenoton seurannaisvaikutuksiin. Sen toimintapiiriin kuuluvat myös metsien ravinnetalouden tutkimus, metsäsuunnittelun kehittäminen ja metsien vaikutukset kasvihuonekaasutaseisiin. Yksikön tehtävänä on lisäksi tutkia nuorten metsien ominaisuuksia ja metsähakkeen tuotantoa lämmön- ja sähköntuotannossa. Kannuksessa tarjotaan tilaus-, laboratorio- ja koulutuspalveluita asiakaslähtöisesti. (Metla Kannuksen yksikkö 2012.)

**Teknologiakeskus KETEK Oy**

Teknologiakeskus KETEK Oy tarjoaa erityisesti teollisuusyrityksille soveltuvia tutkimus- ja kehityspalveluita sekä materiaalien ja kemikaalien analyysi- ja testauspalveluita. Asiantuntemus painottuu erityisesti kemianteollisuuden, ympäristö- ja energiateknologian, vene- ja laserteknologian sekä materiaali- ja nanoteknologian sovellutuksiin.

KETEK tekee asiakkaille suoria toimeksiantoja ja esim. julkisrahoitteisia hankkeita, joissa on käytävissä laajoja kansainvälisiä verkostoja.

Tutkimus- ja kehitystoimintaa ja palveluita varten KETEKin käytössä on useita kemian ja materiaalitutkimuksen laboratorioita, joissa on monipuolinen ja laaja laitteistokanta. Tätä ympäristöä kehitetään alueen tarpeiden mukaan. KETEKin henkilöstö tiloineen ja laitteineen antaa hyvän pohjan tehdä töitä erilaisille tutkimusprojekteille, monimuotoisille ongelmanratkaisuille tuotekehityksessä, tuotannossa, menetelmänkehittämisessä, laadun seurannassa ja varmistuksessa. KETEKin toimipiste on Innogate-rakennuksessa Kokkolassa. (KETEK 2005.)

**VTT**

Valtion tieteellinen tutkimuslaitos VVT on tutkimuslaitos, joka tuottaa niin kehitys- kuin tutkimuspalveluita Suomen lisäksi kansainvälisesti. Sen toimintoihin kuuluu asiantuntemus ja tutkimusaineiston tuotto eri aloilla kuten kemian, bio- ja nanoteknologian sekä metsäteollisuuden, autoteollisuuden ja pakkasteollisuuden käyttöön. Lisäksi tutkimuksia tehdään lääketieteeseen, kone- ja logistiikkaan sekä energiaan liittyvissä asioissa. (VTT 2012.)

**Yliopistokeskus Chydenius**

Yliopistokeskus Chydenius on Kokkolassa toimiva koulutus ja tieteellistä tutkimusta tarjoava yksikkö, jonka toimintaa koordinoi Jyväskylän yliopisto. Sen tehtävän on edistää paikallisesti alueen taloudellista kasvua, kemianalan tutkimusta ja koulutusta. Yliopistokeskuksella tehdään tutkimuksia alueen kemianteollisuuteen erityisesti soveltavan kemian alalla. (Yliopistokeskus Chydenius 2012.)

**Linkkilistaus****ARTIKKELIHAKEMISTOT, TIETOKANNAT JA ASIANTUNTIJAVERKOSTOT:**

- ACS** American Chemical Society  
Sivusto sisältää tietoa tutkijoista, asiantuntijoista ja tehdyistä tutkimuksista sekä muita kemiaan liittyviä tieteellisiä tekstejä.  
Saatavissa: <http://pubs.acs.org/journal/jceda8>
- CAS** Chemical Abstracts Service  
Yhdysvaltalainen järjestö, joka kerää julkista aineistoa molekyyleistä, kemiallisista aineista ja yhdisteiden reaktioista. Sivuston ylläpitäjä on American Chemical Society  
Saatavissa <http://www.cas.org/>
- AOCS** The American Oil Chemists' Society  
Yhdysvaltalainen sivusto, joka sisältää tietoa laboratoriopalveluista ja menetelmistä sekä julkaisuja, jotka liittyvät öljyihin, rasvoihin ja pintamateriaaleihin. Yritys valmistaa myös vertailumateriaaleja.  
Saatavissa [www.aocs.org/](http://www.aocs.org/)

**Arto-viitetietokanta**

Suomalainen sähköinen artikkeleiden ja aikakauslehtien tallennuskirjasto, josta on saatavissa linkkejä ja artikkeliviitteitä lehdistä ja kokoomateoksista. Osa teksteistä vaatii kuitenkin käyttöluvan. Palvelua voivat selata kaikki niin harrastajat kuin eri alojen tutkijatkin. Tiedon tuottavat eri korkeakoulu-, maakunta- ja erikoiskirjastot.  
Saatavissa <http://www.kansalliskirjasto.fi/kirjastoala/linna/arto.html>

- BAM** Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung  
Saksalainen organisaatio, joka edistää kemiallista turvallisuutta ja tutkimusta. Yhteisöltä on mahdollista saada asiantuntija-apua erilaisiin tutkimuksiin.  
Saatavissa <http://www.bam.de>
- CGA** Compressed Gas Associations  
Yritys kehittää ja tutkii teknisiä tietoja, standardeja ja suosituksia turvallisen ja ympäristön kannalta vastuullisen teollisuuskaasujen käytöstä, valmistuksesta, varastoinnista, kuljetuksesta ja jakelusta.  
Saatavissa <http://www.cganet.com/>
- Colibri** Centria ammattikorkeakoulun kirjaston tieto- ja kirjastopalvelun aineistotietokanta.  
Saatavissa <https://colibri.amkit.fi/>  
Centria ammattikorkeakoulun koulutuskirjastosta pääsee katsomaan lisää aineistoa, jotka vaativat lisensoinnin (esim. SFS Standardit).  
Saatavissa <http://kirjasto.centria.fi/Kirjasto.aspx?id=181&p1=125&p2=168>
- CSB** U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board  
CSB on riippumaton virasto, joka tutkii kemiallisia onnettomuuksia (esim. teollisuuden öljyonnettomuudet, räjähdykset ja kemikaalivuodot).  
Saatavissa [www.csb.gov/](http://www.csb.gov/)

**KCL Keskuslaboratorio**

Tarjoaa asiantuntijapalveluita paperi- ja pakkausteollisuuden jalostuksessa ja tukee asiakkaitaan tuotteiden kehityksessä aina puun hakkeesta valmiisiin tuotteisiin. Palvelee myös mm. tutkimuslaitoksia, yliopistoja ja painatusyrityksiä erilaisin testauksin. Sen laboratorio tutkii mm. pinnoitevärejä.

Saatavissa: <http://www.kcl.fi/>

**Ekokem**

Suomalainen jätehuoltofirma.

Yritys on erikoistunut erilaisten kemikaalien ja haitallisten aineiden hävittämiseen.

Saatavissa [www.ekokem.fi](http://www.ekokem.fi)

**EPA**

United States Environmental Protection Agency

Amerikkalainen asiantuntijaorganisaatio, jonka tavoitteena on suojella ympäristöä ja ihmisten terveyttä.

Saatavissa <http://www.epa.gov/>

**Espacenet-patenttijulkaisutietokanta**

Maailmanlaajuinen patenttijulkaisutietokanta

Sivustoilla neuvotaan patentin hakua niin Suomesta kuin ulkomailta Tietokanta ohjeistaa keksintöjen julkaisussa. Sivustoilta on mahdollista löytää erilaisia patenteja monilta eri aloilta. Palvelu on maksuton.

Sivustolla kerrotaan tarkemmin perustietoja suomalaisista patenteista ja hyödyllisyysmalleista (PatInfo), kerrotaan perustiedot, suojavaatimukset (Hymanetti) ja Suomessa voimassa olevista Eurooppa-patenteista (FI-EP-tietokanta). Lisäksi löytyy julkaisupalvelu eurooppalaisista patenteista.

**EURACHEM**

Eurooppalainen järjestö, jonka tavoitteena on edistää kemiallisten mittausten jäljitettävyyttä ja laadunhallintaa.

Saatavissa [www.eurachem.ul.pt](http://www.eurachem.ul.pt)

**Kemia-lehti**

Kemian alan erikoislehti

Lehdessä on kirjoituksia erilaisista analyttisistä analyyseistä sekä laboratorioihin liittyviä artikkeleita. Lehden internetsivustot sisältävät linkkejä erilaisten kemianalan seurojen ja liittojen sivuille.

Saatavissa <http://www.kemia-lehti.fi/index.htm>

**Khan Academy**

Englanninkielinen sivusto, joka sisältää mm. videoita ja harjoittelutehtäviä eri tieteen aloilta.

Saatavissa <https://www.khanacademy.org/>

**LCSSs**

Laboratory Chemical Safety Summaries

Englanninkielistä kirjallisuutta laboratorio- ja kemikaalialalta.

Saatavissa [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=4911&page=235](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4911&page=235)

**Mikes**

Mittatekniikan keskuksen internet-sivut sisältävät suomenkielistä tietoa Finasin ja Metrologian toiminnasta sekä artikkeleita niiden tarjoamista palveluista ja koulutuksista. Sivuilta on saatavissa myös alan asiantuntijoiden yhteystietoja.

Saatavissa: [www.mikes.fi](http://www.mikes.fi)

**Melinda**

Eri kirjastojen yhteistietokanta.

Saatavissa <http://melinda.kansalliskirjasto.fi/>

Lisäksi Centria ammattikorkeakoulun koulutuskirjastosta pääsee katsomaan lisää aineistoa, jotka vaativat lisensoinnin (esim. SFS Standardit).

Saatavissa <http://kirjasto.centria.fi/Kirjasto.aspx?id=181&p1=125&p2=168>

- NIST** National Institute of Standards and Technology  
Yhdysvaltojen kansallinen metrologian laitos  
Saatavissa [www.nist.gov](http://www.nist.gov)
- OECD** Organization for Economic Cooperation and Development  
Pitää yllä hyvän laboratoriokäytännön ohjeistoa, ja valvoo Suomessa sosiaali- ja terveyshuollon tuotevalvontakeskuksen kautta ohjeistuksen toteuttamista
- SciFinder** Englanninkielinen internet-sivusto, joka sisältää tietoa mm. kemikaaleista, asiantuntijoita ja alan koulutuksista ja tapahtumista  
Saatavissa <https://www.cas.org/products/scifinder>
- STTV** Suomen sosiaali- ja terveyshuollon tuotevalvontakeskus  
STTV myöntää laboratorioille hyväksyntöjä, joissa tehdään ja tutkitaan kemiakaalien tai lääkkeiden turvallisuutta

### **Suomen Metsäyhdistys**

Suomen Metsäyhdistyksen ylläpitämä tietopalvelu.  
Sivustolla on tietoa metsiin ja puihin kohdistuvasta politiikasta, luonnonvaran käytöstä sekä ilmastonmuutoksesta. Sivustolla on myös linkit harrastajayhdistyksiin, metsäalan etujärjestöihin, teollisuuteen sekä esim. metsähallitukseen  
Saatavissa: <http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/Linkit?OpenView>

### **Suomen tieteen ja teknologian tietopalvelu**

Suomalainen tietopalvelu, josta saa Suomen tiedettä ja innovaatiotoimintaa kuvaavaa tietoa ja avaintilastoja. Palvelusta on saatavissa myös linkkejä syventävään taustatietoon, julkaisuja, asiakirjoja ja tietokantoja.  
Saatavissa <http://www.research.fi/>

- TEKEL** Suomen teknologiakeskusten liitto  
Suomalaisten teknologiakeskustoimijoiden valtakunnallinen yhteistyöverkosto, johon kuuluu 29 jäsentä yliopisto- ja korkeakoulukaupungeissa. TEKEL kehittää yhdessä yhteistyökumppaniensa kanssa kansainvälisesti vetovoimaisia innovaatioympäristöjä.  
Saatavissa <http://www.tekel.fi/>

- Tekes** Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus  
Suomalainen innovaatorahoittaja, joka rahoittaa erilaisia tutkimus-, kehitys- ja innovaatioprojekteja. Asiakkaita ovat erilaiset yritykset, yliopistot ja ammattikorkeakoulut sekä tutkimuslaitokset.  
Saatavissa [www.tekes.fi](http://www.tekes.fi)

### **Teknologiainfo Teknova Oy**

Teknologiатеollisuus ry:n omistama tiedon tuotteistaja  
Julkaisee mm. tiedotteita ja oppaita liikeidean kehittämiseen.  
Saatavissa: <http://www.teknologiainfo.net/>

- Tukes** Turvallisuus- ja kemikaalivirasto  
Viraston tehtävänä on valvoa ja edistää kemikaaliturvallisuutta sekä teknistä turvallisuutta ja vaatimustenmukaisuutta Suomessa. Viraston valvonta kohdistuu tuotteisiin, palveluihin ja tuotantojärjestelmiin.

## STANDARDIT

**ASTM**

American Society for Testing and Materials  
Maailmanlaajuinen standardointiorganisaatio.  
Saatavissa <http://www.astm.org/>

**ANSI**

American National Standards institute  
Amerikkalainen standardoimista edistävä organisaatio  
Saatavissa [www.ansi.org](http://www.ansi.org)

**SFS**

Suomen standardoimisliitto SFS  
SFS:n on voittoa tavoittelematon yhdistys, jonka standardit ovat luonteeltaan suositeltavia ja niiden kirjaimellinen noudattaminen on vapaaehtoista. SFS:n standardien mukaan tehtävät analyysit ovat yleensä eri viranomaisten käyttämiä.  
Liiton tietopalvelusta voi selvittää tarkemmat tiedot standardeihin liittyvistä asioista, kuten tietyn standardin soveltuvuudesta omaan käyttöön ja tutkittaviin analyyseihin.  
Suomen standardoimisliiton jäseninä ovat eri elinkeinoelämän järjestöt ja Suomen valtio.  
Saatavissa [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

**DIN**

Deutsches Institut für Normung  
Saksalainen standardoimisorganisaatio  
Saatavissa: <http://www.din.de/cmd?level=tpl-home&languageid=en>

**Lainsäädännöt ja asetukset Suomessa ja EU:ssa**

REACH-asetus. Saatavissa:  
<http://www.reachneuvonta.fi/Reach/reach.nsf/sp?Open&cid=asetus>

Jätelaki (646/2011)  
Terveysturvallisuuslaki (763/1994),  
Sosiaali- ja terveysministeriön asetus (1155/2011)  
Valtioneuvoston asetus (856/2012), (855/2012)  
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006

Työturvallisuudesta, kemikaalien käsittelystä ja varastoinnista löytyy lainsäädännöllistä tietoa sähköisessä muodossa niin [finlex.fi](http://finlex.fi)-sivuilta kuin Stukesin internetsivuilta.



## VERTAILUMATERIAALIEN VALMISTAJAT

- AOCS** The American Oil Chemists' Society  
Yhdysvaltalainen yritys, jonka internet-sivustot sisältävät tietoa laboratorio-  
palveluista ja menetelmistä sekä julkaisuja, jotka liittyvät öljyihin, rasvoihin ja  
pintamateriaaleihin. Yritys valmistaa myös vertailumateriaaleja.  
Saatavissa [www.aocs.org/](http://www.aocs.org/)
- IRMM (BCR)** Institute for Reference Materials and Measurements  
EU:ssa toimiva vertailumateriaalien ja mittausten tutkimuslaitos, joka antaa  
tieteellisten lausuntoja. Se tuottaa kansainvälisesti hyväksytyjä laadunvarmis-  
tuksen työkaluja, vertailuja ja koulutusta.  
Saatavissa <http://irmm.jrc.ec.europa.eu/>
- LGC** Laboratory of Government Chemistry  
Englantilainen vertailumateriaalien valmistaja
- LNE** Laboratoire National d'Essais  
Ranskalainen vertailumateriaalien valmistaja
- NIES** National Institute for Environmental Studies  
Japanilainen vertailumateriaalien valmistaja  
NIESin internetsivut sisältävät erilaisia tutkimuksia mm. ilmastosta, vedenlaa-  
dusta, mikrobeista ja jätehuollosta.  
saatavissa <http://www.nies.go.jp/gaiyo/index-e.html>
- NRC** National Research Council  
Kanadalainen vertailumateriaalien valmistaja.  
Kanadan hallituksen johtava tutkimusta ja kehitystä tekevä organisaatio, jonka  
tavoitteena on mm. teollisuuden tutkimus ja kehitys.
- NIES** National Institute for Environmental Studies  
Japanilainen vertailumateriaalien valmistaja.  
Sivustot sisältävät tietoa erilaisista tutkimuksista (mm. ilmastosta, vedenlaa-  
dusta, mikrobeista ja jätehuollosta).  
Saatavissa <http://www.nies.go.jp/gaiyo/index-e.html>