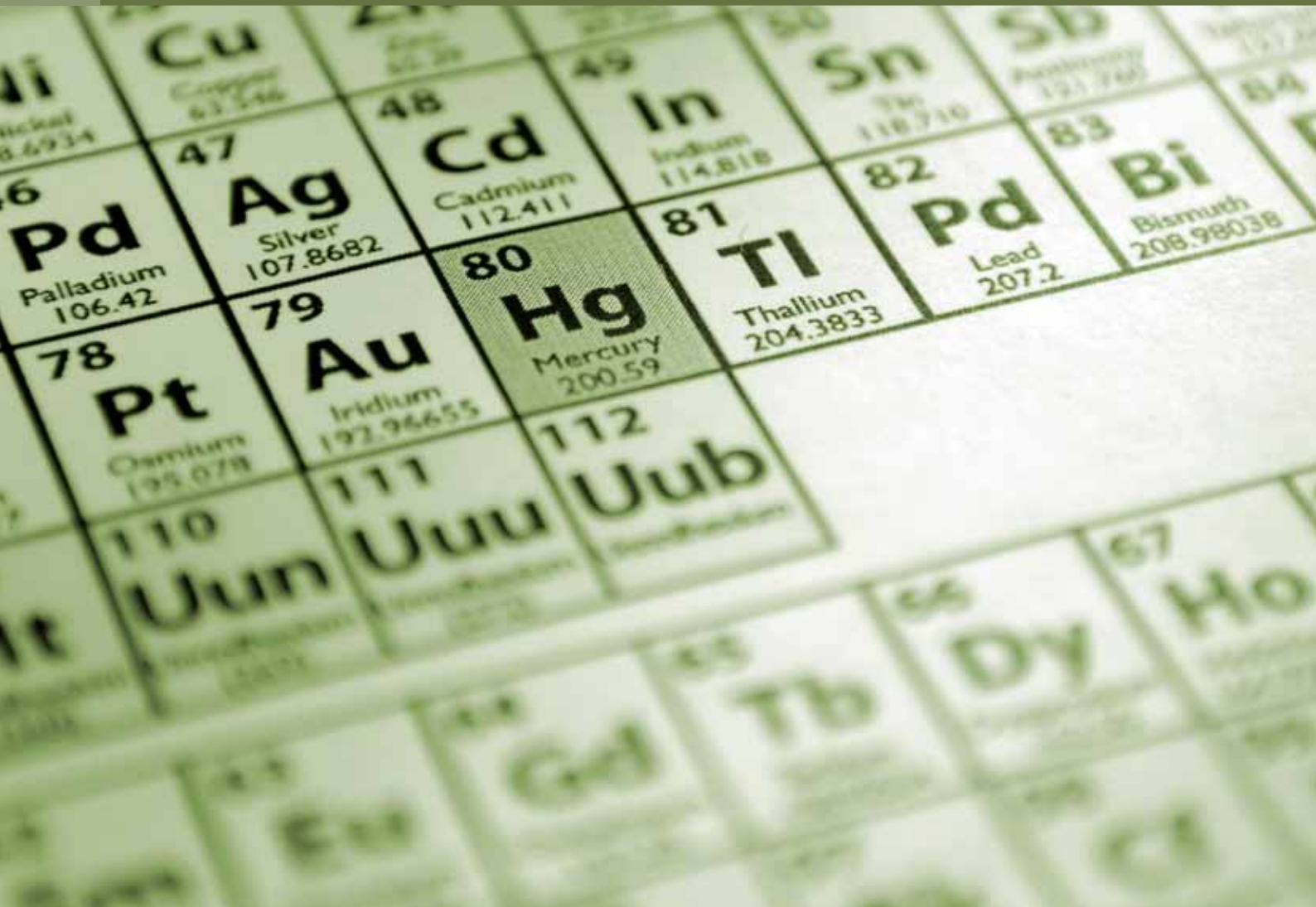


# Kemian osaamisen kartoitus

Hilkka Knuutila





Hilkka Knuutila

# Kemian osaamisen kartoitus



Tekesin katsaus 266/2010  
Helsinki 2010



## **Tekes – rahoitusta ja asiantuntemusta**

Tekes on tutkimus- ja kehitystyön ja innovaatiotoiminnan rahoittaja ja asiantuntija. Tekesin toiminta auttaa yrityksiä, tutkimuslaitoksia, yliopistoja ja korkeakouluja luomaan uutta tietoa ja osaamista ja lisäämään verkostoitumista. Tekes jakaa rahoituksellaan teollisuuden ja palvelualojen tutkimus- ja kehitystyön riskejä. Toiminnallaan Tekes vaikuttaa liiketoiminnan kehittymiseen, elinkeinoelämän uudistumiseen, kansantalouden kasvuun, työllisyyden vahvistumiseen ja yhteiskunnan hyvinvointiin. Tekesillä on vuosittain käytettävissä avustuksina ja lainoina lähes 600 miljoonaa euroa tutkimus- ja kehitysprojektien rahoitukseen.

## **Tekesin ohjelmat verkostoitumisen foorumeita**

Tekesin ohjelmat tarjoavat yrityksille, yliopistoille, korkeakouluille ja tutkimuslaitoksille verkottumismahdollisuuksia, apua kansainvälistymiseen ja liiketoimintaosaamisen kehittämiseen sekä rahoitusta ohjelman aihepiiriin kuuluville tutkimus- ja kehitysprojekteille. Seminaarit, workshopit, ulkomaille suuntautuvat tutustumismatkat, koulutusohjelmat, uutiskirjeet ja muut julkaisut ovat ohjelmien keskeistä antia. Tekes ohjaa noin puolet myöntämästään rahoituksesta ohjelmien kautta.

ISSN 1797-7339

ISBN 978-952-457-494-5

Kansi: Kari Lehkonen

Taitto: Kari Lehkonen

## Kiitokset

Kiitän lämpimästi kaikkia kartoitukseen osallistuneita tutkimusryhmien johtajia, professoreita kyselyn merkityksen ymmärtämisestä, positiivisesta suhtautumisesta kyselyyn ja kärsivällisestä kysymyksiin vastaamisesta sekä ennen kaikkea mielipiteistä. Haastattelut eri tutkimusryhmien johtajien kanssa olivat erittäin mielenkiintoisia ja antoisia. Ne antoivat laajemman perspektiivin käsitellä asioita ja loivat siten tukevan pohjan kartoituksen käsittelylle. Sydämelliset kiitokset näistä miellyttävistä keskusteluhetkistä.

Kiitokset myös Riitta Juvoselle ja Suvi Sundquistille erinomaisesta yhteistyöstä, arvokkaista neuvoista, avusta ja kommenteista kartoituksen edetessä ja raporttia kirjoittaessani.

Porvoossa 19.8.2009

Hilkka Knuuttila



# Sisältö

	<b>Tiivistelmä</b>	7
<b>1</b>	<b>Tausta</b>	8
<b>2</b>	<b>Kartoituksen toteutus</b>	9
<b>3</b>	<b>Tutkimusalueet, tutkimuksen painopisteet, ydinosaamiset ja vahvuudet</b>	10
	Kemian laitosten ja kemianteekniikan yksiköiden tutkimusalueet ja painopisteet	10
	Kartoitukseen osallistuneiden tutkimusryhmien tutkimusalueet ja ydinosaaminen	14
	Osaamisalueiden kehittäminen	16
<b>4</b>	<b>Tutkimusvoimavarat</b>	18
	Henkilöstö	18
	Rahoitus	18
<b>5</b>	<b>Yhteistyö muiden tutkimusryhmien kanssa</b>	22
	Julkiset tutkimusprojektit	22
<b>6</b>	<b>Yhteistyö yritysten kanssa</b>	24
	Yrityksiä kiinnostava osaaminen	25
	Kuinka kehittää yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä tulevaisuudessa?	26
	Palvelututkimus	27
<b>7</b>	<b>Tulevaisuuden visioita</b>	30
	Kuinka kemianteollisuus tulee kehittymään tulevaisuudessa	30
	Minkälaista osaamista Suomen kemianteollisuus tarvitsee tulevaisuudessa?	33
	Mitkä ovat ne yliopistojen kemian osaamisen kehitystarpeet, joiden avulla Suomen kemianteollisuus selviää tulevaisuuden haasteista?	34
<b>8</b>	<b>Viitteet</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Liitteet</b>	37
	Liite 1: Kartoituksen internetkyselyn kysymykset	38
	Liite 2: Tutkimusryhmien osaamisalueet ja mihin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin ryhmien osaaminen vastaa	40
	Liite 3: Yliopistojen kemian laitosten tarjoamaa palvelututkimusta	46
	Liite 4: Kartoituksen yhteydessä tehdyt haastattelut	48
	<b>Tekesin katsauksia</b>	50

# Tiivistelmä

Kemianteollisuus ry ja Kemianteollisuuden tieteellinen neuvottelukunta toteuttivat yhteistyössä Tekesin kanssa keväällä 2009 kartoituksen Suomen yliopistojen, tiedekorkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kemian ja kemianteekniikan yksiköiden tutkimus- ja osaamisalueista. Osaamiskartoituskysely lähetettiin yli 90 kemian ja kemianteekniikan yksiköissä toimivalle professorille, joista kyselyyn vastasi hieman yli 40 %.

Kartoituksen tuottaman tiedon avulla halutaan parantaa elinkeinoelämän yritysten mahdollisuuksia löytää niiden tarvitsema kemian alan osaaminen suomalaisista kemian ja kemianteekniikan tutkimusyksiköistä sekä auttaa yrityksiä löytämään mahdollinen yhteistyökumppani. Kartoitus kuvaa kemian ja kemianteekniikan tutkimuksen tilaa Suomessa sekä tutkimusryhmien näkemyksiä tulevaisuuden kehitystarpeista.

Kemian ja kemian tekniikan tutkimusryhmien kemian osaamista sovelletaan laajasti lääketieteeseen, bio- ja ympäristötieteisiin sekä kemiallisen prosessitekniikan lähitieteisiin. Ydinosaaminen ja sen myötä yhteistyöprojektit sekä muut tutkimusprojektit kohdistuvat eri toimialojen sovelluksiin. Uusien materiaalien, erityisesti erilaisen biomateriaalien ja nanomateriaalien tutkimus ja kehitys on yksi keskei-

nen teema tutkimusryhmissä. Sovelluskohteena voivat olla elektroniikka ja fotonikka, lääketieteellisyys ja hyvinvointi, metsäteollisuus, uudet energiaratkaisut, elintarviketeollisuus ja ympäristöratkaisut. Avainteknologioina kehitystyössä toimivat mm. nanoteknologia, katalyyssi ja synteettiset menetelmät. Analytiikka, erityisesti pinta-analyttiset menetelmät, on avainasemassa tässä kehitystyössä.

Pääsääntöisesti yliopistojen tutkimus tapahtuu useammasta lähteestä tulevalta ulkopuolisella rahoituksella. Tyypillisessä rahoitusrakenteessa rahoittajia ovat yliopiston perusrahoituksen ohella Suomen Akatemia, Tekes ja yritykset. Vain harvalla tutkimusryhmällä on EU-rahoitusta.

Useimmilla kartoitukseen osallistuneista tutkimusryhmistä on yhteistyötä kotimaisten yritysten kanssa, mutta varsinaiset kemian alan yritykset ovat vähemmistönä yhteistyökumppanien joukossa. Yhteistyöprojektien lisäksi tutkimusryhmillä on yritysten kanssa myös muuta yhteistyötä, kuten analyysipalveluja, koulutusyhteistyötä ja konsultointia. Tilaustutkimus on kuitenkin usein lyhytkestoista. Tutkimuksen lyhytjännitteisyyden koetaan lisääntyneen, kun yritykset niukoina aikoina karsivat tutkimustoimintaansa. Kartoituksessa tuli esille myös

huoli siitä, ettei pienissä ja keskisuurissa yrityksissä välttämättä tiedetä yliopistotutkimuksen antamista mahdollisuuksista.

Panostus perustutkimukseen nähdään yhtenä tärkeimmistä työkaluista, jolla voidaan vaikuttaa kemianteollisuutemme menestykseen ja kilpailukykyyn tulevaisuudessa. Pitkäjänteinen tutkimus ydinosaamisalueilla luo pohjan tasokkaalle tieteelliselle tutkimukselle, opetukselle, teollisuusyhteistyölle ja innovaatioiden syntyemiselle.

Osa tutkimusryhmien johtajista näkee Suomen kemianteollisuuden tilanteen synkkänä. Toisaalta on kuitenkin vielä uskoa suomalaiseen kemianteollisuuteen. Erityisesti tulevaisuuden mahdollisuuksina nähdään kemiallisen energiateollisuus, uudistuva metsäteollisuus, bioraaka-aineet ja erikoiskemikaalit.

Kartoituksessa tuli esille yleinen huolenaihe luonnontieteellisen alan kiinnostavuudesta ja heikosta vetovoimasta. Haastateltujen mukaan kemia ja luonnontieteet eivät näytä kiinnostavan nuoria. Olisi ratkaistava, kuinka saataisiin houkutelua todella motivoituneita, päteviä opiskelijoita kemiaan ja kemian tekniikkaan.



# 1

## Tausta

Kemianteollisuus ry ja Kemianteollisuuden tieteellinen neuvottelukunta toteuttivat yhteistyössä Tekesin kanssa keväällä 2009 kartoituksen Suomen yliopistojen, tiedekorkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kemian ja kemiantekniikan yksiköiden tutkimus- ja osaamisalueista.

Kemian osaamista tarvitaan yhä enemmän sekä globaalien haasteiden ratkaisijana että eri alojen innovaatioiden lähteenä. Kemian osaaminen eri muodoissaan integroituu monien toimialojen tutkimukseen ja kehitystoimintaan ja tuottaa eri aloille monipuolista lisäarvoa.

Kartoitus kuvaa kemian ja kemiantekniikan tutkimuksen tilaa Suomessa sekä tutkimusryhmien näkemyksiä tulevaisuuden kehitystarpeista. Kartoituksen ulkopuolelle rajattiin mm. bio- ja materiaalitieteet, joita koskevia selvityksiä on tehty äskettäin mm. Tekesin ohjelmien valmistelun yhteydessä.

Kartoituksen tuottaman tiedon avulla halutaan parantaa elinkeinoelämän mahdollisuuksia löytää niiden tarvitsema kemian alan osaaminen suomalaisista kemian ja kemiantekniikan tutkimusyksiköistä sekä auttaa yrityksiä löytämään mahdollinen yhteistyökumppani.

Suomen korkeakoulujärjestelmässä on meneillään merkittävä uudistuminen. Samalla myös tutkimuslaitosten toiminnan kehittämiseen kohdistuu uudistustarpeita. Tämän osaamiskartoituksen yhtenä tarkoituksena on myös edistää yliopistojen ja tutkimuslaitosten kemian ja kemiantekniikan yksiköiden strategista suunnittelua ja verkostoitumista kansallisesti ja kansainvälisesti.

Kemianteollisuus ry käyttää tuloksia muun muassa alan innovaatioliittisessä edunvalvonnassa. Tekes tulee hyödyntämään tuloksia kemianalan strategisessa suunnittelussa.





# 2

## Kartoituksen toteutus

Osaamiskartoitus toteutettiin kyselytutkimuksena internet-ympäristössä ja täydentävillä haastatteluilla keväällä 2009. Projektin kesto oli viisi kuukautta. Kyselytutkimus suoritettiin huhti- ja toukokuussa; sen tekninen toteutus oli tilattu Fountain Parkilta. Kysely (Liite 1) lähetettiin taulukossa 1 mainittujen yliopistojen ja tiedekorkeakoulujen kemian ja kemiantekniikan yksiköissä toimivalle yli 90 professorille. Puu- ja paperikemian sekä materiaalitutkimuksen ja biotieteiden yksiköt eivät olleet mukana kartoituksessa. Vastauksia saatiin kaikista yliopistoista ja VTT:ltä. Kyselyyn vastasi hieman yli 40 % professoreista, joille kysely lähetettiin.

Kartoituksella etsittiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat Suomen yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa toimivien kemian ja kemiantekniikan yksiköiden ja tutkimusryhmien tutkimusalueet, tutkimuksen painopisteet, ydinosaamiset ja vahvuudet?
- Kuinka laajasti ja millä alueilla kemian ja kemiantekniikan yksiköt ja tutkimusryhmät tekevät yhteistyötä elinkeinoelämän yhteistyökumppanien kanssa?
- Kuinka laajaa tutkimusyksiköiden ja -ryhmien kansainvälinen yhteistyö on ja keiden kanssa yhteistyötä tehdään?

Kyselyssä ja haastatteluissa kerättiin tietoa tutkimusryhmistä ja niiden osaamisesta. Professoreilta tutkimusryhmien johtajina kysyttiin myös heidän näkemyksiään yhteistyöstä muiden akateemisten tutkimusryhmien ja yritysten kanssa, sekä siitä, kuinka yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä tulisi kehittää tulevaisuudessa. Samoin tiedusteltiin heidän visioitaan Suomen kemianteollisuuden kehittymisestä seuraavan kymmenen vuoden aikana sekä näkemyksiä tulevaisuuden osaamistarpeista, jotka on täytettävä, jotta kemianteollisuutemme voidaan pitää kilpailukykyisenä. Kappaleissa 'Yhteistyö yritysten kanssa' ja 'Tulevaisuuden visioita' on esitetty yhteenveto näistä kyselyssä ja haastatteluissa esille tulleista ajatuksista.

Tiedekuntien ja laitosten painopistealueista on saatu tietoa yliopistojen omilta kotisivuilta [1–10].

Kartoitusprojektin ohjausryhmään kuuluivat Kemianteollisuus ry:stä apulaisjohtaja *Riitta Juvonen* ja Tekesistä teknologia-asiantuntija *Suvi Sundquist*.



# 3

## Tutkimusalueet, tutkimuksen painopisteet, ydinosaamiset ja vahvuudet

### Kemian laitosten ja kemiantekniikan yksiköiden tutkimusalueet ja painopisteet

**Kartoituksessa mukana olleiden yliopistojen, tiedekorkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kemian ja kemiantekniikan yksiköiden painopistealueet esitellään lyhyesti ohessa ja taulukossa 1. Tiedot on saatu yliopistojen kotisivuilta [1-11].**

**Helsingin yliopiston kemian laitoksen** tutkimuksen painopistealueet ovat vihreä kemia, materiaali- ja nanokemia, laskennallinen ja teoreettinen kemia sekä syntetiikka, kemiallinen analytiikka ja kemian opetus<sup>[1]</sup>. Laitokselle tärkeitä tutkimushankkeita ovat myös orgaaninen ja epäorgaaninen synteesi, polymeerisynteesi, kristallografia, molekyylispektroskopia ja luonnonaineiden kemia. Laitoksella on kansallinen velvoite ylläpitää korkeatasoista radiokemian tutkimusta ja opetusta.

Eräänä laitoksen materiaalikemian tutkimuksen pääkohteena ovat opto- ja mikroelektronikan tarvitsemat ohutkalvot, joita voidaan käyttää mm. elektroluminoivissa näytöissä, integroiduissa piireissä, aurinkokennoissa ja lämpöilmamaisimissa. Ohutkalvojen val-

mistuksessa keskeisellä sijalla on Suomessa kehitetty *Atomic Layer Deposition* -menetelmä. Tutkimuksen kohteena on erityisesti ohutkalvojen kasvatukseen liittyvä kemia: uudet lähtöaineet, kalvojen kasvumekanismit, monikerrosrakenteet sekä kalvojen räätälöinti atomitasolla.

Laitoksella toimivat seuraavat laboratoriot: Analyttisen kemian laboratorio, Epäorgaanisen kemian laboratorio, Fysikaalisen kemian laboratorio, Orgaanisen kemian laboratorio, Polymeerikemian laboratorio, Radiokemian laboratorio sekä ruotsinkielinen opetuslaboratorio ja kemian opettajankoulutusyksikkö. Yliopiston suojissa toimii ulkoministeriön rahoittama itsenäinen instituutti VERIFIN, joka tukee kemiallisten aseiden aseistariisuntaa kehittämällä kemiallisessa sodankäynnissä käytettävien aineiden tunnistamismenetelmiä.

**Joensuun yliopiston kemian laitoksella** on neljä linjaa: epäorgaaninen kemia, fysikaalinen kemia, materiaalike- mia ja orgaaninen kemia<sup>[2]</sup>. Kemian lai-

toksella tutkitaan mm. proteiinien rakenteita ja ominaisuuksia atomitasolla sekä kehitetään uusia erikoismateriaaleja ja katalyyttejä kemian teollisuuden tarpeisiin, tutkimusalueiden ulottuessa kemian rajapinnoille, materiaalitieteen, fysiikkaan ja molekyylibiologiaan.

**Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen** vahvuusalueita ovat rakenneke- mia, kemiallinen dynamiikka ja laskennallinen kemia sekä kemian opettajien koulutus<sup>[3]</sup>. Kemian laitoksen opetus ja tutkimus perustuvat epäorgaaniseen ja analyttiseen, fysikaaliseen, orgaaniseen sekä soveltavaan kemiaan. Jyväskylässä opiskelijat voivat myös erikoistua kemian aineenopettajiksi.

Kuopion yliopisto tunnetaan terveys-, ympäristö- ja hyvinvointiyliopistona, jolla on osaamista biotieteiden, bioteknologian ja molekyyliiläketieteen alueella<sup>[4]</sup>. **Kuopion yliopiston kemian yksikkö** on osa biotieteiden laitosta ja sillä on yhteistyötä farmaseuttisen kemian laitoksen kanssa. Biotieteiden laitoksen kemian yksikön tutkimus ja ope-

**Taulukko 1. Kartoituksessa mukana olleet yliopistojen, tiedekorkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kemian ja kemiantekniikan yksiköt ja niiden painopistealueet [1-11].**

Yliopisto / Laitos	Tutkimuksen painopistealueet
<b>Helsingin Yliopisto</b> Kemian laitos	Vihreä kemia, materiaali- ja nanokemia, laskennallinen ja teoreettinen kemia sekä syntetiikka, kemiallinen analytiikka ja kemian opetus.
<b>Teknillinen Korkeakoulu</b> Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos	Teollisten prosessien ja niiden tuotteiden tutkimus ja kehitys, mm. biomassapohjaisten raaka-aineiden hyödyntäminen polttoaineiden ja kemikaalien tuotannossa, teollisen mittakaavan biotekniset kasvatusprosessit sekä kemianteollisuuden ja terveysteknologian biologisten riskien hallinta. Komposiitti- ja nanorakenteisten materiaalien valmistukseen ja karakterisointiin liittyvä tutkimus. Aineen- lämmön- ja liikemäärän siirtoilmiöt sekä termodynamiikan mittaus-, mallitus-, ja simulointimenetelmät.
Kemian laitos	Orgaanisen, epäorgaanisen, fysikaalisen ja analyttisen kemian tutkimus.
<b>Joensuun yliopisto</b> Kemian laitos	Proteiinien rakenteiden ja ominaisuuksien tutkimus atomitasolla, uusien erikoismateriaalien ja katalyyttien kehitys kemian teollisuuden tarpeisiin, tutkimusalueiden ulottuessa kemian rajapinnoille, materiaalitieteeseen, fysiikkaan ja molekyylibiologiaan.
<b>Jyväskylän yliopisto</b> Kemian laitos	Rakennekemia, kemiallinen dynamiikka ja laskennallinen kemia sekä kemian opettajien koulutus.
<b>Kuopion yliopisto</b> Biotieteiden laitos /kemia	Synteettisen ja rakenteellisen kemian tutkimus: biologisten ilmiöiden tutkimus molekyylylasolla sekä kemian ja biotieteiden rajapinnassa oleville ilmiöille sovellusten kehittäminen käyttäen kemian tutkimusmenetelmiä.
<b>Lappeenrannan teknillinen yliopisto</b> Kemian tekniikan osasto	Erätustekniikat sekä kuitu- ja paperitekniikka.
<b>Oulun yliopisto</b> Kemian laitos	Materiaalien kemia ja vihreä kemia. Materiaalien kemiassa yhdistyvät molekyylytason nanotehtaat, katalyytit, valo säteilevät mikrorakenteet ja näiden laskennallinen tutkimus.
Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto	Ei-puuperäisiin biojalostamokonsepteihin ja teknologia, teollisuusvesien käsittely ja tislauksen perustuvien erotussysteemien synteesit ja suunnittelu.
<b>Tampereen teknillinen yliopisto</b> Kemian ja biotekniikan laitos/kemian laboratorio	Materiaalikemia, orgaaniset ja bio-orgaaniset yhdisteet, teollinen orgaaninen kemia, epäorgaanisten materiaalien kemia, valokemia, optinen spektroskopia, orgaanisten yhdisteiden nanoteknologia ja molekyylyelektroniikka.
<b>Turun yliopisto</b> Kemian laitos	Bio-orgaaninen ja bioepäorgaaninen kemia, uusien materiaalien tutkimus sekä ympäristön kemiallinen tutkimus.
<b>Åbo Akademi</b> Kemiallisteknillinen osasto: PCC	Puu- ja paperikemia, kinetiikka ja katalyyysi, analyttinen prosessikemia sekä poltto- ja materiaalikemia.
Kemia	
VTT Bio- ja kemian prosessit	Kestävän kehityksen kemia ja prosessit, biotekniikka sekä terveys- ja hyvinvointisovellusten tietotekniset ratkaisut.



tus ovat suuntautuneet biologisiin, farmaseuttisiin ja lääketieteellisiin aiheisiin. Kemian yksikön osaaminen kohdistuu synteettisen ja rakenteellisen kemian alueelle. Tutkimusryhmä selvittää biologisia ilmiötä molekyyllitasolla sekä kehittää sovellutuksia kemian ja biotieteiden rajapinnassa oleville ilmiöille käyttäen kemian tutkimusmenetelmiä.

**Lappeenrannan teknillisen yliopiston kemiantekniikan osaston** tutkimuksen painopistealaja ovat erilaiset erotustekniikat sekä kuitu- ja paperitekniikka<sup>[5]</sup>. Osasto kouluttaa kemian, kemiantekniikan ja puunjalostustekniikan osaajia alan työtehtäviin prosessi- ja metsäteollisuudessa, kaupan alalla sekä julkisella sektorilla. Sillä on sivuosastot Kotkassa ja Savonlinnassa.

Perinteisesti kemiantekniikan laajin sovellusalue on ollut prosessiteollisuus, erityisesti kemian- ja biokemianteollisuus, metallurginen teollisuus sekä metsäteollisuus. Lappeenrannan teknillisen yliopiston kemiantekniikan osaston tutkimus pääosin painottuu näille aloille. Tärkeimmät osaamisalueet ovat erotustekniikka, prosessikehitys sekä puunjalostusteollisuuden soveltava tutkimus. Viime aikoina lisääntynyt kiinnostus ympäristönsuojeluun ja tarve uusien energiateknologioiden kehittämiseen on lisännyt näiden sovellusalojen tutkimusta myös kemiantekniikan osastolla.

**Oulun yliopiston** luonnontieteellisen tiedekunnan tutkimustoiminnasta on merkittävä osa yliopiston neljällä painoalalla, joita ovat biotekniikka, informaatiotekniikka, pohjoisuus sekä ympäristöalan opetus ja tutkimus<sup>[6]</sup>.

Oulun yliopiston kemian laitok-

sen opetus ja tutkimus ovat keskittyneet materiaalien kemiaan ja vihreään kemiaan. Materiaalien kemiassa yhdistyvät molekyyllitason nanotehtaat, katalyytit, valo säteilevät mikrorakenteet ja näiden laskennallinen tutkimus. Ympäristöystävälliset teollisuusprosessit ja arvokkaiden kemikaalien talteenotto jätteistä ovat esimerkkejä laitoksen vihreän kemian tutkimuksista.

Prosessi- ja ympäristötekniikan osastossa sijaitsee Kemiallisen prosessitekniikan laboratorio, jonka tutkimus keskittyy ei-puuperäisiin biojalostamokonsepteihin ja teknologiaan, teollisuusvesien käsittelyyn ja tislaukseen perustuvien erotussysteemien synteysiin ja suunnitteluun.

**Tampereen teknillinen yliopiston** Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta yhdistää aiemmat teknis-luonnontieteellisen ja ympäristötekniikan osastot<sup>[7]</sup>. Tiedekuntaan kuuluu viisi ainelaitosta (Biolääketieteen tekniikan laitos, Energia- ja prosessitekniikan laitos, Fysiikan laitos, Kemian ja biotekniikan laitos, Matematiikan laitos) ja Optoelektronikan tutkimuskeskus.

Kemian laboratorion keskeisiä opetus- ja tutkimusaloja ovat materiaalikemia, orgaaniset ja bio-orgaaniset yhdisteet, teollinen orgaaninen kemia, epäorgaanisten materiaalien kemia, valokemia, optinen spektroskopia, orgaanisten yhdisteiden nanoteknologia ja molekyylielektronikka.

Teknillisen korkeakoulun, TKK:n (vuoden 2010 alussa aloittavan uuden Aalto-yliopiston) kemian ja materiaalitieteiden tiedekunnan tutkimustoiminta keskittyy luonnonvarojen hyödyntävien prosessien tutkimiseen ja kehittämiseen<sup>[8]</sup>. Tiedekunnassa on

neljä laitosta: Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos, Kemian laitos, Materiaalitekniikan laitos ja Puunjalostustekniikan laitos. Biotekniikan ja kemian tekniikan laitokseen kuuluvat mm. kemian laitetekniikka, polymeeritekniikka ja teknillinen kemia.

Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen ydinosaamisalue muodostuu teollisten prosessien ja niiden tuotteiden tutkimuksesta ja kehittämisestä. Ajankohtaisia tutkimuskohteita ovat mm. biomassapohjaisten raaka-aineiden hyödyntäminen polttoainetien ja kemikaalien tuotannossa, teollisen mittakaavan biotekniset kasvatustuotteet sekä kemianteollisuuden ja terveysteknologian biologisten riskien hallinta. Laitoksella tehdään myös komposiitti- ja nanorakenteisten materiaalien valmistukseen ja karakterisointiin liittyvää tutkimusta. Prosessin kehittämisessä aineen- lämmön- ja liikemäärän siirtoilmiöiden sekä termodynamiikan mittaus-, mallitus-, ja simulointimenetelmät ovat keskeisiä tutkimuskohteita. Ne auttavat ymmärtämään ja hallitsemaan kemiallisia reaktioita.

Teknillisen korkeakoulun kemian laitoksen tutkimus painottuu orgaanisen, epäorgaanisen, fysikaalisen ja analyttisen kemian aloille. Luonnonilmiöt ja luonnonaineet antavat pohjan kemian laitoksella suoritettavalle tutkimukselle, jossa sovelletaan kestävä kehityksen ja vihreän kemian periaatteita. Analyttisen kemian tutkimus painottuu luminesenssimenetelmiin. Epäorgaanisen kemian tutkimusalueet ovat funktionaaliset oksidit, ALD-lähdäaineet ja -ohutkalvot. Fysikaalisen ja sähkökemian laboratorio on Suomessa ainoa yksikkö, joka on erikoistunut sähkökemiaan. Orgaanisessa kemi-



assa tutkimus on erityisesti painottunut asymmetriseen synteisiin, kemialliseen biologiaan, molekyyli­tunnistukseen ja vihreään kemiaan valmistusteknologiaan.

#### **Turun yliopistossa kemian tutkimus**

painottuu oppiaine- ja linjarajat ylittäviin painopistealueisiin, joita ovat bio­orgaaninen ja bioepäorgaaninen kemia, uusien materiaalien tutkimus sekä ympäristön kemiallinen tutkimus [9]. Kemian laitoksen opetuksen ja tutkimuksen vahvuusalueet ovat bio­orgaaninen ja luonnonaineiden kemia sekä materiaalikemia. Niissä yhdistyvät perinteiset kemian osa-alueet analyyttisestä ja epäorgaanisesta kemiasta fysikaaliseen ja orgaaniseen kemiaan. Myös kemian aineenopettajan opintoihin voi suuntautua. Kemian laitoksella toimii kaksi laboratorioa: Materiaalike­mian ja kemiallisen analyysin labora­torio sekä Orgaanisen kemian ja kemialli­sen biologian laboratorio.

**Åbo Akademiassa** ei ole varsinaista kemian laitosta siten kuin muissa yliopistoissa, mikä johtuu kemian laboratoriorien kuulumisesta eri tiedekuntiin. Fysikaalinen ja orgaaninen kemia kuuluvat matemaattis-luonnontieteelliseen tiedekuntaan, epäorgaaninen, teknilinen, analyyttinen, puukemia ja polymeerikemia kuuluvat tekniseen tiedekuntaan samoin kuin Suomen Akate­mian nimeämä tutkimuksen huippuyksikkö, prosessikemian keskus, PCC (Process Chemistry Centre), joka muodostettiin 1998 neljästä tiedekunnan tutkimusryhmästä [10].

PCC:ssä tutkitaan teollisesti tärkeitä fysikaalis-kemiallisia prosesseja kompleksisissa ympäristöissä. Tutkimuksen tavoitteena on yksityiskoh-

tainen ymmärrys prosesseista niin, että voidaan paremmin kohdata tulevaisuuden prosessi- ja tuotekehityksen tarpeet. Tärkeitä alueita ovat puu- ja paperikemia, kinetiikka ja katalyyssi, analyyttinen prosessikemia sekä poltto- ja materiaalikemia.

**VTT** on moniteknologinen tutkimuskeskus [11]. Bio- ja kemian prosessit edustavat yhtä VTT:n teknologiapainoaluetta. Erityisvahvuuksia ovat vaativa kokeellinen osaaminen erilaisissa tutkimusympäristöissä ja tehdasolosuh­teissa sekä tätä tukeva mallinnus ja simulointi.

Tutkimuksen painopistealueita ovat kestävän kehityksen kemia ja prosessit, biotekniikka sekä terveys- ja hyvinvointisovellusten tietotekniset ratkaisut. Tutkimusaiheet kattavat koko ketjun molekyyli­tasoon tutkimuksesta ja reaktiomekanismien selvittämisestä prosessisovellusten kehitykseen sekä laboratorio- että pilottimittakaavassa.

VTT kehittää myös mittalaitteita prosessien hallintaan ja tuotteiden laadunvalvontaan. Prosessikemian kompetenssialueita ovat kemialliset mallit ja operaatiot, polymeerit ja teolliset synteetit ja prosessikonseptit. VTT painottaa tutkimuksessaan luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja puhdasta ympäristöä.



## Kartoitukseen osallistuneiden tutkimusryhmien tutkimusalueet ja ydinosaaminen

*"Samassa rintamassa eurooppalaisen kärkitutkimuksen kanssa."*

**Ydinosaamisalueista nousivat vahvasti esille eri ryhmissä luonnonaineiden tutkimukseen ja orgaaniseen syntetiikkaan liittyvä osaaminen. Analytiikka ja erityisesti erilaiset spektroskooppiset menetelmät liittyvät hyvin tärkeänä ja vahvana työkaluna tutkimusryhmien ydinosaamiseen. Useat ryhmät toimivat nanotutkimuksen parissa ja ilmoittavat nanokemian / nanomateriaalit yhdeksi ydinosaamisalueekseen. Toinen uusi nouseva osaamisalue on biomassan hyväksikäyttö hienokemikaalien ja biopolttoaineiden lähteenä.**

Tutkimusryhmiä pyydettiin listaamaan viisi tärkeintä ydinosaamisaluettaan. Taulukkoon 2 on koottu kartoituksessa esiin tulleet yliopistojen ja tiedekorkeakoulujen tutkimusryhmien tärkeimmät ydinosaamisalueet, joista erityisesti syntetiikka ja analytiikka nousivat esille. Liitteessä 2 on esitetty tarkemmin eri tutkimusryhmien osaamisalueet ja mi-

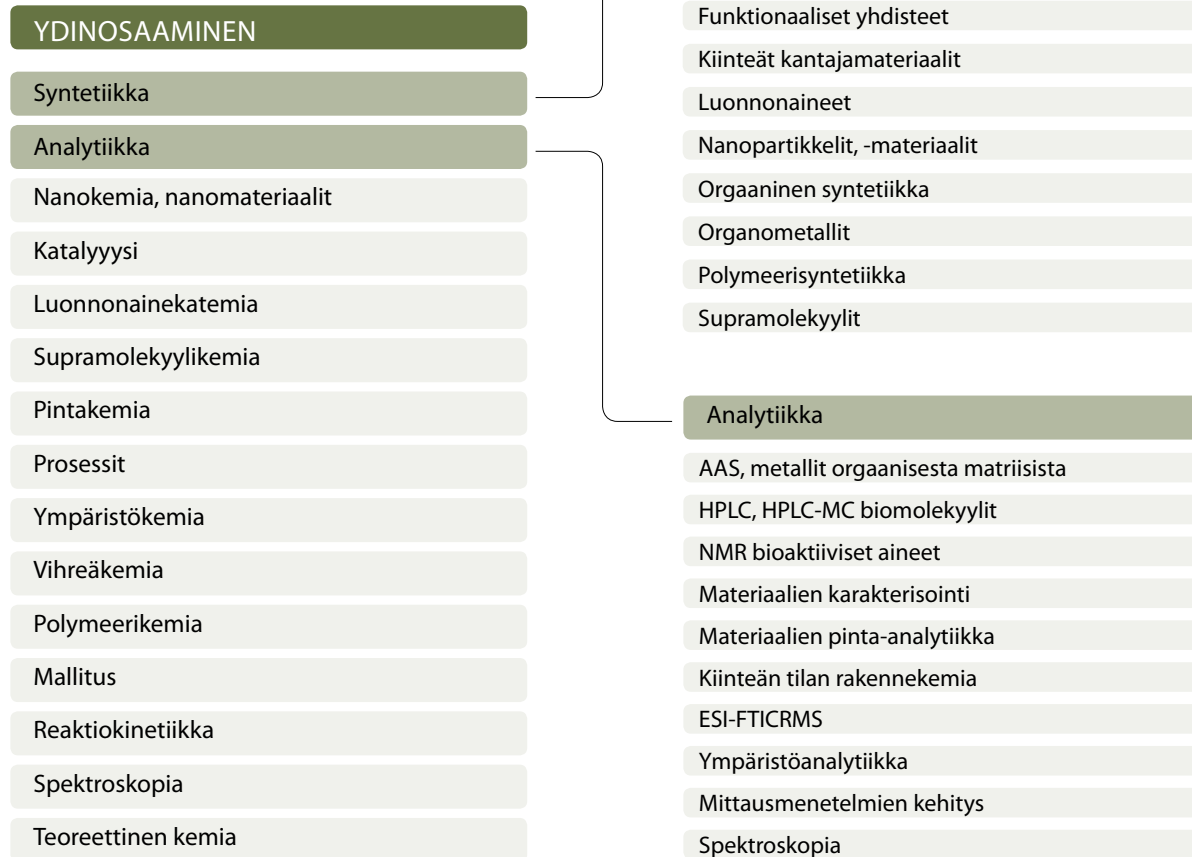
hin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin ryhmien osaaminen vastaa, sekä millaisia sovellusmahdollisuuksia osaaminen tarjoaa tulevaisuudessa erilaisten innovaatioiden kautta.

Luonnonaineiden tutkimukseen ja orgaaniseen syntetiikkaan liittyvä osaaminen on vahvasti edustettuna eri ryhmissä. Saatujen vastausten perusteella syntetiikka näyttää olevan yksi vahvoista ja laaja-alaisista ydinosaamisalueista yliopistojemme kemian laitoksissa ja eri tutkimusryhmissä. Orgaanisten yhdisteiden synteesiosaamisella on pitkät ja vahvat perinteet Suomessa. Sitä edustavat kyselyyn vastanneissa tutkimusryhmissä mm. biomolekyylien ja luonnonaineiden valmistus, funktionaalisten yhdisteiden, supramolekyylien ja polymeerien syntetiikka sekä organometalli- ja forforyhdisteiden synteesit ja nanopartikkelien ja nanomateriaalien valmistus.

Analytiikka puolestaan liittyy hyvin tärkeänä ja vahvana työkaluna useiden tutkimusryhmien ydinosa-



Taulukko 2. Kartoitukseen osallistuneiden yliopistojen ja tiedekorkeakoulujen tutkimusryhmien tärkeimmät ydinosamisalueet.



miseen. Edustettuina ovat erilaiset spektroskooppiset menetelmät, kiinteän tilan rakennekemia, materiaalien pinta-analytiikka ja karakterisointi, ympäristöanalytiikka ja mittausmenetelmien kehitys.

Nanosovellukset ovat yksi lupavimmista uusista tulevaisuuden avainteknologia-alueista. Useat ryhmät toimivat nanotutkimuksen parissa ja ilmoittavat nanokemian tai nanomate-

riaalit yhdeksi ydinosamisalueekseen.

Uusi nouseva osaamisalue on biomassan hyväksikäyttö hienokemikaalien ja biopoltoaineiden lähteenä.

Ydinosaminen ja sen myötä yhteistyöprojektit sekä muut tutkimusprojektit kohdistuvat eri toimialojen sovelluksiin. Uusien materiaalien, erityisesti erilaisten biomateriaalien ja nanomateriaalien tutkimus ja kehitys on yksi keskeinen teema kyselyyn saaduis-

sa vastauksissa. Sovelluskohteena mainitaan elektroniikka ja fotonikka, lääketieteellisyys ja hyvinvointi, metsäteollisuus, uudet energiaratkaisut, elintarviketeollisuus ja ympäristöratkaisut. Avainteknologioina kehitystyössä toimivat mm. nanoteknologia, katalyyssi ja synteettiset menetelmät. Analytiikka ja sen sisällä, erityisesti pinta-analyttiset menetelmät ovat avainasemassa tässä kehitystyössä.

## Osaamisalueiden kehittäminen

*"Kemian osaamisen merkitys tulisi tunnistaa ja tunnustaa kansallisesti."*

**Tutkimusryhmillä on hyvin yksilöllisiä tarpeita sen suhteen, kuinka heidän omaa ydinosaamistaan tulisi kehittää. Vahvan perustutkimuksen pohjalta voi syntyä uusia innovaatioita ja sovelluksia. Panostus perustutkimukseen nähdään yhtenä tärkeimmistä työkaluista, jolla voidaan vaikuttaa teollisuutemme menestykseen ja kilpailukykyyn tulevaisuudessa. Erityisesti toivotaan nykyistä pitkäjänteisempää tutkimusrahoitusta. Pitkäjänteinen tutkimus ydinosaamisalueilla luo pohjan tasokkaalle tieteelliselle tutkimukselle, opetukselle, teollisuusyhteistyölle ja innovaatioiden syntymiselle.**

**Tutkijavaihto nähdään tehokkaana työkaluna osaamisen kehittämässä ja uusien osaamisalueiden omaksumisessa. Vaihdon tulisi vastaajien mielestä toimia kahteen suuntaan.**

**Yleinen huolenaihe on kuinka saadaan turvattua hyvä ja riittävä opiskelija-aines luonnontieteisiin.**

Tutkimusryhmillä on saatujen vastausten perusteella hyvin yksilöllisiä tarpeita sen suhteen, kuinka ydinosaamista tulisi kehittää. Tähän yhteenvetoon on kerätty sellaiset osaamiseen liittyvät haasteet ja tarpeet, jotka koskevat useampia yksiköitä. Riittävä panostus perustutkimukseen nähdään tutkimuslaitoksissa yhtenä tärkeimmistä asioista, joilla voidaan vaikuttaa teollisuutemme menestykseen ja kilpailukykyyn tulevaisuudessa. Haastatellut olivat sitä mieltä, että vain vahvan perustutkimuksen kautta voi syntyä uusia innovaatioita ja sovelluksia.

Haastateltujen mielestä erityisesti rahoituksen pitkäjänteisyyttä tulisi parantaa. Pitkäjänteinen tutkimus ydinosaamisalueilla nähdään pohjana tasokkaalle tieteelliselle tutkimukselle, opetukselle, teollisuusyhteistyölle ja innovaatioiden syntymiselle.

Vastaajat kokivat, että myös perusrahoitteisen henkilökunnan määrää olisi lisättävä. Laitekannan määrä ja laatu tulee pitää korkealla tasolla

myös tulevaisuudessa. Korkeatasoisilla, nykyaikaisilla laitteilla tehty, lähellä perustutkimusta oleva tutkimus tuottaa haastateltujen mielestä perustavaa laatua olevaa tietoa, jota voidaan soveltaa korkean jalostusarvon tuotteiden kehitykseen ja tuotantoon.

Kokeellisen ja teoreettisen tutkimuksen yhdistäminen koettiin haasteellisena. Opetuksen ja tutkimuksen yhteyttä voitaisiin edelleen tiivistää. Tärkeäksi nähdään ymmärtää kemian merkitys biotieteille ja sen mukanaan tuoma lisäarvo ja potentiaali uusiin sovelluksiin. Näistä mainittiin esimerkiksi biomassan, puu- ja ruohopohjaisten materiaalien, entistä monipuolisempi hyödyntäminen niin korkean jalostusasteen kemikaaleiksi kuin biopolymeereiksi ja energiatuotteiksi.

Ehkä vaikeimmaksi haasteeksi jatkossa koetaan kuitenkin hyvän ja riittävän opiskelija-aineksen saaminen luonnontieteellisille aloille. Tutkimusryhmissä on jo jonkin verran ulkomaisia jatkoopiskelijoita tekemässä väitöskirjaan-



sa. Heidän määräänsä voitaisiin lisätä samoin kuin ulkomaisten tutkijatohtoreiden, post-docien määrää.

Joissain yliopistoissa, mm. Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa ja Åbo Akademiassa, on kansainvälisiä koulutusohjelmia, joihin hakeutuu runsaasti ulkomaisia hakijoita, etenkin Kiinasta, Intiasta ja Afrikan maista. Venäläiset opiskelijat hakeutuvat erityisesti Lappeenrantaan, jossa he voivat suorittaa venäläis-suomalaisen kaksois-tutkinnon. Ulkomaisten jatko-opiskelijoiden ja tutkijoiden rekrytointiin tulisi saada yksinkertainen ja kilpailukykyinen järjestelmä.

Molemmiin puoleinen tutkijavaihto olisi tehokas työkalu osaamisen kehittämiseksi ja uusien osaamisalueiden omaksumiseksi. Vastaajat valitsevat, etteivät suomalaiset opiskelijat käytä riittävästi tätä mahdollisuutta mennä ulkomaille.



# 4

## Tutkimusvoimavarat

**Akateemisten tutkimusryhmien koko vaihtelee. Keskimäärin tutkimusryhmässä on noin 12 tutkijaa, jotka ovat pääasiassa määräaikaisessa 1–4 vuotta kestävässä työsuhteessa olevia jatko-opiskelijoita. Tohtoritutkijoiden määrä ryhmässä on tavallisesti 2–4. Ulkomaisia tutkijoita on lähinnä jatko-opiskelijoina. Teknistä henkilökuntaa tutkimusryhmissä on hyvin vähän.**

**Pääsääntöisesti yliopistoryhmien tutkimus tapahtuu ulkopuolisella rahoituksella. Tavallisesti rahoitus tulee useammasta lähteestä, tärkeimpinä rahoittajina ovat Suomen Akatemia, Tekes ja yritykset.**

### Henkilöstö

Akateemisten tutkimusryhmien koko vaihtelee melkoisesti; suurimmassa ryhmässä tutkijoita on jopa 40 ja pienimmässä 2 tutkijaa. Keskimäärin tutkimusryhmässä on noin 12 tutkijaa. Ryhmät koostuvat pääasiassa jatko-opiskelijoista, jotka ovat määräai-

kaisessa 1-4 vuotta kestävässä työsuhteessa yliopistoon. Vakinaisessa työsuhteessa on vain muutamia tutkijoita. Useimmissa tutkimusryhmissä on jatko-opiskelijoiden lisäksi myös tohtoritutkijoita, tavallisesti 2–4, enimmäkseen jopa yhdeksän.

Ulkomaisia tutkijoita on lähinnä jatko-opiskelijoina, yleensä 1–2, mutta myös tohtoritutkijoina, eräissä ryhmissä jopa 3–4. Erityisesti Åbo Akademiassa on huomattavan paljon ulkomaisia tutkijoita verrattuna muiden yliopistojen tutkimusryhmiin.

Teknistä henkilökuntaa on tutkimusryhmissä vähän, 0–2 henkilöä, ja laboratoriotekninen henkilökunta on useimmiten koko laitoksen palveluksessa. Tekniseen henkilöstöön kuuluu laboratorionsinöörejä, laborantteja ja laboratoriomestareita, joiden työnkuvaan kuuluu huolehtia laboratoriosista, välineistä, laitteista, tilauksista, kemikaalien käsittelystä, laiterakennuksesta, erilaisista analyyseistä ja mittauksista.

Ero VTT:n henkilöstöön näkyy ennen kaikkea työsuhteissa. VTT:n tutki-

jakunta on vakinaisessa työsuhteessa tutkimuslaitokseen, kun taas tutkijakunta yliopistoissa on suurelta osalta jatko-opiskelijoita määräaikaisessa työsuhteessa.

### Rahoitus

Pääsääntöisesti yliopistojen tutkimus tapahtuu ulkopuolisella rahoituksella, joka tavallisesti tulee useammasta lähteestä. Tyypillisessä rahoitusrakenneossa rahoittajat ovat yliopiston ohella Akatemia, Tekes ja yritys, esim. 40+10+25+25 %. Yritysrahoitusta voi olla myös ulkomaisilta yrityksiltä. Akatemian rahoitusta tuntui olevan useammalla ryhmällä kuin esim. Tekes-rahoitusta. Vain harvalla tutkimusryhmällä on EU-rahoitusta. Eräät ryhmät ovat saaneet rahoitusta myös tutkimusta rahoittavilta säätiöiltä.

Taulukossa 3 on esitetty tutkimusryhmien tyypillinen tutkimusrahoitus. Kuvassa 1 on puolestaan kokonaiskuva korkeakoulujen tutkimustoiminnan rahoituksen kehityksestä vuosina 1991–2006. Kuvissa 2 ja 3 on

korkeakoulujen kemian sekä teknillisen kemian ja kemian prosessiteknii-  
kan tutkimuksen rahoituksen jakautu-

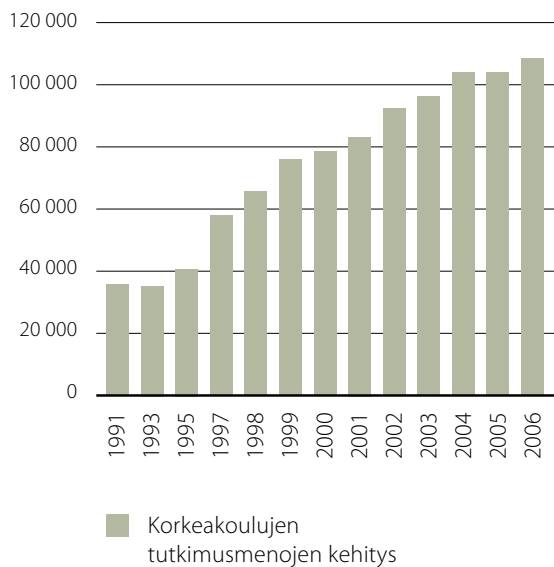
minen samana ajankohtana ja. Kuvas-  
ta 4 ilmenevät korkeakoulujen kemian  
tutkimuksen rahoittajat.

**Taulukko 3. Yhteenveto tutkimusryhmien rahoituksesta.**

Rahoitus	Tyypillinen	Vaihtelu	Kommentit
Perusrahoitus	30 - 50 %	0 - 95 %	jopa 95 %
Suomen Akatemia	20 %	0 - 70 %	muutamia 50 %, jopa 60 % ja 70 %
Tekes	25 %	0 - 40 %	
EU	10 %	0 - 30 %	vain harvoilla EU-rahoitusta
Yritykset	10 - 25 %	0 - 50 %	yhdessä ryhmässä 50 %

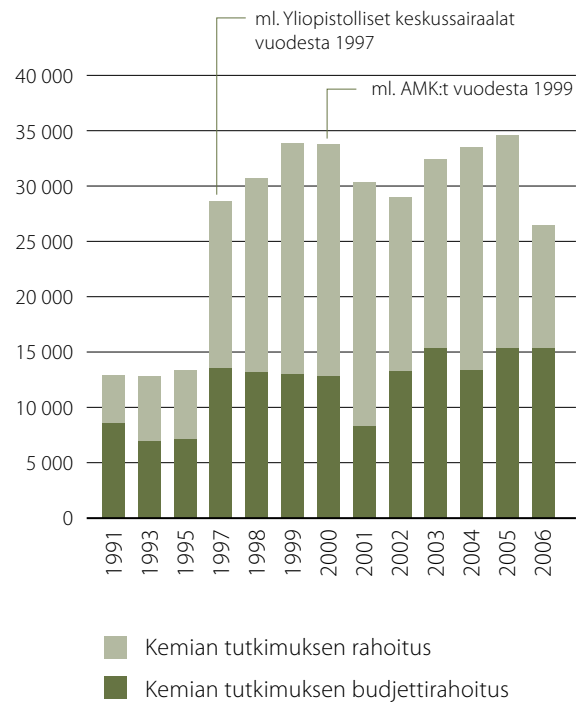
**Kuva 1: Korkeakoulujen tutkimustoiminnan rahoituksen kehitys vuosilta 1991–2006.**

[Tilastokeskus]

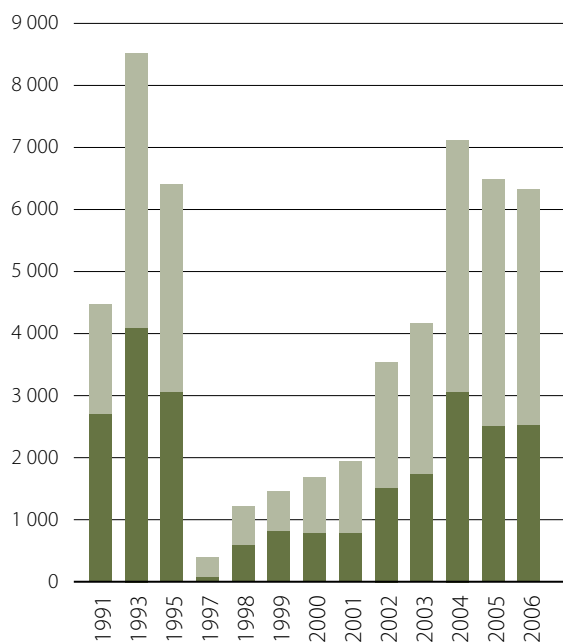


**Kuva 2: Korkeakoulujen kemian tutkimuksen rahoituksen jakautuminen vuosina 1991–2006.**

[Tilastokeskus]

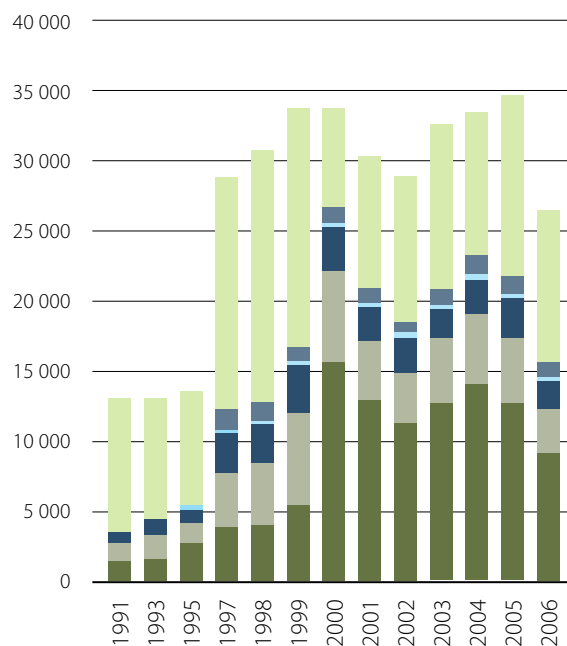


**Kuva 3: Korkeakoulujen teknillisen kemian ja kemian prosessiteknikan tutkimusrahoitus vuosina 1991 – 2006 [Tilastokeskus]**



- Teknillisen kemian ja kemian prosessiteknikan tutkimustoiminnan ulkopuolinen rahoitus
- Teknillisen kemian ja kemian prosessiteknikan tutkimustoiminnan budjettirahoitus

**Kuva 4: Korkeakoulujen kemian tutkimuksen rahoittajat. [Tilastokeskus]**



- Muut rahoituslähteet
- EU-rahoitus
- Ulkomaiset yritykset
- Kotimaiset yritykset
- Tekes
- Suomen Akatemia



# 5

## Yhteistyö muiden tutkimusryhmien kanssa

**Kansallinen yhteistyö muiden tutkimusryhmien kanssa korostuu etenkin Suomen Akatemian ja Tekesin ohjelmissa. Poikkitieteellisyys näkyy ennen kaikkea ryhmien projektiaiheissa ja niiden problematiikassa. Yhteistyöprojekteissa korostuu työnjako, jolloin jokainen tutkimusryhmä tekee omaa osaamistaan vastaavaa osuutta. Tutkimusryhmillä on myös huomattava kansainvälinen yhteistyöverkosto, vaikka esimerkiksi vain 33 % kyselyyn vastanneista on osallistunut EU:n puiteohjelmiin.**

Suomen Akatemian ja Tekesin ohjelmissa tutkimusryhmillä on ollut yhteistyökumppaneita useista eri tutkimusryhmistä, yliopistoista, tutkimuslaitoksista ja yrityksistä. Haastattelujen perusteella tämä ei välttämättä kuitenkaan tarkoita lisääntynyttä yhteistyötä saman yliopiston tai laitoksen tutkimusryhmien välillä. EU:n puiteohjelmien tutkimuskonsortioissa korostuu kansainvälinen yhteistyö eurooppalaisten tutkimusryhmien mutta myös yritysten kanssa.

Nanotiede ja -tutkimus ovat omalta osaltaan tukemassa luonnontieteiden integraatiota ja edistämässä yhteistyötä, kun molekyyli- ja atomitasoon ongelmat ovat yhteisiä niin kemisteille kuin fyysikoillekin.

## Julkiset tutkimusprojektit

Kyselyyn osallistuneista lähes kolme neljännestä (74 %) on osallistunut viimeisen kolmen vuoden aikana Tekesin ohjelmiin ja 71 % Akatemian ohjelmiin.

Osallistuminen EU:n 6. ja 7. puiteohjelmaan on ollut huomattavasti vähäisempää: 33 % tutkimusryhmistä ilmoittaa osallistuneensa EU-projekteihin (Kuva 5). EU-projektien byrokratia koetaan yleisesti raskaaksi ja projektin koordinaatiovastuu suorastaan mah-

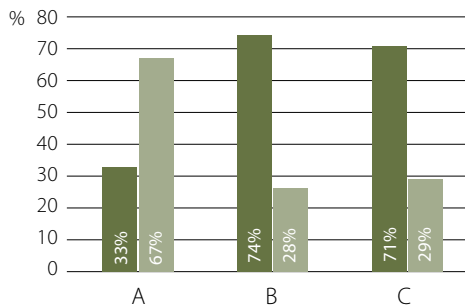
dottomaksi. Hakemusten laatiminen vaatii ammattimaista otetta ja esim. VTT:llä ja Helsingin yliopistolla on käytävissä henkilökuntaa, joka voi auttaa hakemusten laatimisessa. Kuitenkin suurin osa vastaajista (81 %) on kiinnostunut EU-rahoituksesta ja aikoo osallistua EU:n puiteohjelmiin tulevaisuudessa.

Kuvasta 6 ilmenee kokonaisuutena suomalaisten osallistuminen EU:n 7. puiteohjelmaan.

VTT on EU:n tutkimusohjelmis- sa viiden aktiivisimman eurooppalaisen tutkimuslaitoksen joukossa ja suurin toimija Suomessa.<sup>[11]</sup> Se on liittynyt useisiin eurooppalaisiin tutkimusaktiiviteetteihin, kuten ARTEMIS, EERA ja JIIP.

Yksi kartoituksen kysymyksistä koski yhteistyön poikkitieteellisyttä. Poikkitieteellisyys näkyy kaikissa kartoitukseen osallistuneissa ryhmissä; tutkimusryhmät toimivat tänään yhä

**Kuva 5. Tutkimusryhmien osallistuminen Akatemian, Tekesin ja EU:n 6. ja 7. puiteohjelmaan.**



- A EU:n 6. ja 7. projekteihin (yhteensä 27)
- B Tekesin ohjelmiin (yhteensä 27)
- C Akatemian ohjelmiin (yhteensä 28)
- On osallistunut
- Ei ole osallistunut

**Kuva 6. Suomalaisten osallistuminen 7. puiteohjelmaan. [Suomen EU-T&K-sihteeristö, 7. puiteohjelman puolivuotisraportti 6/2009]**



- Yliopistot ja korkeakoulut
- Tutkimuslaitokset
- PK-yritykset
- Isot yritykset
- Muut

enemmän eri alojen rajapinnoilla. Kemian osaamista sovelletaan laajasti lääketieteeseen, bio- ja ympäristötieteisiin sekä kemiallisen prosessiteknikan lähitieteisiin. Poikkitieteellisyys näkyy ennen kaikkea ryhmien projektiaiheissa ja niiden problematiikassa. Kun tutkimusaiheet ovat esimerkiksi biokemian ja lääketieteen piiristä, kemistit, biologit, lääkärit ja fyysikot työskentelevät yhä enemmän yhteisessä kentässä. Tai kun tutkitaan esimerkiksi NMR-

spektroskopiolla biolääketieteellisiä ilmiöitä, hyödynnetään kemian lisäksi tarkoitukseen kehitettyjä tietokoneohjelmia ja matemaattisia menetelmiä.

Yhteistyöprojekteissa korostuu työnjako, jolloin jokainen tutkimusryhmä tekee omaa osaamistaan vastaavaa osuutta Tällöin myös mahdollisuus käyttää erilaisia tutkimusmenetelmiä kasvaa. Menetelmätasolla käytetään yhä enemmän muiden tieteenalojen menetelmiä.

Toisaalta yhteistyö muiden tieteenalojen toimijoiden kanssa koetaan välttämättömäksi, sillä harvalla laitoksella on tarjolla nykyaikaisen tutkimuksen vaatimaa riittävän laajaa laitekapasiteettia.

# 6

## Yhteistyö yritysten kanssa

**Useimmilla kartoitukseen osallistuneilla tutkimusryhmillä on yhteistyötä kotimaisten yritysten kanssa, mutta varsinaiset kemian alan yritykset ovat vähemmistönä yhteistyökumppanien joukossa.**

**Suurelta osalta (96 %) yhteistyö liittyy laboratorion ydinosaamiseen. Yhteistyöprojektit, esim. tuotekehitysprojektit, voivat olla suoraa tilaustutkimusta tai Tekesin osittain rahoittamia tuotekehitysprojekteja. Yhteistyöprojektien lisäksi tutkimusryhmillä on yritysten kanssa myös muuta yhteistyötä (57 prosentilla kyselyyn vastanneista), joka sisältää analyysipalveluja, koulutusyhteistyötä ja konsultointia. Tilaustutkimus on usein lyhytkestoista, kuten mittausarvoja, spektrien ajoa, jne.**

Useimmilla tutkimusryhmillä on yhteistyötä kotimaisten yritysten kanssa, mutta varsinaiset kemian alan yritykset ovat vähemmistönä yhteistyökumppanien joukossa. Kartoituksessa tulivat esiin seuraavat kotimaiset kemian alan yritykset, joiden kanssa tutkimusryhmillä on yhteistyötä: Kemira Oyj, Borealis Polymers Oy, Orion Oyj, Orion Diagnostica Oy, Neste Oil Oyj ja Forchem Oy.

Kemian alan suuryritykset ovat perinteisiä akateemisten tutkimusryhmien kumppaneita, mutta yhteistyö pk-yritysten kanssa on vähäistä. Joillain tutkimusryhmillä ei ole ollut useampaan vuoteen tutkimusprojekteja kemian alan yritysten kanssa, lukuun ottamatta joitakin muutaman kuukauden mittaisia, pieniä toimeksiantoja. Kuvassa 7 on esitetty kemianteollisuuden eri toimialueiden liikevaihto vuonna 2008 tuotannon bruttoarvolta mitattuna.

Yhteistyökumppaneina kartoitukseen osallistuneilla ryhmillä on kuitenkin muiden toimialojen yrityksiä, kuten metsä-, metalli- ja elektroniikka-alan yrityksiä, myös ulkomaisia. Kartoituksen vastanneista 59 prosenttia ilmoittaa, että heillä on sellaisia yhteistyöyrityksiä, joita ei voi ilmoittaa.

Suomalaisten tutkimusryhmien osaaminen kiinnostaa vastaajien mukaan myös ulkomaisia yrityksiä (85 % vastanneista ilmoitti ulkomaisten yritysten kiinnostuksesta), mikä kertoo ainakin eräiden tutkimusryhmien kansainvälisestä tasosta.

Suurelta osalta (96 %) yhteistyö yritysten kanssa liittyy laboratorion ydinosaamiseen. Yhteistyöprojektit, esim. tuotekehitysprojektit, voivat olla suoraa tilaustutkimusta, tai Tekesin

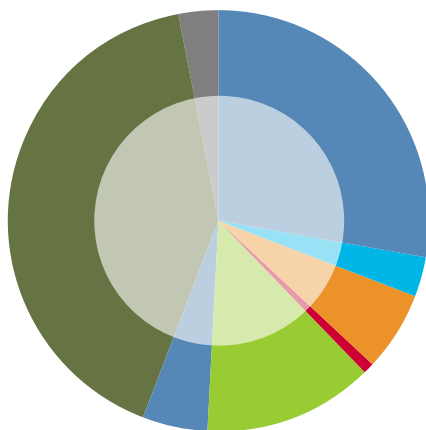
osittain rahoittamia tuotekehitysprojekteja. Vastaajien mukaan (52 % vastaajista) näissä projekteissa on syntynyt keksintöjä. Tilaustutkimus on usein lyhytkestoista, mittausarvoja, spektrien ajoa, jne. Yhteistyöprojektien lisäksi yli puolella kartoitukseen osallistuneista tutkimusryhmistä (56 %) on yritysten kanssa myös muuta yhteistyötä, joka sisältää analyysipalveluja, koulutusyhteistyötä ja konsultointia.

Tarkasteltaessa elinkeinoelämän tarpeita ja yhteiskunnallisia haasteita, joihin kyselyyn osallistuneiden ryhmien osaaminen kohdistuu, ovat lääketieteellisuuden ratkaisut ehkä yllättävänkin suuressa roolissa. Useiden ryhmien osaamista käytetään uusien tehokkaampien ja ympäristöystävällisten lääkeaineiden synteesireittien, uusien lääkeainemolekyylien, lääkeaineluovutuksen tai erilaisten diagnostisten menetelmien kehittämiseen.

Metsä- ja energiateollisuuden uudet teemat ovat vahvasti mukana yhteistyöprojekteissa. Painotus uusiutuvien ja puhtaiden polttoaineiden valmistusprosessien kehitykseen on jo selkeästi nähtävissä. Vastaajat uskovat, että kemia tuottaa vahvasti lisäarvoa metsäteollisuuteen, on sitten kyse perinteisestä paperinvalmistuksesta tai niistä uusista mahdollisuuksis-



**Kuva 7: Kemianteollisuuden liikevaihto 2008.[Lähde: Kemianteollisuus ry:n vuosikatsaus 2008-2009]**



- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| ■ Peruskemikaalit 28%          | ■ Muovituotteet 13% |
| ■ Maalit ja lakat 3%           | ■ Kumituotteet 5%   |
| ■ Lääkkeet 6%                  | ■ Öljytuotteet 41%  |
| ■ Pesuaineet ja kosmetiikka 1% | ■ Muut 3%           |

ta, joita biojalostamokonsepti voi tarjota suomalaisen metsäteollisuuden uudistamiseen. Biojalostamo muodostaa uuden elementin metsäteollisuuden uudistamiseen ja uudentyypiselle liiketoiminnalle pitkällä aikavälillä ja yhdistää kemian ja metsäteollisuuden uudella tavalla. Uusien teknologioiden, kemian ja nanoteknologian käyttö paperinvalmistuksessa nähdään tärkeäksi. Ympäristöystävällisyys, kierrätettävyys ja vihreä kemia koetaan ajankohdaisiksi asioiksi tämän päivän tutkimusprojekteissa.

## Yrityksiä kiinnostava osaaminen

*"Pitää vain olla jollain alalla paras."*

Kotimaisten ja ulkomaisten yritysten tarpeet eivät ole vastaajien mielestä kovin erilaisia. Menestyviä yrityksiä kiinnostaa samantyyppinen osaaminen maasta riippumatta markkinoiden ollessa globaaleja. Kansainväliset yritykset ja kumppanit hakevat parhaan osaamisen mistä päin maailmaa tahansa. Sama tietysti koskee myös suomalaisia yrityksiä. Tässä kilpailussa tutkimusryhmien tulee selvittää. Pienilläkin yrityksillä on mahdol-

lisuus löytää tarvitsemansa osaaminen ja sopiva yhteistyökumppani nykyisen informaatioteknologian maailmassa. Yritykset eivät hae yliopistoista osaamista, jota heillä jo on, vaan syvällisempää kemian osaamista ja uusia ratkaisuja.

Kartoitukseen osallistuneiden tutkimusyksiköiden johtajien mielestä valitettavasti yritysten oman osaamisen suunta tuntuu kuitenkin nykyisin kohdistuvan vain kapeasti yrityksen omaan

toimialaan, pitkälti tuotannon ylläpitämiseen, käytännön sovellusten kehittelyyn ja ideointiin. Yritysten tutkimus- ja kehitystoiminta on soveltavaa tutkimusta, josta hyöty on saatava mahdollisimman pian. Myös soveltavan tutkimuksen osuus näyttää vähenevän.

## Vastaajien näkemyksiä yrityksiä kiinnostavasta osaamisesta:

- Yrityksiä kiinnostaa innovatiivinen, edistyksellinen korkea-asteentuntemukseen perustuva erityisosaaminen, joka on johtavaa maailmassa, kuinka kapealla alalla tahansa.
- Suomella on hyvä kemian osaamisen taso ja suomalaisten tutkijoiden työpanos on varmasti tulevaisuudessa arvoitettua ulkomailla. Monialaista osaamista tarvitaan, mutta toisaalta tarvitaan huippuosaajia, jotka hallitsevat teknisiä kysymyksiä selvästi perustutkinnon opetustavoitteita paremmin ja väitöskirjan tavoitteita laajemmin.
- Poikkitieteellinen ja monialainen osaaminen on arvostettua. Esille nousivat mm. seuraavat:
  - *Kokeellisen ja laskennallisen kemian työkalujen samanaikainen hallinta.*
  - *Kemian, toksikologian, ympäristötieteiden ja juridiikan osaaminen (kemikaalilainsäädännön tuomat velvoitteet).*
  - *Kemia - biologia / molekyylibiologia*
  - *Kemia - kestävä kehitys (monitieteellinen) ja kierrätys*
  - *Kemia - fysiikka*
  - *Kemia - nanoteknologia laajemmin*
- Nanoteknologian sekä uusiutuvan energian ratkaisut. Onnistuessaan ne ovat miljardien eurojen arvoista uutta liiketoimintaa lähivuosikymmeninä. Tähän liittyy logistiikan siirtyminen raiteille, aurinkoenergian kasvava hyödyntäminen, tuulivoiman rakentaminen, rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Uusiutuva energian tuotanto ja biopohjaisten polttoaineiden kehittäminen ovat suuria tulevaisuuden aloja, niin ikään sähkön varastointi sekä autojen että kannettavien laitteiden tarpeisiin.
- Analyttisellä osaamisella näyttää olevan kysyntää. Kysynnän painopiste on ehkä siirtymässä analyysipalveluiden suuntaan.

## Kuinka kehittää yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä tulevaisuudessa?

*"Yritysten tieteellisten ongelmien ja haasteiden saattaminen yliopistojen asiantuntijoiden tietoon voi johtaa tyylikkäisiin ratkaisuihin."*

*" Olisiko ratkaisuna yritysten parempi pääsy yliopistojen tutkimustietoon esimerkiksi tutkimustorien ja julkaisutorien muodossa."*

**Kartoituksessa tuli esille huoli siitä, tunnetaanko pienissä ja keskisuurissa yrityksissä riittävästi yliopistotutkimuksen antamia mahdollisuuksia. Kuinka saadaan yritykset ja tutkimusryhmät kohtaamaan toisensa paremmin, kun yrityksissä ei välttämättä tiedetä niistä mahdollisuuksista, joita tutkimusyhteistyö osaa-**

**van tutkimusryhmän kanssa voi antaa? Kysely osoittaa, että teollisuuden ja tutkimuslaitosten vuorovaikutusta tulisi kehittää konkreettisemmaksi.**

Yliopistoissa arvostellaan usein yritysten passiivisuutta, niiden kyvyttömyyttä, halua ja mahdollisuuksia sitoutua

pitkäjänteiseen yhteistyöhön ja rahoitukseen. Kuvassa 8 on esitetty eri toimialoja edustavien yritysten t&k-menot vuosina 2005–2007.

Yritykset näyttävät esimerkiksi olevan valmiimpia sellaisiin Tekesin hankkeisiin, joissa teollisuusrahoituksen osuus on 10–20 % kuin tuotekehityshankkeisiin, joissa Tekes-rahoitus

on "vain" 50 % tai vähemmän. Julkisten hankkeiden ongelmaksi nähdään usein samalla liiketoiminta-alueella toimivien yritysten vaikea sitoutuminen yhteiseen projektiin (taustalla ovat usein IPR-asiat), ei niinkään itse akateemisten tutkimusryhmien ja teollisuusosapuolen välinen yhteistyö.

Erityisesti tutkimusryhmät kaipaavat yritysten syvempää sitoutumista, pitkäjänteistä yhteistyötä ja rahoitusta. Esim. vähintään väitöskirjatyön pituinen 4-vuotiskausi olisi toivottava periodi, vaikka toisaalta opinnäytetyöt ja yritysyhteistyö voivat olla vaikeita sovittaa yhteen, jos tuloksia ei saa julkaista tai julkaiseminen on hidasta. Jossain määrin tutkijat ovat myös sitä mieltä, että yliopistoryhmän ei oikeastaan pitäisi lähteä mukaan mihinkään sellaiseen projektiin, joka ei kestä useampia vuosia.

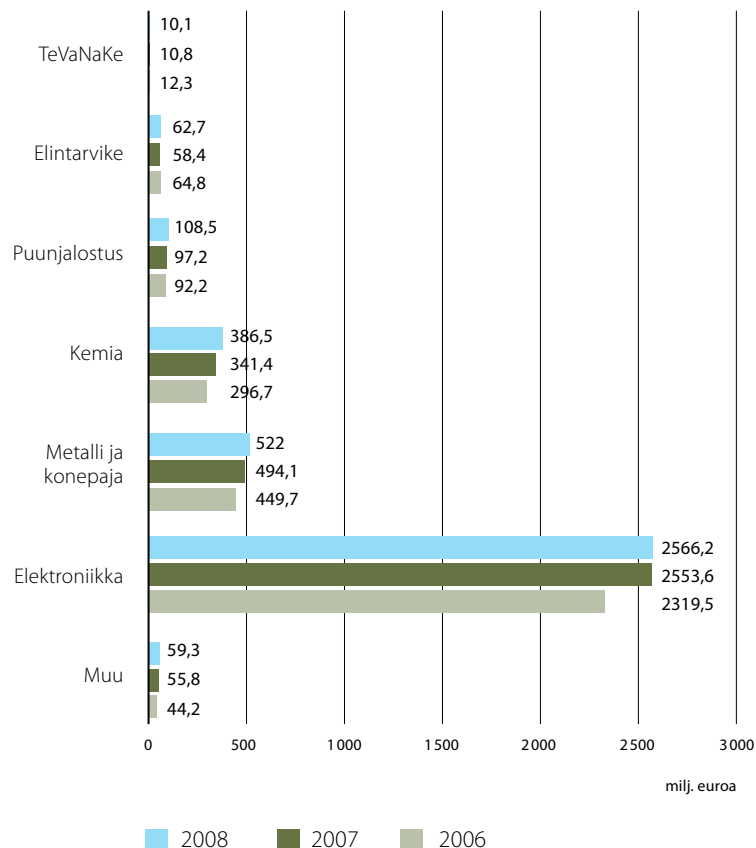
Voimakas tuki perustutkimukselle nähdään tärkeäksi. Kun suuntaus on yhä enemmän soveltavaan tutkimukseen, jossa "maksuaika on melko lyhyt", on vaikeaa saada tukea pitkäjänteiselle perustutkimukselle ilman välittömiä kaupallisia tavoitteita.

Haastateltujen mielestä kemianteollisuuden ja myös muiden toimialojen yritysten – kemianteollisuuden asiakasyritysten – tulisi hakeutua innokkaammin yliopistoyhteistyöhön. Yhtenä keinona voisivat olla tutkijavierailut puolin ja toisin. Myös teollisuuden tutkijat voisivat olla yliopistossa tutkijavaihdossa ja päinvastoin. Samoin ulkomaisten tutkijoiden pidempiaikaisia vierailuja ja suomalaisten tutkijoiden säännöllisiä tutkijavierailuja ulkomaisiin tutkimusinstituutteihin ja teollisuuteen tulisi tukea järjestämällä rahoitusta

Tutkijat odottavat yrityksiltä myös suurempaa kiinnostusta yliopistoryh-

**Kuva 8: Yritysten t&k-menot toimialoittain vuosina 2006–2008**

[Tilastokeskus]



mien työtä kohtaan. Toivotaan avoimempaa keskustelua yritystutkimuksen problematiikasta. Yritykset voisivat myös itse pyrkiä aktiivisesti löytämään tutkijoita, joilla voisi olla ideoita heidän ongelmiansa ratkaisemiseksi.

Yliopistojen edustajat katsovat, että elinkeinoelämän tuotekehitystoiminnassa tarvittaisiin innovatiivisuuden kehittämistä. Yritykset voisivat käyttää enemmän yliopistotutkijoiden osaamista ja kutsua heitä esimerkik-

si esittelemään ideoitaan ja osaamistaan. Usein yritysten salassapitosäännökset koetaan yhteistä keskustelua rajoittaviksi.

Toisaalta kehittämistarpeita nähdään myös yliopistotutkimuksen puolella: myös yliopistotutkijan pitäisi malttaa aistia, mistä ympäröivä elinkeinoelämä on mahdollisesti kiinnostunut, mitä tarpeita sillä on, ja suunnata tutkimustaan sen mukaan.

## Palvelututkimus

Useimmat yliopiston kemian yksiköt tekevät myös palvelututkimusta. Pääasiassa laitokset tarjoavat erilaisia analyttisiä mittaus- ja tutkimuspalveluita. Taulukossa 4 ja liitteessä 3 on luetteloitu kemian yksiköiden tarjoamaa palvelututkimusta. Sen lisäksi esimerkiksi Oulun yliopiston kemian laitoksella on kol-

me palvelulaboratoriota: NMR-laboratorio, hivenainelaboratorio ja massaspektrometrian laboratorio. Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa toimii yliopiston ja teollisuuden välimaastossa erotusteknologiankeskus, CST.



**Taulukko 4. Yliopistojen kemian laitosten tarjoamaa palvelututkimusta.**

(Tarkemmat tiedot liitteessä 4)

Yliopisto	Palvelu
Helsingin Yliopisto	Karakterisointipalvelua: mikroskoopit (SEM, EDS, STEM, AFM, STM), röntgenmenetelmät (XRD, XRR), termoaalyysi (TG).
	Synteetikemiaa
	Ohutkalvokemia ja pinnoitus
	Polymeerien valmistus, materiaalien karakterisointi
	Orgaaninen synteesi, vihreä kemia, deuteroinnit, rakenneanalyysit
	NMR-spektroskopia, rakennemäärittelyt, malliainesyntetiikka
	Nukleotidikemia
Jyväskylän yliopisto	NMR-analyysija.
	Kristallografia ja muita rakennekemiallisia määrittelyjä: kristallografia
	Kristallografia ja muita rakennekemiallisia määrittelyjä: NMR
	Synteesisuorituksiin liittyvää konsultointia, tilaussynteesejä
	Teollisuuden erikoistarpeita hyödyntäviä selvityksiä ja analyysipalveluja
Joensuun yliopisto	Erikoismateriaalien tutkimuskeskus (Smarc)
	Tarkan resoluution ESI-FTICR massaspektit
Kuopion yliopisto	NMR analytiikka, syntetiikka
	Orgaanisten molekyylien synteetit
	Metallien ja orgaanisten yhdisteiden analytiikka erilaisista matriiseista
Lappeenrannan yliopisto	Paperin ja massan valmistukseen liittyvät pilotointi-, laboratorio- ja esiselvitys- ym. tutkimuspalvelut.
Oulun yliopisto	Epäorgaanisia analyysipalveluja
	Orgaanisia analyysipalveluja
	Synteettistä ja analyttistä (orgaanista/epäorganista) palvelututkimusta.
Teknillinen Korkeakoulu	Prosessien esiselvitys ja kehitys.
	Polymeerispesifisiä analyysipalveluja rajoitetusti
	Aineominaisuuksien mittausta
	Mallitusprojektit
	Analyysi- ja asiantuntijapalveluja
	Analyysipalveluja: alkuaineanalyysit ja MS
	Analyysipalveluja: NMR
Tampereen teknillinen yliopisto	Teknisten tekstiilien mekaaninen mittaus
	Nanomateriaalien valmistus
Åbo Akademi	SAXS, huokoskokomittauksia, partikkelikokomittauksia, kontaktikulmamittauksia, pintajännitysmittauksia, AFM-mittauksia
Turun yliopisto	Vähintään 6 kk:n rahoitetut projektit



# 7

## Tulevaisuuden visioita

### Kuinka kemianteollisuus tulee kehittymään tulevaisuudessa

*"Suomalainen kemisti toimii tulevaisuudessa suunnittelijana, koordinoijana ja projektijohtajana monikansallisissa projekteissa, joissa kehitetään tulevaisuuden kemian alan tuotteita."*

*"Kemianteollisuus loppuu Suomessa. Kaikki tehtaat siirretään vähitellen Intiaan ja Kiinaan, jossa työvoima on halpaa ja ympäristöriskoksia ei tunneta."*

**Suomen kemianteollisuuden tulevaisuuden mahdollisuuksia ovat kyselyn mukaan kemiallinen energia-teollisuus, uudistuva metsäteollisuus, bioraaka-aineet ja erikoiskemikaalit.**

Osa tutkimusryhmien johtajista näkee Suomen kemianteollisuuden tilanteen aika synkkänä. Tämä johtuneeksi kyselyn ajankohdasta, globaalista talouskriisistä ja viime vuosien synkästä kehityksestä, kun tuotantoa, osaamista, tuotekehitystä ja tutkimusta on siirretty muihin maihin.

Metsäklusterin valmistustoiminnan uskotaan siirtyvän yhä enemmän ulkomaille, mutta toisaalta uskotaan alueen t&k- toiminnan aseman vahvistuvan – ellei sekin siirry Kaukoitään. Tä-

mä voidaan estää tehokkaasti toimivalla t&k-organisaatiolla ja uusien metsäbiomassaan perustuvien tuotteiden onnistuneella kaupallistamisella.

Niukkoina aikoina karsitaan ensimmäisenä tutkimustoiminnasta, mikä nähdään teollisuuden Akilleen kantapäänä. Tämä heijastuu myös yliopistoyhteistyöhön: yritykset eivät panosta enää tutkimukseen yliopistojen kanssa niin paljon kuin ennen. Tutkimuksen lyhytjännitteisyyden koetaan lisääntyneen entisestään.

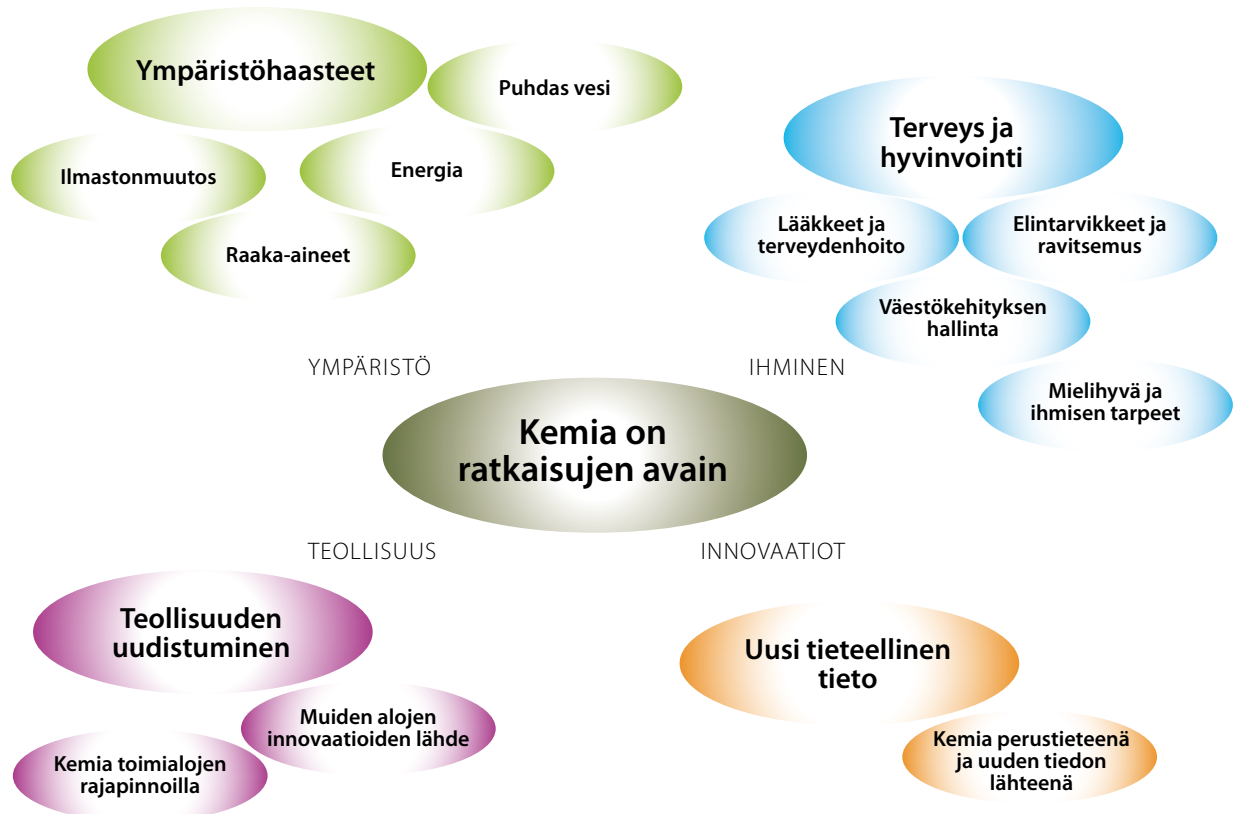
Toisaalta yliopistoissa on kuitenkin vielä uskoa suomalaiseen kemianteollisuuteen. Kemianteollisuuden nähdään suuntautuvan erikoisalueille, vastaajien toiveiden mukaan ennakkoluulottomasti uusiin suuntiin ja uusteollistamisen suuntaan. Alan uskotaan

menestyvän globaaleilla markkinoilla korkean teknologian erikoistuotteilla hyvän osaamisen avulla. Tutkimus- ja tuotantointressit tulevat todennäköisesti keskittymään Suomessa muutamaani ydinalueisiin.

Kemia integroituu monien toimialojen tutkimukseen ja kehitystoimintaan. Kemia on tieteen ja yhteiskunnan haasteiden ytimessä (Kuva 9). Kuvasta 10 nähdään kuinka tutkimusryhmien johtajat näkevät osaamisensa hyödyttävän eri toimialoja. Kysely antoi mahdollisuuden valita vain yhden toimialan, mutta useat kommentoivat, että heidän osaamistaan voidaan hyödyntää useammalla toimialalla. Karitoituksessa suurimman painoarvon saivat funktionaaliset ja älykkäät materiaalit.

**Kuva 9: Kemia tieteen ja yhteiskunnan haasteiden ytimessä**

[Kemianteollisuus ry 2008]



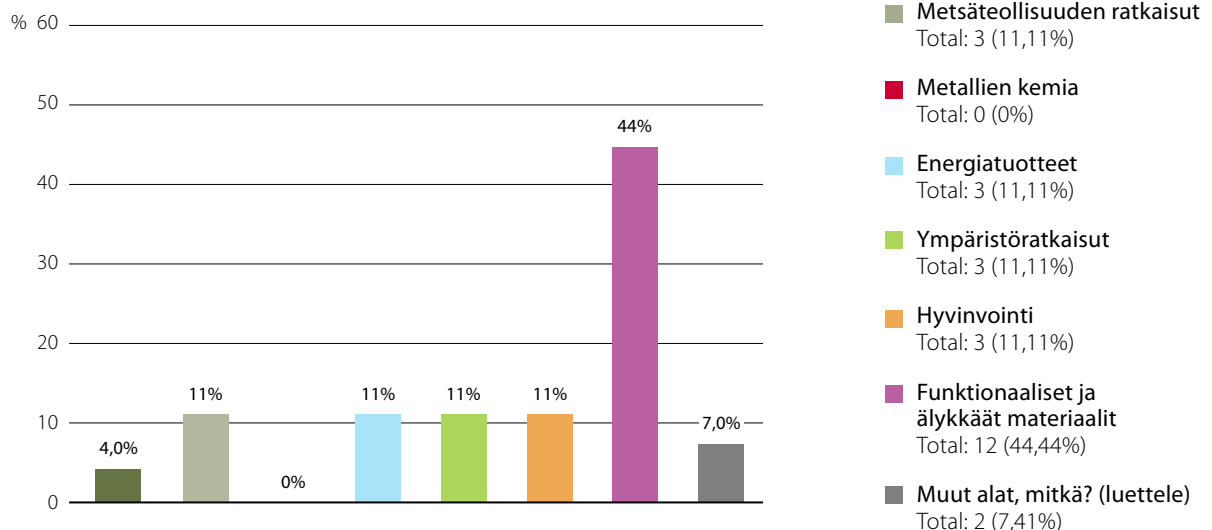
**Uusia mahdollisuuksia ja konkreettisia sovellusmahdollisuuksia kemian osaaminen tarjoaa tulevaisuudessa erilaisten innovaatioiden kautta esimerkiksi seuraavilla alueilla:**

- Uusien materiaalien kemia, uudet polymerointiteknologiat ja biopolymeerit
- Kemia yhdistettynä muihin kehittyviin tieteen ja teknologian alueisiin
- Kemian mahdollisuudet ympäristösektorilla, hyvinvointisektorilla, elektroniikassa ja metsäteollisuudessa
- Uusiutuvien resurssien käyttö kemian keinoilla

Kemian mahdollisuudet nähdään erikoisesti ympäristösektorilla, hyvinvointisektorilla, elektroniikassa ja metsäteollisuudessa. Mahdollisuuksiksi nähdään biopohjaisten hienokemikaali- ja paperiprosessien kehittyminen ja funktionaaliset nanomateriaalien sovellukset.

Raaka-aineiden merkitys tulee lisääntymään, ja bioraaka-aineiden osuuden uskotaan kasvavan. Suomalainen metsä, bioraaka-aineet ja mal-

Kemian osaaminen eri muodoissaan integroituu monien toimialojen kehitystoimintaan sekä tuottaa eri aloille monipuolista lisäarvoa. Millä seuraavista toimialoista osaamistanne voisi parhaiten hyödyntää tulevaisuudessa?



**Kuva 10: Kemian yksikköjen tutkimus- ja kehitystoiminta hyödyttää myös tulevaisuudessa eri toimialoja.**

mit tulevat haastateltavien mielestä olemaan vielä arvokkaita raaka-aineita, ja kemianteollisuus tulee nostamaan jalostusarvoaan. Jatkossa, luultavasti vähän pidemmällä kuin 10 vuoden perspektiivillä, odotetaan tapahtuvan siirtyminen uusiutuvista raaka-aineista johdettuihin peruskemikaaleihin korvaamaan esim. öljystä valmistettuja materiaaleja. Näin ollen uusien synteesireittien ja prosessien kehittäminen lopputuotteiksi tulee olemaan suuri haaste.

Energiaa ja raaka-ainetta säästävät ratkaisut tulevat avaamaan uusia tuotantotapoja. Tällöin esimerkiksi katalyyssi on tärkeä työkalu kehitettäessä uusia prosesseja. Haastateltavat toivovat suomalaisten olevan mukana tässä kehityksessä. Jos Suomessa ymmärre-

tään panostaa tähän kehitykseen, uskotaan kemianteollisuuden selviävän raaka-ainepohjan vähittäisestä vaihtumisesta aiheutuvasta murroksesta.

Kartoituksen vastauksissa kiinnitettiin huomiota siihen, että omien raaka-aineiden pohjalle rakentuva kemianteollisuus tarvitsee uutta ajattelua luonnon raaka-aineiden tutkimuksessa ja jalostamisessa hyötykäyttöön. Asennemuutoksella tulee olemaan suuri merkitys. Ratkaisevaa on, kuinka ennakkoluulottomasti ja tehokkaasti suomalainen metsäteollisuus haluaa ja osaa hyödyntää kemian antamia mahdollisuuksia puuraaka-aineen käytössä.

Suuria innovaatioita ei kuitenkaan odoteta syntyvän. Vastaajat toivovat, että puun ja muun biomassan käsit-

telyyn otettaisiin käyttöön uusia tutkimusmenetelmiä ja tutkittaisiin uusia ideoita, joiden avulla erikoiskemikaalien tuotantomenetelmiä voitaisiin kehittää aivan uusilla tavoilla. Tähän joukkoon voi laskea myös biopolttoaineteiden tuotannon

Eryisesti hieno- ja erikoiskemikaalien ja lääkeaineiden valmistuksessa ollaan siirtymässä uusien teknologioiden myötä kokonaan uusiin mahdollisuuksiin, joissa osaaminen korostuu entisestään. Prosessit ja tuotteet kehittyvät entistä erikoistuneempaan suuntaan. Haastateltujen mielestä energian hinnan nousu voi aiheuttaa painetta uusien käyttötapojen löytämiseksi.



# Minkälaista osaamista Suomen kemianteollisuus tarvitsee tulevaisuudessa?

Haastatteluissa ja kyselyssä esiin tulleiden näkemysten mukaan Suomi tarvitsee uudenlaista, innovatiivista, monipuolista, uusiin menetelmiin pohjautuvaa ja perusasiat ymmärtävää erityisasioiden osaamista. Lisäksi tarvitaan näkemysellisiä ja rohkeita organisaattoreita, jotka kykenevät katsomaan yli eri tutkimuslaitosten tuloskriteerien ja julkisten rahoittajien ohjaavan vaikutuksen. On oltava muuta kuin virasto-ohjaamista, tarvitaan ammattimaisesti toimiva t&k-verkosto yritysten lyhyen sekä pitkän tähtäimen tarpeiden täyttämiseksi.

## Otteita vastauksista: Minkälaista osaamista Suomen kemianteollisuus tarvitsee?

- Vankkaa perustutkimukseen pohjautuvaa innovaatio-osaamista.
- Hyvää kemian perusosaamista, mutta myös modernien tekniikojen ja soveltavien alojen tuntemusta.
- Syvällistä kemian ja kemian tekniikan osaamista kansallisesti tärkeillä teollisuuden aloilla. Kokonaisvaltaista osaamista monelta osa-alueelta, mutta eteenkin tietotekniikan ja verkostoitumisen osaamista.
- Innovatiivista ja ennakkoluulontonta suunnittelua.
- Laaja-alaista soveltamista uusilla alueilla. Syvällistä kemiallistekniikallista osaamista, jota osataan soveltaa käytäntöön.
- Liiketoimintaosaamista.
- Hyviä analyysipalveluja, analyttisistä kemiaa.
- Korkean tason innovatiivista synteesikemiaa, materiaalikemiaa, rakennekemiaa.
- Kemian, toksikologian, ympäristötieteiden ja juridiikan osaamista (kemikaalilainsäädännön tuomat velvoitteet).
- Ympäristökysymyksissä monialaisuutta (vihreä kemia-teollisuusekologia- toksikologia-ekonomia).
- Fotoniikkaa.
- Monifunktionaalisia materiaaleja ja nanomateriaaleja.



# Mitkä ovat ne yliopistojen kemian osaamisen kehitystarpeet, joiden avulla Suomen kemianteollisuus selviää tulevaisuuden haasteista?

*"Jos kemianteollisuus haluaa säilyä ja menestyä tulevaisuudessakin, tarvitaan merkittävää lisäpanostusta perustieteisiin ja perustutkimukseen."*

*"Myös pitkäjänteistä, uutta etsivää tutkimusta on rahoitettava."*

*"Ovatko kemian yksiköt liian pieniä?"*

Yliopistokentässä nähdään, että Suomen kemian ja kemianteollisuuden uhat eivät ole niinkään ulkoisia vaan sisäisiä – onnistummeko itse pilaamaan hyvätkin edellytykset? Vastaajien mukaan kemianteollisuuden ääni ei kuulu, eikä tunnu opetusministeriössä tarpeeksi. Kemianteollisuuden tulisi selvemmin käydä näistä asioista keskustelua opetusministeriön kanssa, sillä ministeriö kuitenkin jatkossa ohjaa hyvin paljon yliopistojen toimintaa. Näin tulee tehdä ennen kuin on liian myöhäistä.

Vastaajien mukaan yliopistojen kemian tutkimusta tulee kehittää siten, että se on kansainvälisesti kilpailukykyistä, niin lähellä huippua kuin mahdollista. Tiedon hyödyntäminen ei vastaajien mukaan ole yliopistojen ratkaistavissa. Yliopistot eivät voi ratkaista teollisuuden ongelmia mutta ne voivat käydä asiasta vuoropuhelua, jos teollisuus sitä haluaa.

Suomalaisen kemian korkeakoulutuksen on vaikea kilpailla nykyisillä resursseilla hyvin rahoitettujen huippuyliopistojen kanssa. Vastaajat toivat esiin, että Kiinassa ja Intiassa kou-

lutetaan jo nyt ja lähitulevaisuudessa merkittävä määrä hyviä asiantuntijoita suuresta oppilasmäärästä.

Juuri nyt olisikin Suomessa käytettävä merkittävästi enemmän rahaa tutkimukseen ja koulutukseen, jotta osaamisen taso pystyttäisiin varmistamaan. Tietotason nostaminen on välttämätöntä, jotta voidaan etsiä parhaita teollisia ratkaisuja uusien kestäväen kehityksen mukaisten tuotteiden kehittämiseen, niiden energiatehokkääseen ja raaka-aineita säästävään tuotantoon ja erilaisten sivuvirtojen ja päästöjen hallintaan.

Vastaajat korostivat, että olisi tärkeää houkutella todella motivoituneita, päteviä opiskelijoita kemiaan ja kemian tekniikkaan. Näyttää siltä etteivät kemia ja luonnontieteet kiinnosta suomalaisia nuoria, ja yhtenä ratkaisuna nähtiin kansainvälinen rekrytointi. Panostus ulkomaisten väitöskirjatyöntekijöiden ja post-docien saamiseen maahan, korkeammalla palkkatasolla kuin heidän kotimaassaan maksetaan, olisi selkeä sijoitus tulevaisuuteen.

Vastaajien mukaan koulutukseen

tarvitaan lisää resursseja. Haastatteluvien mielestä Suomen yliopistoissa opetetaan uusinta kemian tietämystä, mutta siitä huolimatta kemistien laadussa on kuitenkin toivomisen varaa. Opiskelijoiden määrä ja laatu on pidettävä sopivalla tasolla työllisyyteen nähden. Kemisti tarvitsee vahvan, riittävän laaja-alaisen poikkitieteellisen peruskoulutus pohjan, josta on helppo erikoistua omalle erikoisalalle. Kemistikoulutukseen tarvitaan lisää fysiikkaa, biologiaa ja matematiikkaa. Olisi luovuttava kemian klassisesta jaottelusta (orgaaninen, fysikaalinen, epäorgaaninen jne.) ja siirryttävä kemistien putkitutkinnoista laaja-alaisempaan osaamiseen.

Vastauksissa tuotiin myös esiin huoli opintojen tehostamisvaatimusten vaikutuksista. Vastaajat kokivat, että koulutusohjelmien rakenteita ollaan muokkaamassa tutkintotuotantotehokkuuden ehdoilla. Valmistumisaiכון lyhentäminen ei saisi muodostua avainkysymykseksi. Opiskelijoilla pitäisi olla aikaa omaksua ja kehittää kykyä omaksua sekä luoda kokonaiskäsi-



tyksiä, mutta nykytilanteessa mahdollisuudet tähän koettiin heikoiksi.

Tärkeänä kehittämiskohteenä määritettiin myös tohtorikoulutuksen kehittäminen. Tohtoreiden osaamistaso ja valmiudet ovat kehittyneet koko ajan, ja tohtorit ovat yhä nuorempia. Vastajien mukaan maisteritason osaamisella on vaikea enää pärjätä kansainvälistyvien yritystemme tutkimus- ja tuotekehityksessä. Yliopistoissa tulisi siirtyä laajamittaisesti tenure track -järjestelmään, jotta nuoret, innovatiiviset tutkijat saisivat tilaisuuden näyttää kyntensä pienen tutkimusryhmän kanssa.

Jo viisi vuotta sitten toteutetussa tiedekorkeakoulujen ja yliopistojen kemian alan tutkimuksen kartoituksen loppuraportissa todettiin Suomen in-

novaatiojärjestelmän heikkouksiksi tutkimuksen hajanaisuus sekä asiakaslähtöisten innovaatioiden vähyys<sup>[12]</sup>. Uuden tiedon ja keksintöjen saattaminen käytäntöön kangertelee, eikä hajanaisella rakenteella pystytä synnyttämään huipputason osaamista.

Kartoitukseen osallistuneiden tutkimusryhmien johtajien mielestä on huolehdittava siitä, että kemian laitokset pysyvät riittävän monipuolisina niin opetuksen, tutkimuksen kuin laitekannan suhteen. Ei riitä, että yliopistojen hallitukset itsekseen miettivät, mihin kussakin yliopistossa keskitytään. Vastauksissa esitettiin, että tarvitaan kansallisen tason strategiaa - missä yliopistossa opetetaan kemiaa, millä tasolla ja laajuudella, ja mitä se

käytännössä tarkoittaa. Tämä voi merkitä myös kemian laitosten määrän supistumista, jotta olemassa oleville laiteille voidaan taata riittävät resurssit

Yliopistojen tulisi tehdä entistä enemmän yhteistyötä yhteiskunnan kanssa ja toteuttaa siten yliopiston kolmatta tehtävää, mikä käytännössä merkitsee tarvetta lisätä esimerkiksi soveltavaan tutkimukseen tähtäävää toimintaa. Omien raaka-aineiden pohjalta rakentuva kemianteollisuus tarvitsee uutta ajattelua kyseisten aineiden tutkimuksessa ja jalostamisessa hyötykäyttöön - sen myötä yliopistot tarvitsevat enemmän sellaisia henkilöitä, jotka osaavat soveltaa omaa tietotaitoaan potentiaalisilla alueilla.



# 8

## Viitteet

- 1) [www.helsinki.fi/yliopisto](http://www.helsinki.fi/yliopisto)
- 2) [www.joensuu.fi/yliopisto](http://www.joensuu.fi/yliopisto)
- 3) [www.jyu.fi/](http://www.jyu.fi/)
- 4) [www.uku.fi/](http://www.uku.fi/)
- 5) [www.lut.fi/fi/lut/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/lut/Sivut/Default.aspx)
- 6) [www.oulu.fi/yliopisto/](http://www.oulu.fi/yliopisto/)
- 7) [www.tut.fi/public/](http://www.tut.fi/public/)
- 8) [www.tkk.fi/fi/](http://www.tkk.fi/fi/)
- 9) [www.utu.fi/](http://www.utu.fi/)
- 10) [www.abo.fi/public/](http://www.abo.fi/public/)
- 11) [www.vtt.fi](http://www.vtt.fi)
- 12) M. Pohjakallio, Suomen tiedekorkeakoulujen ja yliopistojen kemian alan tutkimuksen kartointus, Loppuraportti, Kemianteollisuus ry, 2005.

# 9

## Liitteet

- Liite 1: Kartoituksen internetkyselyn kysymykset
- Liite 2: Tutkimusryhmien osaamisalueet ja mihin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin ryhmien osaaminen vastaa
- Liite 3: Yliopistojen kemian laitosten tarjoamaa palvelututkimusta
- Liite 4: Kartoituksen yhteydessä tehdyt haastattelut



# Kartoituksen internetkyselyn kysymykset

Kartoitus kemian tutkimus- ja osaamisalueista Suomen yliopistojen ja tiedekorkeakoulujen kemian ja kemiantekniikan yksiköissä ja tutkimuslaitoksissa 2009

## KYSYMYKSET

### Taustatiedot tutkimusryhmästä

- Tutkimusryhmän johtaja
- Yliopisto / Tutkimuslaitos
- Laitos / laboratorio
- Ryhmässänne 3 viimeisen vuoden aikana suoritettujen tutkintojen lukumäärä:
  - tohtorin tutkinnot
  - maisterin tutkinnot
- Mitkä ovat oman tutkimusryhmänne tutkimusalueet?

### Osaamisalueet

- Mitkä ovat laboratorionne viisi tärkeintä ydinosaamisaluetta, TOP 5?
- Mihin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin osaamisenne vastaa?
- Mitä konkreettisia sovellusmahdollisuuksia osaamisenne tarjoaa tulevaisuudessa esimerkiksi erilaisten innovaatioiden kautta?
- Miten osaamisalueettanne tulisi kehittää tulevaisuudessa?
- Kuinka näette tutkimusryhmänne osaamistason tärkeimmillä osaamisalueillanne verrattuna kansainväliseen tasoon?

### Resurssit

#### Henkilöresurssit.

- Kuinka monta henkilöä toimii tällä hetkellä seuraavissa työsuhteissa
  - tutkijoiden määrä
  - tohtoritutkijoita
  - jatko-opiskelijoita yhteensä
  - vakinaisessa työsuhteessa
  - määräaikaisessa työsuhteessa
  - työsuhteen keskimääräinen kesto

- **ulkomaisten tutkijoiden lukumäärä**
  - jatko-opiskelijoina
  - tohtoritutkijoina
- **muuta laboratorioteknistä henkilökuntaa (missä tehtävissä; lukumäärä)**

### Rahoitus

- **Kuinka tutkimuksen rahoitus jakautuu**
  - Yliopiston perusrahoitus %
  - Akatemian projektit %
  - Yritysrahoitus %
  - Tekes-projektit %
  - EU-projektit %
  - Muu rahoitus %. Mikä?

### Yhteistyö

- **Kotimaiset tutkimusryhmät, joiden kanssa ryhmänne on tehnyt yhteistyötä viimeisen 3 vuoden aikana**
  - tutkimusryhmät; ryhmän johtaja ja laitos /yliopisto
  - mihin kemian osa-alueisiin yhteistyö suuntautuu
  - yhteisiä tutkimusprojekteja; määrä, tutkimusalue
  - yhteisiä julkaisuja (viimeisen 3 vuoden ajalta); määrä
- **Näkykö poikkitieteellisyys ryhmänne tutkimusprojekteissa, ja millä tavalla?**
  - Ei / kyllä, miten?
- **Kansainväliset tutkimusryhmät, joiden kanssa ryhmänne on tehnyt yhteistyötä viimeisen 3 vuoden aikana**
  - tutkimusryhmät; ryhmän johtaja ja laitos /yliopisto
  - mihin kemian osa-alueisiin yhteistyö suuntautuu
  - yhteisiä tutkimusprojekteja; määrä, tutkimusalue
  - yhteisiä julkaisuja (viimeisen 3 vuoden ajalta); määrä

### Yhteistyö elinkeinoelämän ja kotimaisten yritysten kanssa

- **-Yritykset, joiden kanssa yhteistyötä**
  - Onko edellä mainittujen lisäksi yrityksiä, joita ette voi ilmoittaa?

### Yhteistyöprojektit ja mihin kemian osa-alueeseen ne kuuluvat.

- Liittyvätkö yritysprojektit laboratorion ydinosaamiseen?  
- Ei / kyllä, miten?

Projekti	Kyllä	Ei
EU		
Tekes		
Akatemia		

### Yhteistyössä syntyneiden patenttien lukumäärä?

- Onko yhteistyöstä syntynyt keksintöjä, jotka ovat johtaneet keksinnön kaupallistamiseen (= innovaatioita)?
- Kuinka paljon tutkimusprojekteihin on sijoitettu henkilöresursseja (keskimääräiset henkilötyövuodet / projekti)?
- Onko ryhmällänne muuta yhteistyötä tutkimusprojektien lisäksi yritysten kanssa? Jos on, niin millaista.
- Kuinka yliopistojen ja yritysten välistä yhteistyötä voitaisiin kehittää tulevaisuudessa?

### Ulkomaiset yrityskumppanit

- Onko ryhmänne osaaminen kiinnostanut ulkomaisia yrityksiä?  
- Ei | kyllä, miten?
- Minkä alan yritysten kanssa ryhmällänne on yhteistyötä ja minkä luonteista yhteistyötä?
- Luetelkaa ne yritykset, joiden kanssa yhteistoimintaa viimeisen 3 vuoden aikana.
- Kuinka yhteistyökumppanuus on syntynyt?

### Tutkimusprojektit

- Onko ryhmänne osallistunut EU:n 6. ja 7. puiteohjelman projekteihin? Ohjelma, projektin nimi ja ryhmänne tutkimusalue projektissa. Onko teillä ollut projektin koordinaatiovastuuta?
- Oletteko osallistuneet Tekesin ohjelmiin viimeisen 3 vuoden aikana. Projektit?
- Akatemian rahoittamat tutkimusprojektit
- Oletteko osallistuneet Akatemian ohjelmiin viimeisen 3 vuoden aikana. Projektit?
- Yritysprojektit
- Aiotteko osallistua tulevaisuudessa EU:n, Tekesin tai Akatemian ohjelmiin / projekteihin?

### Palvelututkimus

- Onko laboratoriossanne saatavissa palvelututkimusta?
- Millaista?
- Yhteyshenkilö?

### Mielipiteenne seuraaviin asioihin

(käsitellään luottamuksellisena).

- Kuinka suomalainen kemianteollisuus tulee kehittymään seuraavien 10 vuoden aikana?
- Millainen osaaminen mielestäsi kiinnostaa kotimaisia yrityksiä?
- Millaista osaamista tarvitaan Suomen kemianteollisuudessa tulevaisuudessa?
- Millainen osaaminen mielestäsi tulee kiinnostamaan ulkomaisia yrityksiä?
- Mitkä ovat ne kemian osaamisen kehitystarpeet yliopistoissa, jotka auttavat Suomen kemianteollisuutta selviämään tulevaisuuden haasteista?
- Mainitkaa mielestänne 3 parasta kotimaista kemian alan tutkimusryhmää.
- Kemian osaaminen eri muodoissaan integroituu monien toimialojen tutkimukseen ja kehitystoimintaan ja tuottaa eri aloille monipuolista lisäarvoa. Millä seuraavista toimialoista osaamistanne voisi parhaiten hyödyntää tulevaisuudessa?
- Tieto- ja viestintäteollisuuden ratkaisut
- Metsäteollisuuden ratkaisut
- Metallien kemia
- Energiatuotteet
- Ympäristöratkaisut
- Hyvinvointi
- Funktionaaliset ja älykkäät materiaalit
- Muut alat, mitkä?

## Tutkimusryhmien osaamisalueet ja mihin elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin ryhmien osaaminen vastaa

Osaamiskartoitus 2009, Tutkimusryhmien tutkimusalueet ja ydinosaaminen (1/5)

Professori / ryhmä	Tutkimusalueet	Ydinosaaminen	Vastaa elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin
<b>Helsingin Yliopisto Kemian laitos</b>			
Markku Leskelä	Ohutkalvojen valmistaminen kemiallisesti, ALD nanomateriaalit, organometallinen synteettiikka, katalyyssi (pienien molekyylien aktivointi metallikomplekseilla ja puun katalyyttinen pilkkominen), kemiallinen kristallografia	ALD Nanomateriaalien valmistus, materiaalien karakterisointi, metalliorganinen synteettiikka, katalyyssi	ALD-teollisuusklusteri on Suomessa vahva. Tutkimus tukee suomalaista ALD-teollisuutta. Tutkimus saa vahvasti tukea ulkolaiselta teollisuudelta ja EU:lta. Materiaalien karakterisointitekniikat (mikroskopioid, XRR, XRD...) ovat teollisuuden käyttämiä palvelulaitteita.
Markku Räsänen	Kiinteän tilan valokemia, jalokaasujen kemialliset yhdisteet, kemiallisten reaktioiden riippuvuus konformeereista, pii-nanokiteisiin perustuvan optisen muistin kehitys.	Optinen spektroskopia. Raman-spektroskopia. Kryokemia. Ympäristöanalytiikka.	
Kristiina Wähälä	Orgaaninen synteesi, vihreä kemia, ioniset liuottimet synteeseissä, mikroalouuniteknikat synteeseissä, drug discovery, rinta- ja eturauhassyövän lääkekehitys, lintuinfluenssan lääkekehitys, biologisesti aktiiviset luonnonaineet, polyfenoliset yhdisteet, isoflavonoidit, lignaanit, kasviestrogeenit, isotooppinen leimaus, etenkin deuteroinnit	Orgaaninen kemia ja orgaaninen synteesi, vihreä kemia orgaanisessa kemiassa, ioniliuottimet, luonnon-ainien tutkimus, spektrometriset menetelmät rakenneseilytyksessä	Ympäristöystävällisten menetelmien kehitys teollisuuden tarpeisiin, kierrätyksen hyväksikäyttö, uusien lääkekandidaattien kehitystyö lääketeollisuuden jatkojalostukseen, metsäteollisuuden uudet innovaatiot
Heikki Tenhu	Polymeerien synteesi, vesiliukoiset, amfifiliset ja ympäristöherkät polymeerit, polymeerien itsejärjestymisen liuoksissa, nano- ja hybridimateriaalit, johdepolymeerit, selluloosan derivatisointi.	Polymeerisynteettiikka, nanomateriaalit, sironamenetelmät, reologia, spektroskopia	Uusien polymeeristen ja polymeeripohjaisten materiaalien valmistus ja karakterisointi, ns. älykkäät materiaalit.
Raimo Timonen	Reaktiokinetiikka kaasu- ja pintareaktioille, valoionisaatiota, kemiallista ionisaatiota ja elektronitörmäysoionisaatiota käyttävän massaspektrometrin käyttö aikaeroitteisten tapahtumien hyvin herkkään havaitsemiseen, ilmakemia, palamisen kemia, katalyyssikemia eri pinnoilla	Reaktiokinetiikka kaasu- ja pintareaktioille, valoionisaatiota, kemiallista ionisaatiota ja elektronitörmäysoionisaatiota käyttävän massaspektrometrin käyttö aikaeroitteisten tapahtumien herkkään havaitsemiseen, ilmakemia, palamisen kemia, katalyyssikemia eri pinnoilla ja astrokemia.	Uusien katalyyssireaktioiden etsiminen edullisempien tuotantomenetelmien (vihreän kemian) löytämiseksi. Ilmakemian perustiedon tuottaminen mallien käyttämiseksi, palamisen kemiallisten tapahtumien selvittäminen energian tuoton maksimoimiseksi ja palokaasujen vähentämiseksi (esim. NO:n ja NO <sub>2</sub> :n vähentäminen ja CO <sub>2</sub> :n sitominen amiinien avulla ja tuotteiden vaikutus ilmakemiaan valokemiallisesti muodostuvien tyyppä sisältävien radikaalien kautta.) Erotuskykyisten ja herkkien laitteiden rakentaminen tutkimusta varten.
<b>Joensuun yliopisto, Kemian laitos</b>			
Tapani Pakkanen	Molekyylimallitus ja pintakemia	Molekyylimallitus, nanokemia, katalyyssi, pintakemia, teoreettinen kemia	Katalyyttien tuotekehitykseen
Pirjo Vainiotalo	Supramolekyylien massaspektrometria, biomolekyylien massaspektrometria, stereokemia massaspektrometrialla tutkittuna	ESI-FTICRMS, biomolekyylit, supramolekyylikemia, stereokemia	Erilaisiin sairauksiin liittyvien ilmiöiden tutkimus, entsyymien teollisuussovellutuksien tutkimus
Juha Rouvinen	Rakennebiologia, proteiinkristallografia, biologinen kemia	Proteiinien rakennetutkimus, proteiinien ja ligandien väliset vuorovaikutukset	Ympäristöystävälliset ja tehokkaat (bio) teollisuuden prosessit, merkittävien yleisten sairauksien (esim. allergia) terapia



## Osaamiskartoitus 2009, Tutkimusryhmien tutkimusalueet ja ydinosaaminen (2/5)

Professori / ryhmä	Tutkimusalueet	Ydinosaaminen	Vastaa elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin
<b>Jyväskylän yliopisto Kemian laitos</b>			
Reijo Sillanpää	Aminoalkoholikompleksien valmistus ja magneettiset ominaisuudet, aminobisfenolien metallikompleksien katalyytti- ja uutostutkimukset, booriklustereiden rakennetutkimukset	Röntgenkristallografia (yksikidekristallografia), NMR, laskennallinen kemia ja magneettiset mittaukset (erityisesti NMR-spetrien tulkinnan ja magnetismin kokeellisten tulosten käsittely). Monenlaisten metallikompleksien synteesit.	Osaavien kemistien, erityisesti synteettisten kemistien koulutus elinkeinoelämän tarpeisiin. Metallikompleksien käyttö uutossa ja kataslyytteinä
Jouko Korppi-Tommola	Funktionaaliset metallioksidit, nanopartikkelit ja niiden solvellukset, kolmannen sukupolven aurinkokennot, fotokromiset näytöt ja uudet valovastukset. Kemiallisten reaktioiden, energian siirto, elektronin siirto, dissosiaatio, reaaliaikainen tutkimus femtokeimien keinoin, viimeisimpänä alueena 2D optinen spektroskopia (2D NMR analogia) keski-infrapuna-alueessa, siis molekyylien atomiytimien dynamiikka. Oktaedristen ruteeni- ja osmiumbipyridiylidisteiden varauksensiirto ja dissosiaatio- ja additioreaktiot. Valon kulku fotosynteettisissä valonsieppausantenneissa. Aurinkoenergian hyödyntäminen sähkön ja lämmön tuotannossa.	Aurinkoenergian hyödyntäminen laajasti ymmärrettyä, uudet energiaratkaisut, materiaalianalytiikka LIPS yhdistettynä mikrometritomografiaan	Aurinkoenergian hyödyntäminen laajasti ymmärrettyä, uudet energiaratkaisut yleensä. Materiaalianalytiikka LIPS yhdistettynä mikrometritomografiaan on tuottanut uusia lupaavia tuloksia paperin painatusjäljen 3D analyysissä (paperin valmistus)
Erkki Kolehmäinen	Sappihappojohdosten syntetiikka, rakenne, tunnistus-, polymorfia- ja gelaattoriominaisuudet. Sappihappojen amidi-, aihiolääke- ja juvenoidijohdokset. Typpiheteroaromaattien (puriini, pyridiini, pyrimidiini, kinoliini, naftirydiini, porfyriini jne.) tautomeria. Nukleoemästen ja naftirydiinien vetysidoskompleksit, supramolekyylikemia ja nanokemia.	Moniydin NMR-spektroskopia (sekä liuos että kiinteä), ESI-TOF massaspektrometria, typpiheteroaromaattien kemia, steroidikemia, luonnonainekemia	
Maija Nissinen	Supramolekyylikemia (synteesi ja vuorovaikutukset), polymorfia, kiinteän tilan rakennekemia, kompleksointiominaisuudet.	Kiinteän tilan rakennekemia, heikot vuorovaikutukset, supramolekyylikemia, polymorfia, kompleksointitutkimus, kompleksointitutkimus	Kiinteän tilan rakennekemialla ja polymorfiaatutkimuksella on huomattavaa teollista merkitystä (esim. lääketieteellisyys ja agrokemikaalien formulaatiot). Supramolekyyli- ja vuorovaikutuskemia mukaan lukien itsejärjestäytyminen on yksi 7. PO:n ydinalueista ja tuottaa huomattavaa tietoa sekä poikkeusteellisen perustutkimuksen että tulevaisuuden innovatiivisten materiaalien ja sovellusten käyttöön.
Petri Pihko	Luonnonainekemian kokonaissynteesi, asymmetrinen synteesi, katalyyttiset menetelmät synteesissä, erityisesti organokatalyyssi.	Organokatalyyttiset menetelmät, uusien synteesimenetelmien kehitys, monimutkaisten ja haastavien luonnonainerakenteiden, erityisesti happea ja tyypeä sisältävien tyydyttyneiden rakenteiden synteesi ja tähän liittyvä menetelmäkehitys, luonnonainekemian kokonaissynteesi.	Synteesikemian osaamista tarvitaan hienokemian teollisuudessa ja lääketieteellisyydessä, jossa keskeisenä haasteena on kehittää nopeasti riittävän tehokas ja toimiva synteesireitti, jolla haluttua molekyyliä saadaan valmistettua tarvittavia määriä joustavasti ja ympäristöystävällisesti.
Raimo Alen	Pääopetus- ja tutkimustavoitteena on ymmärtää yksityiskohtaisesti uudenikäisen massa- ja paperiteollisuuden kemiaa koko tuotantoketjun "puusta paperiksi" osalta sekä toisaalta kehittää biomassan monipuoliseen hyödyntämiseen tähtäviä muita konversioprosesseja. Lisäksi tutkitaan kemian teollisuuteen liittyviä aihekokonaisuuksia.	Puukemia, kemiallinen kuidutus ja valkaisu, paperikemia, biomassajalostus, ympäristökemia	Toiminta tähtää erityisesti hyödyntämään kotimaista metsäklusterin monipuolista toimintaa, mutta myös globaalisti.

Professori / ryhmä	Tutkimusalueet	Ydinosaaminen	Vastaa elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin
<b>Kuopion yliopisto Biotieteiden laitos / kemia</b>			
Reino Laatikainen	"Biotieteellinen kemia ja NMR" (kemian ja NMR analytiikkaa kemian ja biotieteiden välimaastossa): tietokoneistettu NMR, NMR-metabolomiikka, rakennekemia, molekyyliuunnittelu ja -mallitus, uudet steroidianalogit	NMR spektroskopia laajasti (ei proteiinien NMR), tietokoneistettu kemia (PERCH Software), uudet steroidianalogit, NMR-metabolomiikka ja kvantitatiivinen NMR	
Jouko Vepsäläinen	Orgaaninen synteesi (polyamiinien johdannaiset, bisfosonaatit ja aihiolääkkeet), bioaktiivisten yhdisteiden rakenneanalytiikka (NMR ja massaspektrometria), metallien ja bioaktiivisten aineiden analytiikka orgaanisesta matriisista	Fosforia sisältävien molekyylien synteettinen valmistaminen. Polyamiinijohdannaisten synteettinen valmistaminen. Bioaktiivisten yhdisteiden kvantitatiivinen ja kvantitatiivinen analyysi NMR-spektroskopian avulla. Metallien analysointi orgaanisesta matriisista AAS:n avulla. Pienten biomolekyylien analyysi HPLC ja HPLC-MS:n avulla.	Lääketeollisuus: uudet lääkeaineet ja vanhojen lääkeainemolekyylien aihiolääkejohdannaiset. Terveystieteiden hoito: sairauksien toteaminen. Ympäristökemia: ympäristölle haitallisten yhdisteiden analytiikka
<b>Lappeenrannan teknillinen yliopisto Kemian tekniikan osasto</b>			
Jari Käyhkö	Paperin- ja massan valmistus, erityisesti paperikoneen märkäosa ja sen kemia sekä kemiallisen ja mekaanisen massan valkaisu- ja pesu.	Paperikemikaalien syöttötapahtuma, paperikoneen lyhytkierro ja sen osaprosessit, paperinvalmistuksen märkäosan kemia, kemiallisen massan pesu, sulpputilasen kuituaineksen käsittelyprosessien pilotointitutkimukset	Suomalaisen metsäklusterin opetus ja tutkimus sekä yritysten toimintaedellytysten ja kilpailukykyyn parantaminen.
<b>Oulun yliopisto Kemian laitos</b>			
Paavo Perämäki	Epäorgaaninen instrumenttianalytiikka, näytteenkäsittely ja GFAAS- ICP-OES- ja ICP-MS-analytiikka		
Jouni Pursiainen	Organometallikemia, erityisesti fosfiniliganidit organometallikemian, supramolekyylikemia, lähinnä orgaanisten kationien kompleksit, substraattien valmistusta entsyymeille	Organometallyhdisteiden ja fosfiniliganidien synteetit, supramolekyylikompleksien synteetit, orgaanisten substraattiehdoikkaiden valmistus valituille entsyymeille	Katalyyttien kehitystyö, kemiallisten sensorien kehitystyö
Osmo Hormi	Yhdisteet, joilla foto- ja elektroluminesenssiominaisuuksia, orgaaninen asymmetrinen hapetus, luonnosta saatavien makromolekyylien jatkojalostus ja sovellutukset	Syntetiikka ja luonnon polymeerien jatkojalostus	
Marja Lajunen	Täkkelyksen modifointi ja hiiliinanutkien funktionalisointi käyttäen ionisia liuottimia ja mikroaalto-tekniikkaa.	Orgaaninen syntetiikka, ioniset nesteet, hiiliinanutket, täkkelys, mikroaalto-tekniikka	Lääkeaine-, paperi-, elektroniikkateollisuus
<b>Tampereen teknillinen yliopisto Kemian ja biotekniikan laitos / kemian laboratorio</b>			
Helge Lemmetyinen	Valokemia, nanokemia, huippunopea spektroskopia, organisotuneet organiset molekyyliarakenteet, orgaaniset aurinkokennot	Huippunopea spektroskopia, valokemia, orgaaniset molekyylikerrokset, nanokemia, funktionaalisten yhdisteiden syntetiikka	Uusiutuvan energian tuotanto
Ali Harlin	Kuitumateriaalit, tekniset tekstiilit (paperikonevaatetus, nanokuidut, suodatinmateriaalit, tunnistin ja tiedonsiirtokuidut)	Nanokuitujen valmistus, plasmateknologia, johtavat kuidut, kitka, tekniset tekstiilirakenteet ja niiden testaus	Paperikoneet ja niiden osat, suodatinmateriaalit, lujitumovikoksiitit (kuljetusvälineet ja tuulivoima)
<b>Turun yliopisto Kemian laitos</b>			
Lönnberg Harri	Nukleiinihappojen ja niiden rakenneyksiköiden kemia, erityisesti RNA:n kemia, oligonukleotidien konjugaatit kemoterapiaan ja kuvantamiseen, fosfoestereiden, erityisesti nukleotidianalogien prodrug strategiat.	Kiinteän kantajan syntetiikka, reaktiokineettinen ja mekanistinen tutkimus, biomolekyylien syntetiikka	Kemian osaamista biotieteisiin. Yhteistyötä ulkomaisten lääkekehitystyöryhmien kanssa.

Professori / ryhmä	Tutkimusalueet	Ydinosaminen	Vastaa elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin
<b>Teknillinen Korkeakoulu Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos</b>			
Simo Laakso	Bioenergia, elintarvikebiotekniikka	Teollisten prosessien kehittäminen, mikro-organismeihin perustuvat prosessit, lipiditeknologia, hiilihydraattiteknologia, elintarvikekehitys ja innovaatiinsiirtotoiminta	Uusiutuva raaka-aine fossiilisten hyödykkeiden korvaajana, terveellisemmät ja turvallisemmat teolliset ravintoaineet, innovatiivisuuden kehittäminen elinkeinoelämän tuotekehitystoiminnassa
Jukka Seppälä	Polymeritiede ja polymeeritekniikka, polyolefinien polymerointi ja katalyyti, polymeerien seokset ja kompatibilisointi, nanokomposiittien valmistus ja ominaisuudet, biopolymeerien synteesi, bioaktiiviset komposiitit, polymeeripohjainen lääkeannostelu, polymeerien reologia.	Polymeeritiede, polymerointitekniikka, uudet polymerointimenetelmät, polymeerien reaktoritekniikka, polymerointiprosessit	
Sirkka-Liisa Jämsä-Jounela	Prosessiautomaatio kemianteollisuudessa- ,puujalostus- ja metalliteollisuudessa. Ylemmän tason säätöjärjestelmät, tuotannonohjaus, prosessien monitorointi- ja vikadiagnostiikka, prosessien mallitus ja simulointi, prosessilaiteautomaatio		
Markku Hurme	Prosessisuunnittelu, tehdassuunnittelu, esiselvitykset, kustannustekniikka, prosessilaskenta, biopolttoaineet, petrokemian prosessitekniikka, prosessiturvallisuus, työsuojelu, puhdistustekniikka, nano- ja mikropartikkelitekniikka, bioprosessitekniikka	Prosessisuunnittelu, toteutettavuus selvitykset, biopolttoaineet, turvallisuustekniikka, prosessikehitys	Uusien prosessien kehitys ja niiden hyvyyden arviointi kustannus ja turvallisuusmielessä. Uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntäminen polttoaineiden ja kemikaalien tuotannossa. Uuden teollisuuden luominen ja olemassa olevan tehostaminen.
Sakari Kulmala	Luminesenssin analyttiset sovellutukset, erityisesti elektrokemiluminesenssi kliinisen kemian sovelluksiin ja fotoluminesenssi puumateriaalien laatuominaisuuksien määrittämiseen.	Luminesenssimekanismien tuntemus ja luminesenssin käytännön sovellukset	Toisaalta hajautetun analytiikan menetelmien kehittäminen ja yleisesti laboratorioroiden ulkopuolella tehtävät pika-analyysit, sekä toisaalta puumateriaalien merkintämenetelmät ja logistiikan parantaminen niiden avulla.
Maarit Karpinen	Uudet funktionaaliset, erityisesti seuraavan sukupolven energiateknologioiden tarvitsemat oksidimateriaalit, sekä ALD-teknologia (Atomic Layer Deposition)	ALD-teknologia, oksidimateriaalit, epäorgaanisten materiaalien synteesi, termoaalyysi, kiinteän olomuodon kemia	
Kyösti Kontturi	Sähkökemian (membraanien sähkökemian, metallien elektrolyysi), nanopartikkelit, lääkeanto (transdermaali)		
Ari Koskinen	Synteettinen orgaaninen kemia, asymmetrinen synteesi, luonnonainesynteesit, lääkeainekemia (kemiallinen biologia)	Synteettinen orgaaninen kemia, asymmetrinen synteesi, luonnonainekemia, asymmetrinen katalyyti, organokatalyyti	Uusien materiaalien ja kemiallisten yhdisteiden synteesimenetelmiä tarvitaan koko kemianteollisuudessa, myös esim. (bio)lääketieteen tutkimuksessa kuin tuotannossa. Uusien materiaalien kehitys edellyttää uusia menetelmiä tehdä uusia kemiallisia yhdisteitä. Kemian tuotannollisen toiminnan mukauttaminen vastaamaan tulevaisuuden tarpeita myös ekologisen tasapainon suhteen: haaskaamattomien valmistusmenetelmien kehitys niin atomiekonomian kuin kokonaisenergiankulutuksen suhteen ("atomien elinkaariajattelu").
Ville Alopaeus	Kemian tekniikan erotusprosessien ja monifaasi-reaktoreiden matemaattinen mallitus ja mallitusta tukeva mittaustoiminta, faasitasapainojen mallitus ja mittaukset	Kemiallisten prosessien matemaattinen mallitus, prosessimalleihin liittyvien laskentamenetelmien kehitys, erityisesti monikomponentti aineensiirtoon ja populaatiotaseisiin liittyen, faasitasapainojen, erityisesti höyry-neste tasapainojen mittaukset ja näihin liittyvä mittausmenetelmien kehitys, mikroprosessitekniikkaan liittyvä laite- ja prosessikehitys, monifaasireaktoreiden mallipohjainen kehitys, erityisenä painopistealueena puhtaisten ja uusiutuvien polttoaineiden valmistusteknologiat	Kemian tekniikan perusteiden opetus laajalajaisesti prosessitekniikan sovellusten osajajen tarpeeseen, prosessikehityskyn nopeuttaminen: pienen mittakaavan spesifisten mittausten yhdistäminen koko prosessin matemaattiseen malliin (prosessikehityksen moderni lähestymistapa), uusiutuvien ja puhtaisten polttoaineiden valmistusprosessien kehityksessä tarvittava osaaminen vastaa ilmastonmuutoksen ja fossiilisten polttoaineiden loppumisen asettamiin haasteisiin.

Professori / ryhmä	Tutkimusalueet	Ydinosaminen	Vastaa elinkeinoelämän tarpeisiin ja yhteiskunnan haasteisiin
<b>Åbo Akademi kemiallisteknillinen osasto ja Kemia</b>			
Jarl B. Rosenholm/ Matti Hotokka	Materiaalitiede, nanotutkimus, pinta- ja kolloidikemia, kvanttikemia	Materiaalitiede ja -teknologia, nanoteknologia, hierarkiset materiaalit, pinta- ja kolloidikemia, kvanttikemia	Funktionaaliset materiaalit, paperin pinnoitusmateriaalit ja uudet painatus teknologiat, biomateriaalit, uudet keraamiset materiaalit
Reko Leino	Synteettinen orgaaninen, organometalli- ja polymeerikemia, erityisesti stereoselektiivinen synteesi ja katalyyssi ja hiilihydraattikemia.	Synteetikemia, kemiallinen biologia, ympäristökemia, hiilihydraattikemia, NMR-spektroskopia	Kestävä kehitys, vihreät synteesi- ja prosessiteknologiat, lääkeainesynteesi, ympäristökemia
Mika Linden	Nanotiede, sooli-geelikemia, huokoiset materiaalit, hallitu lääkeaineannostelu, nanorakenteiset ohutkalvot, aurinkokennot, pintafunktionalisointi, makromolekyylierotus	Nanopartikkelsynteesi, funktionalisointi ja applikaatio, mesohuokoiset materiaalit, itsejärjestäytyneet materiaalit, sooli-geelikemia, pintailmiöt pinta-liuos-rajapinnalla	Katalyyssi, diagnostiikka, painotekniikka, lääkeaineluovutus, makromolekyylierotus, adsorbentit
Ari Ivaska	Analyttinen kemia, automaattiset analyysimenetelmät, johdepolymeerien käyttö analytiikassa, virtausinjektioanalytiikka, prosessianalytiikka, kemialliset anturit, ohdepolymeerien, hiilinanoputkien, fullereenien ja grafeenin käyttö analytiikassa		Käytännön, erityisesti epäorgaanisten yhdisteiden analytiikka, kemiallisten anturien kehittäminen ja soveltaminen kliiniseen ja ympäristöanalytiikkaan, automaattisten analyysilaitteiden kehittäminen ja niiden prosessianalyttiset sovellukset



# Yliopistojen kemian laitosten tarjoamaa palvelututkimusta

Yliopisto	Palvelu	Yhteyshenkilö
Helsingin Yliopisto	Karakterisointipalvelua: mikroskoopit (SEM, EDS, STEM, AFM, STM), röntgenmenetelmät (XRD,XRR), termoaalyysi (TG).	Markku Leskelä; Mikko Ritala, Marianna Kemell
	Synteetikemia	Timo Repo
	Ohutkalvokemia ja pinnoitus	Mikko Ritala, Markku Leskelä
	Polymeerien valmistus, materiaalien karakterisointi.	Heikki Tenhu ja/tai Sami Hietala
	Orgaaninen synteesi, vihreä kemia, deuteroinnit, rakenneanalyysit	Kristiina Wähälä
	NMR-spektroskopia, rakennemääritykset, malliainesyntetiikka	Sami Heikkinen, Ilkka Kilpeläinen, Jussi Sipilä
	Nukleotidikemia	Mikko Oivanen, Petri Heinonen
	Hyvin monenlaista , mutta ei rutiinianalyysijä tai tuotesynteesijä	Raimo Timonen
Jyväskylän yliopisto	NMR-analyysijä.	Erkki Kolehmainen
	Kristallografisia ja muita rakennekemiallisia määrittäjiä: kristallografia	Maija Nissinen
	Kristallografisia ja muita rakennekemiallisia määrittäjiä: NMR	Erkki Kolehmainen
	Synteesimenetelmiin liittyvää konsultointia ja myös tilaussynteesijä	Petri Pihko
	Sopimuksen mukaan	Jouko Korppi-Tommola, Elja Kallberg
	Teollisuuden erikoistarpeita hyödyntäviä selvityksiä ja analyysipalveluja	Raimo Alen
Joensuun yliopisto	Erikoismateriaalien tutkimuskeskus (Smarc)	Mika Suvanto
	Tarkan resoluution ESI-FTICR massaspektrien ajoa	Janne Jänis
Kuopion yliopisto	NMR analytiikka, syntetiikka	Reino Laatikainen
	Orgaanisten molekyylien synteesit	Jouko Vepsäläinen
	Metallien ja orgaanisten yhdisteiden analytiikka erilaisista matriiseista	Sirpa Peräniemi
Lappeenrannan yliopisto	Paperin ja massan valmistukseen liittyviä pilotointi-, laboratorio- ja esiselvitys ym. tutkimuspalveluja.	Jari Käyhkö / Tapio Tirri, YTI

<b>Oulun yliopisto</b>	Epäorgaanisia analyysipalveluja	Paavo Perämäki
	Orgaanisia analyysipalveluja	Sampo Mattila
	Synteettistä ja analyttistä (orgaanista/epäorganista) palvelututkimusta.	Marja Lajunen
<b>Teknillinen Korkeakoulu</b>	Prosessien esiselvitys ja kehitys	Markku Hurme
	Polymeerispesifisiä analyysipalveluja rajoitetusti	Jukka Seppälä
	Aineominaisuuksien mittausta	Petri Uusi-Kyyny
	Mallitusprojektit	Ville Alopaeus
	Analyysi- ja asiantuntijapalveluja	Simo Laakso
	Analyysipalveluja: alkuaineanalyysit ja MS	Tiia Juhala
	Analyysipalveluja: NMR	Jari Koivisto
<b>Tampereen teknillinen ylioisto</b>	Teknisten tekstiilien mekaaninen mittaus	Tomi Hakala
	Nanomateriaalien valmistus	Pirjo Heikkilä
<b>Åbo Akademi</b>	SAXS, huokoiskomittauksia, partikkelikomittauksia, kontaktikulmamittauksia, pintajännitysmittauksia, AFM-mittauksia	Mika Linden
<b>Turun yliopisto</b>	Vähintään 6 kk:n rahoitetut projektit	Harri Lönnberg

## Kartoituksen yhteydessä tehdyt haastattelut

Tutkimusprofessori, ohjelmapäällikkö **Ali Harlin**, VTT

Teknologiapäällikkö **Tuulamari Helaja**, VTT

Professori **Antti Häkkinen**, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Professori **Ari Ivaska**, Åbo Akademi

Professori **Reko Leino**, Åbo Akademi

Professori **Markku Leskelä**, Helsingin yliopisto

Professori **Tapio Salmi**, Åbo Akademi

Professori **Jukka Seppälä**, TKK

Toiminnanjohtaja **Runar Törnquist**, TKK Uusien materiaalien kehityskeskus



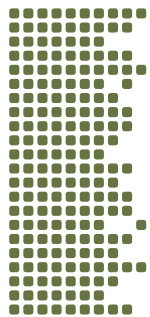


# Tekesin katsauksia

- 266/2010 Kemian osaamisen kartoitus.
- 265/2009 Palvelujen kansainvälistymisen muodot ja polut – Selvitys liike-elämän asiantuntijapalvelujen kansainvälistymisestä ja sen merkityksestä yritysten kasvuille. Marja Toivonen, Irma Patala, Pekka Lith, Tiina Tuominen ja Anssi Smedlund. 76 s.
- 264/2009 BioRefine Yearbook 2009.
- 263/2009 Itseuudistumisen kapasiteetti ja alueelliset innovaatiopolitiikat. Markku Sotarauta (toim.). 139 s.
- 262/2009 Drive for Future Software Leverage. The Role, Importance, and Future Challenges of Software Competences in Finland. Mikael von Hertzen, Jyrki Laine, Sami Kangasharju, Juhani Timonen and Maarit Santala. 93 p.
- 261/2009 REACH-palveluiden markkinaselvitys. Piia Pessala, Tiina Pursula, Ylva Gilbert, Xiaona Tang. 48 s.
- 260/2009 Yhteiseltä areenalta globaaleille markkinoille – Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin innovaatioympäristön toimintamalli. Tommi Ranta ja Anssi Uitto. 42 s.
- 259/2009 Technology Transfer of Research Results Protected by Intellectual Property: Finland and China. Rainer Oesch. 28 p.
- 258/2009 Ruoripotkurilaitteiden liiketoiminta Suomessa. 33 s.
- 257/2009 Globaalit arvooverkostot. HM&V Research Oy. 122 s.
- 256/2009 Palvelemisesta palveluliiketoimintaan – Asiakasymmärrys palveluliiketoiminnan perustana. Heli Arantola ja Kimmo Simonen. 37 s.
- 255/2009 Megatrendit ja me. Eija Ahola ja Anne Palkamo (toim.). 56 s.
- 254/2009 Evaluation of Bioprocessing Expertise in Finland. Colja Laane. 22 s.
- 253/2009 Markkinamekanismit julkisissa palveluissa. Marja Häyrinen-Alestalo, Ville Mälkönen ja Pekka Valkama. 63 s.
- 252/2009 Ohjelmistoalan liiketoiminta Oulun seudulla. xx s.
- 251/2009 Sääpalveluiden liiketoiminta Suomessa. 19 s.
- 250/2009 Kasvuparadigman muutos – Innovaatiotoiminnan uudet trendit. Jukka Hyvönen, Jani Saarinen, Petri Rouvinen, Raimo Lovio, Eija Ahola ja Anna-Maija Rautiainen. 112 s.
- 249/2009 Vallankumouksellinen RFID – Etätunnistusteknologian kehitys meillä ja maailmalla. 40 s.
- 248/2009 T&k-hankkeen arvoon vaikuttavat tekijät. Petri Suomala. 96 s.
- 247/2009 Alueellinen kyvykkyys ja sitä muovaavat tekijät – erityistarkastelussa korkea teknologia ja osaamisintensiiviset palvelut. Satu Nivalainen, Kirsi Mukkala ja Timo Tohmo. 144 s.
- 246/2009 Alueellisen tuottavuuden tekijät Suomessa. Janne Huovari ja Eero Lehto. 81 s.
- 245/2009 Yritysten kasvu alueellisesti Suomessa. Kirsti Sorama, Matleena Saarakkala, Marko Järvenpää, Marko Kohtamäki, Erkki K. Laitinen, Aapo Lämsiluoto, Erkki Petäjä, Erno Tornikoski, Elina Varamäki, Tarja Heikkilä, Marja Lautamaja. 226 s.
- 244/2009 Yritysten tutkimustoiminta kansainvälistyy – Mitä jää Suomeen? Jyrki Ali-Yrkkö (toim.), Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos, ETLA. 118 s.
- 243/2009 Alueellinen elinvoimaisuus ja kilpailuedut. Markku Kotilainen (toim.). 172 s.
- 242/2009 Foresight for Our Future Society – Cooperative project between NISTEP (Japan) and Tekes (Finland). Eija Ahola and Mikko Syrjänen. 59 p.
- 241/2008 FinNano Programme – Intermediate Evaluation. Evaluation Report. Pekka Koponen, Juho-Kusti Kajander and Matti Kuusisto. 20 p.
- 240/2008 Globaali tuotannonjako ja toimialojen ulospäin suuntautuneisuus. Jari Hyvärinen. 26 s.

Julkaisujen tilaukset Tekesistä: [www.tekes.fi/julkaisut](http://www.tekes.fi/julkaisut)





Lisätietoja  
*Suvi Sundquist*  
Tekes  
Puh. 010 60 55675  
suvi.sundqvist@tekes.fi

*Hilkka Knuuttila*  
Puh 050 577 2393  
hilkka@knuuttila.fi

### **Tekes – teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus**

vaihde 020 636 0190  
asiakasneuvonta info@tekes.fi  
kirjaamo kirjaamo@tekes.fi  
Kyllikinportti 2, Länsi-Pasila, PL 69  
00101 Helsinki  
www.tekes.fi

Tammikuu 2010

ISSN 1797-7339  
ISBN 978-952-457-494-5

