

TYÖTAPOJEN KEHITTÄMINEN OPETTAJANKOULUTUKSESSA

Kokeellisuus kemian opetuksessa
–kurssilla

Judit Csikós
Pro gradu –tutkielma
19.11.2007
Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto
Kemian koulutusohjelma
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Helsingin yliopisto
Ohjaajat: Maija Aksela ja Heikki Saarinen

Tiedekunta/Osasto – Fakultet/Sektion – Faculty/Section Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Kemian laitos	
Tekijä – Författare – Author Csikós Judit			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Työtapojen kehittäminen opettajankoulutuksessa <i>Kokeellisuus kemian opetuksessa</i> -kurssilla			
Oppiaine – Läroämne – Subject Kemian opettajan suuntautumisvaihtoehto			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year 19.11.2007	
		Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 71+17	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Tutkimuspohjainen opetuksen kehittäminen on keskeinen tavoite opettajankoulutuksessa. Mitä paremmin opimme ymmärtämään opiskelijoiden ajattelua ja käsityksiä, sitä paremmin voimme toteuttaa elinikäiseen oppimiseen tähtäävää opiskelijalähtöistä opetusta Helsingin yliopiston strategian mukaisesti. <i>Kokeellisuus kemian opetuksessa</i> -kurssin tavoitteena on antaa tuleville kemian opettajille tarpeellisia tietoja ja taitoja mielekkään kokeellisuuden toteuttamiseen eri asteilla. Tässä tutkielmassa käsitellään kurssin kehittämisen pohjaksi toteutettua tutkimusta. Se mahdollistaa mielekkään ja innostavan kemian opiskelun ja oppimisen tukemisen entistä paremmin eri asteilla. Tulevan kemian opettajan rooli on tavoitteisiin pääsemisessä erittäin keskeinen. Opiskeluaikana on tärkeä saada tarpeellisia eväitä tulevaan työhön.</p> <p>Kokeellisuus on tärkeä osa kemiaa ja sen opetusta. Kokeellisuus auttaa parhaimmillaan oppilasta hahmottamaan kemian luonnetta ja omaksumaan uusia kemian käsitteitä, periaatteita ja malleja, kehittämään tarvittavia käden taitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun. Monipuolisen kokeellisuuden toteuttaminen vaatii tutustumista erilaisiin kemian työskentelytapoihin. Esimerkiksi kurssilla käytetty mikrokemian käyttö opetuksessa mahdollistaa kokeellisen työskentelyn myös puutteellisissa oloissa ja suurten oppilasryhmien kanssa.</p> <p>Tapaustutkimus käsittelee Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön <i>Kokeellisuus kemian opetuksessa</i> -kurssille osallistuneiden opiskelijoiden (N=22) käsityksiä kokeellisuudesta sekä näiden käsitysten muuttumista ja kehittymistä kurssin aikana. Tutkimus toteutettiin syyslukukauden 2006 aikana. Tutkimusaineistona käytettiin opiskelijoiden kysymyslomakkeiden, kurssitehtävien ja tentin vastauksia. Kyselylomake teetettiin sekä ennen kurssia että kurssin jälkeen.</p> <p>Tutkimuksen mukaan uusi <i>Kokeellisuus kemian opetuksessa</i> -kurssi vahvisti opiskelijoiden käsitystä kokeellisuuden tärkeydestä opetuksessa, kehitti heidän valmiuksiaan kokeellisuuden toteuttamiseen opetuksessa sekä innosti opiskelijoita kokeelliseen opetukseen. Kurssin aikana he oppivat tarkastelemaan kokeellisuutta sekä kemian että sen opetuksen näkökulmista. Kurssin lopulla opiskelijat pystyivät kuvailemaan kemiallisia ilmiöitä valikoivammin, täsmällisemmin ja ammattimaisemmin. Opiskelijat pystyivät hahmottamaan peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien perusteiden aihealueita ja eri kurssien kemian sisältöjä, ja pystyivät liittämään kokeelliset työt paremmin kemian ilmiöihin. Opiskelijoiden näkemys kokeellisuuden toteuttamisesta muuttui kurssin aikana realistisemmaksi. Opiskelijoiden mielestä kokeellisuus soveltuu kouluopetukseen, jos kemian asiayhteys on sopiva tai kokeellisuuden toteuttaminen on turvallista. Opiskelijoille kokeellisuus merkitsi lähinnä omakohtaista toimintaa. Kurssi antoi opiskelijoille eväitä myös vihreän kemian periaatteiden mukaiseen kokeelliseen opetukseen suurillakin opetusryhmillä.</p> <p>Tutkimuksessa saatiin uutta tietoa kurssin vaikuttavuudesta sekä opiskelijoiden ajattelun kehittymisestä kokeellisuuden opetuskäytössä kemian ymmärtämisen tukena. Tutkimustietoa on hyödynnetty syksyn 2007 kurssin suunnittelussa ja toteutuksessa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords kemia, kemian opetus, opettajankoulutus, opiskelijat, yliopisto			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Kemian opetuksen keskus ja Kumpulän kampuksen tiedekirjasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Ohjaajat: Maija Aksela ja Heikki Saarinen			

1 JOHDANTO	2
2 TUTKIMUSPOHJAINEN OPETTAJANKOULUTUKSEN KEHITTÄMINEN.....	4
3 KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA	9
3.1 KOKEELLISUUS OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEISSA.....	9
3.2 KOKEELLISUUS JA OPPIMINEN	12
3.3 MIKROKEMIA KEMIAN KOKEELLISUUDESSA	19
3.4 KOKEELLISUUDEN TYÖTAVAT	23
4 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN	28
4.1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	28
4.2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUKSESTA.....	28
4.2.1 Kohderyhmä	28
4.2.2 Tutkimusmenetelmä.....	33
4.2.3 Kurssikuvaus.....	34
4.2.4 Kokeelliset työohjeet	36
5 TULOKSET.....	37
5.1 KURSSIN VAIKUTUS OPETTAJAOPISKELIJOIDEN KÄSITYKSIIN KOKEELLISUUDESTA.....	37
5.1.1 Kokeellisuuden merkitys opiskelijoille.....	37
5.1.2 Kokeellisuuden merkitys kemian opetuksessa	38
5.1.3 Kokeellisuuden soveltuvuus kouluopetukseen	40
5.1.4 Kokeellisuuden toteuttaminen kouluopetuksessa.....	41
5.1.5 Hyvän kokeellisen työn ominaisuudet	44
5.1.6 Tietotekniikan käyttö kokeellisessa työskentelyssä.....	46
5.2 OPETTAJAOPISKELIJAN KEMIAN SOVELTAMINEN KURSSIN AIKANA.....	48
5.2.1 Kemian opiskelijoiden käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä ja tentissä	48
5.2.2 Kokeellisten töiden liittäminen opetussuunnitelman perusteisiin.....	51
5.3 OPISKELIJOIDEN KÄSITYKSET KEMIAN YMMÄRTÄMISTÄ TUKEVISTA TYÖTAVOISTA....	54
5.3.1 Työtavat.....	56
5.3.2. Kokeellisen työn aloitus	57
5.3.3 Kokeelliseen työhön liittyvä teoria	58
5.3.4 Kokeellisen työn koonti	58
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	60

6.1 KURSSIN VAIKUTUS OPETTAJAOPISKELIJOIDEN KÄSITYKSIIN KOKEELLISUUDESTA.....	60
6.2 OPISKELIJOIDEN KEMIAN SOVELTAMINEN KURSSILLA	62
6.3 OPISKELIJOIDEN KÄSITYKSET KEMIAN YMMÄRTÄMISTÄ TUKEVISTA TYÖTAVOISTA ...	63
6.4 TUTKIMUKSEN MERKITYS	64
LÄHTEET	67
LIITTEET	71

1 JOHDANTO

Tutkimuspohjainen opetuksen kehittäminen on keskeinen tavoite suomalaisessa opettajankoulutuksessa. Mitä paremmin opimme ymmärtämään opiskelijoiden ajattelua ja käsityksiä, sitä paremmin voimme toteuttaa elinikäiseen oppimiseen tähtäävää opiskelijalähtöistä opetusta Helsingin yliopiston strategian mukaisesti. Tutkimustietoa tarvitaan laadukkaan kemian opettajankoulutuksen kehittämiseksi.

Helsingin yliopistossa koulutetaan oman alansa hyvin hallitsevia, pedagogisesti taitavia, kasvatusvastuunsa tuntevia ja omasta ammattitaidostaan huolehtivia opettajia (Helsingin yliopiston opettajankoulutuksen strategia, 2006). Tutkimuspohjainen opetus on keskeistä kemian opettajankoulutuksessa (Aksela, 2007). Tavoitteena on kouluttaa elinikäiseen oppimiseen *tutkivia kemian opettajia*, jotka osaavat seurata sekä kemian että kemian opetuksen tutkimuksen kehittymistä, soveltaa uusinta tutkimustietoa opettajan työhön sekä tehdä kemian opetuksen tutkimusta. Kemian opettajankoulutus pyrkii tukemaan tulevien opettajien elinikäistä oppimista ja *tutkivaksi opettajaksi* kasvamista.

Tämä tutkimus käsittelee Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssille osallistuneiden opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta sekä näiden käsitysten muuttumista ja kehittymistä kurssin aikana. Kurssi järjestettiin ensimmäisen kerran lukuvuonna 2006 - 2007. Tutkimuksen tavoitteena on saada tutkimustietoa opiskelijoiden käsityksistä ja oppimisesta kurssin kehittämisen pohjaksi. Tutkimus on ensimmäinen tutkimus aiheesta Suomessa sekä maailmanlaajuisesti. Lähtökohdaksi tutkimuksen suunnittelulle on otettu aikaisempi tutkimustieto kokeellisuuden avulla oppimisesta sekä kemian opettajia koskenut *Kemian opetus tänään* -tutkimus (Aksela & Juvonen, 1999), joka käsittelee kokeellisuutta kemian opetuksessa opettajien näkökulmasta.

Kokeellisen työskentelyn rooli kemian opetuksessa on tärkeä (Opetushallitus, 2003; 2004). Kokeellisuus mainitaan valtakunnallisissa opetussuunnitelman perusteissa sekä keskeisenä sisältönä että lähestymis- ja työtapana käsitellä sisältöjä. Opettajan tehtävä opetustapahtumassa on tukea mielekästä kemian oppimista. Opettajan tulee luoda oppilaille mahdollisuus kokeelliseen työskentelyyn. Tähän opettaja tarvitsee

koulukokeellisuuden tuntemista, sen merkityksen käsittämistä ja taitoa käyttää kokeellisuutta opetuksessa tukemaan oppilaan kemian ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelua.

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssilla tulevat opettajat voivat omaksua ja harjoitella edellä mainittuja taitoja. Kurssin tavoitteita ovat mm. perehtyminen kokeellisuuteen kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisen tukena, tutustuminen kokeellisuuden toteuttamiseen erilaisissa olosuhteissa sekä harjaantuminen kokeellisten töiden toteuttamiseen. Kurssin aikana perehdytään myös kokeellisuudessa tärkeään työturvallisuuteen sekä tutustutaan mikrokemian käyttöön kokeellisissa oppilastöissä.

Seuraavissa luvuissa esitellään tutkimuksen teoreettinen viitekehys, tutkimuksen suoritus, tulokset ja johtopäätökset. Teoreettinen viitekehys käsittelee tutkimusosuuden kannalta keskeisiä asioita. Luvussa 2 käsitellään tutkimuspohjaista opetuksen kehittämistä kemian opettajankoulutuksen näkökulmasta. Luvussa 3 käsitellään kokeellisuutta opetussuunnitelman perusteissa, kokeellisuuden vaikutusta oppimiseen, tutustutaan mikrokemian kehittymiseen ja opetuskäyttöön, sekä käsitellään kokeellisuuden työtapoja. Tutkimuksen suorituksen yhteydessä esitellään tutkimuskysymykset, aineiston kerääminen sekä muut tutkimuksen kannalta tärkeät taustatiedot. Tulosten yhteydessä esitellään tutkimuksen kannalta keskeiset tulokset tutkimuskysymyksittäin. Johtopäätöksissä pohditaan tuloksia, esitetään tutkimuksen vaikutukset eri alueilla ja esitetään ehdotuksia jatkotutkimuksesta.

2 TUTKIMUSPOHJAINEN OPETTAJANKOULUTUKSEN KEHITTÄMINEN

Yliopisto-opetusta tulee kehittää jatkuvasti vastaamaan yhteiskunnan uusia tarpeita ja vaatimuksia. Tärkeä opetuksen kehittämisen lähtökohta on myös opetuksesta kerätty tutkimustieto. Sen avulla voidaan arvioida, kuinka hyvin opetus vastaa sille asetettuja tavoitteita, ja sen perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä siitä, minkälaista sen pitäisi olla, jotta tulokset olisivat vielä parempia.

Tutkimuspohjainen opetus on keskeinen tavoite suomalaisessa opettajankoulutuksessa (Jakku-Sihvonen & Niemi 2006). Tutkimuksen tärkeä rooli opetuksessa tulee ottaa huomioon myös kemian opettajankoulutuksessa. Kemian opetuksen kehittäminen onnistuu vain, jos kehittämisessä otetaan huomioon myös opettajien koulutus ja kehitys (Dillon, 2000). Kemian opetuksen tutkimuksen ja käytännössä tapahtuvan opetuksen välistä kuilua tulee kaventaa (Gilbert, 2002). Gilbertin mukaan tämä onnistuu kolmen seikan avulla: (i) opettajan tulee olla tietoinen kemian opetuksen tutkimuksesta ja seurata sitä aktiivisesti, (ii) opettajalla tulee olla taito käyttää tutkimustuloksia hyväkseen omassa opetuksessaan ja (iii) opettajalla tulee olla kokemusta kemian opetuksen tutkimuksesta esimerkiksi ottamalla itse osaa tutkimukseen, tai tutkimalla omaa työtään.

Kemian opettajankoulutus pyrkii vastaamaan edellä mainittuihin haasteisiin. Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön kursseilla tutkimus on osana opetusta seuraavilla tavoilla: (i) opetuksen tavoitteet, sisältö, opetusjärjestelyt ja arviointi pyritään suunnittelemaan ja toteuttamaan uusimman kemian ja kemian opetusta koskevan tutkimustiedon perusteella, (ii) kemian opettajaopiskelijat perehtyvät tutkimustyöhön ja sen mahdollisuuksiin koko opintojensa aikana (vrt. Tutkintovaatimukset, 2007) ja (iii) opetusta, oppimista ja opiskelua tutkitaan opetuksen kehittämiseksi (Aksela, 2007). Akselan (2007) tutkimuksen mukaan kemian opettajankoulutusyksikön kurssit tukevat kehittymistä *tutkivaksi kemian opettajaksi*.

Tutkimusperustainen opettajankoulutus tukee tulevien opettajien kasvamista tutkivaksi opettajaksi ja elinikäiseen oppimiseen (Dick, 2006). Tutkiva opettaja seuraa tutkimusta

(kemiaan ja kemian opetukseen liittyvää), hyödyntää uutta tietoa omassa työssään ja pystyy tutkimaan omaa opetustaan ja kehittämään sitä (Aksela, 2007).

Tutkimuksessa saatuja tuloksia ei ole otettu tarpeeksi huomioon 1900-luvun aikana kemian opetuksen kehittämisessä. Tulevaisuudessa opetuksen ja oppimisen tutkimuksella tulee kuitenkin olemaan yhä tärkeämpi tehtävä. Koulujen oppilasaines on yhä heterogeenisempää taustaltaan, tarpeiltaan ja kiinnostuksiltaan. Kemian muuttuessa yhä monialaisemmaksi on pystyttävä rajaamaan laajasta aineistosta se kemia, jota jokainen tarvitsee yleissivistyksen ja ”hyvän kansalaisuuden” nimissä. Jotta kemian opetus pystyisi vastaamaan näihin uusiin haasteisiin, sen tulee – kuten yksittäisen opettajan – tuntea itsensä, mahdollisuutensa ja rajansa. Tällainen tieto voidaan saavuttaa tutkimuksen kautta. On toivottavaa, että 2000-luvulla saavutettua tutkimustietoa osataan hyödyntää entistä paremmin. (Gabel, 1999)

Helsingin yliopiston toiminnan keskeiset arvot ovat kriittisyys, luovuus ja pyrkimys totuuteen (Helsingin yliopiston strategia 2007-2009). Nämä arvot sisältyvät myös yliopistolla järjestettävään opettajankoulutukseen. Opetuksen tulee perustua tieteelliseen tutkimukseen ja siinä tulee hyödyntää uusinta tutkimustietoa opetukseen ja oppimiseen liittyen (Lindblom-Yläne 2006; Helsingin yliopiston strategia 2007-2009). Helsingin yliopiston strategian mukaan yliopisto-opintojen aikana opiskelijan on tarkoitus hankkia valmiudet oman alansa tieteellisen tiedon hankkimiseen, tuottamiseen ja analysointiin sekä tiedon kriittiseen arviointiin. Strategian mukaan ”opetus perustuu tieteelliseen tutkimukseen ja sen järjestämisessä hyödynnetään yliopisto-opetusta ja oppimista koskevaa tutkimustietoa”. Opintojen päämääränä on opiskelijalähtöinen ja syvälinen oppiminen, joka mahdollistaa elinikäiseksi oppijaksi kehittymisen.

Helsingin yliopiston opettajankoulutuksen strategia vuosille 2003-2006 linjasi yliopiston opettajankoulutuksen tavoitteet samansuuntaisesti. Strategian vision mukaan Helsingin yliopistossa ”koulutetaan oman alansa hyvin hallitsevia, pedagogisesti taitavia, kasvatusvastuunsa tuntevia ja omasta ammattitaidostaan huolehtivia opettajia”. Valmistuvan opettajan tulee mm. hallita hyvin opetettavan aineensa, olla opettamisen, opiskelun ja oppimisen asiantuntija sekä osallistua ja vaikuttaa kasvatus- ja koulutusalan yhteiskunnalliseen keskusteluun ja päätöksentekoon.

Yksi Helsingin yliopiston tutkimuksen painopistealue vuosina 2007-2009 on opettajankoulutukseen liittyvän tutkimuksen kehittäminen (Kemian laitoksen tutkimuksen tavoiteohjelma 2007-2009). Tämä tavoite on otettu huomioon myös kemian laitoksen toiminnan suunnittelussa kyseiselle ajanjaksolle. Kemian opetuksen tutkimusta sekä kemistin että kemian opetuksen suuntautumisvaihtoehdoissa vahvistetaan, jolloin laitoksella tapahtuvaa opetusta voidaan tehostaa ja parantaa mm. soveltamalla opetukseen pedagogisia lähestymistapoja. Kemian laitoksen tavoitteina on kouluttaa kemistien lisäksi kemian opetuksen asiantuntijoita (opettajia, kouluttajia ja tutkijoita) koulutuksen eri asteille. Tavoitteita ovat myös yliopiston ja koululaitoksen välisen yhteistyön edistäminen sekä opetuksen aktiivinen kehittäminen, jotta opetuksen huippuyksikkö –status saavutettaisiin (Kemian laitoksen strategia 2007-2009). Strategian mukaan tutkimusperustainen opetuksen kehittäminen on osa laadukasta ja kansainvälisesti korkeaa opetuksen kehittämistä.

Kemian opettajankoulutusyksikön ja kemian laitoksen välinen hedelmällinen yhteistyö opetuksen tutkimusperustaisen kehittämisen alueella on johtanut selviin tuloksiin. Esimerkiksi hakijamäärät kemian laitokselle ovat kasvaneet ja opiskelijoiden motivaatio on parantunut (Aksela, 2007). Opetuksen tutkimuspohjaisen kehittämisen päätavoitteena on paraneva yliopisto-opetus, sillä se vaikuttaa yliopistolla koulutettavien opettajien kautta kaikkien kouluasteiden toimintaan.

Kemian opettajankoulutusyksikön kursseilla tutkimus ja sen yhteys opetukseen ja oppimiseen on keskeisenä sisältönä. Erityisesti kemian opettajaopiskelijoille tarjottua opetusta pro gradu –tutkielma kemian opetuksesta mukaan laskien on yhteensä 77 opintopisteen verran. Kandidaattivaiheessa tarjotaan kaksi kurssia ja maisterivaiheessa kuusi (ks. Kuva 1).

Kandidaattivaiheen kurssit

- Johdatus kemian opetukseen, 3 op (1. vuoden kevät)
- Kemia elinympäristössä, 4 op (2. vuoden kevät)

Maisterivaiheen kurssit, seminaari ja tutkielma

- Kemian opetuksen keskeiset alueet I, 6 op (4. vuoden syksy)
- Kemian opetuksen keskeiset alueet II, 4 op (4./5. vuoden kevät)
- Kokeellisuus kemian opetuksessa I, 5 op (4. vuoden syksy)
- Kokeellisuus kemian opetuksessa II, 5 op (4./5. vuoden kevät)
- Kemia tieteenä, 5 op (4. vuoden syksy)
- Kemian mallit ja visualisointi, 5 op (4./5. vuoden kevät)
- Kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaari (2 - 5. vuosi)
- Pro gradu -tutkielma ja kypsyysnäyte, 40 op
(opintopisteet sisältää kemian opetuksen ja tutkimuksen seminaarin, 5 op)

Jatko-opinnot (FL, FT) kemian opetuksesta

- Kemian opetuksen jatkokoulutusseminaari (5 op)
- Kurssiohjelma laaditaan jokaiselle opiskelijalle henkilökohtaisesti

Kuva 1. Kemian opettajankoulutusyksikön kurssit (Tutkintovaatimukset, 2007)

Kemian opettajankoulutusyksikössä tehdään tutkimusta kemian opetukseen, opiskeluun ja oppimiseen liittyen (mm. Aksela 2006) ja kehitetään opetusta kurssien liittyvien tutkimusten pohjalta (mm. Aksela 2004). Vuodesta 2005 lähtien kemian laitoksella on voinut jatkaa kemian opetuksen opintoja myös maisterivaiheen jälkeen filosofian tohtorin tai lisensiaatin tutkintoon saakka.

Tutkimusperustainen opetus on tärkeä osa opettajankoulutusta. Opettajan täytyy hallita työssään kaksi erillistä aluetta: (i) sisältö, toisin sanoen sekä opetettavan aineen tuntemus että opetukseen liittyvä pedagoginen tieto, sekä (ii) opetuksen suunnittelun tuntemus. Shulmanin kehittämän pedagogisen tiedon mallin (Model of Pedagogical Reasoning) mukaan hyvän opetuksen saavuttamiseksi opettajan tulee hallita seuraavat taidot:

- sekä opetettavana asian että tavoitteiden monipuolinen ymmärtäminen
- tiedon soveltaminen opetettavaksi ainekseksi oppilaiden taustat huomioon ottaen
- opetustapahtuman toteutus ja opetukseen liittyvät työtavat
- opetuksen ja oppimisen monipuolinen arviointi sekä oppilaan itsearviointi
- oman toiminnan kriittinen tarkastelu ja parannettavien asioiden tiedostaminen

- opetuksen tavoitteiden, opetettavan aineksen, oppilaiden ja oppimisen kehittyminen ja sen seuraaminen.

Taitojen saavuttamisessa tarvitaan monipuolista oppimisympäristöä, jossa opettaja pystyy sekä tutkimaan oppilaita, oppimista ja itseään että kokeilla asioita käytännössä (inTime, 2007).

Opetukseen ja oppimiseen liittyvä tutkimus koetaan tärkeänä myös tulevaisuuden kannalta. Opetusministeriö käynnisti keväällä 2007 selvitystyön, jonka tavoitteena oli selvittää ja arvioida opettajatarpeiden muutoksia vuoteen 2020 saakka. Työn koonti julkaistiin nimellä *Opettajankoulutus 2020*. Työryhmä piti tärkeänä opetukseen ja oppimiseen liittyvän tutkimustyön tekemistä kansallisen yhteistyön merkeissä sekä opettajan työtä tukevien tutkimusohjelmien lisäämistä (Opetusministeriö, 2007).

3 KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA

”Ilman kokeellisuutta kemia ei ole elävä tiede.”

(Aksela et al, 1996)

3.1 KOKEELLISUUS OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEISSA

Nykyisten opetussuunnitelmien perusteissa kokeellisuudella on merkittävä rooli. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitaan mm. seuraavaa (Opetushallitus, 2004):

Opetus tukeutuu kokeelliseen lähestymistapaan, jossa lähtökohtana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen. Tästä edetään ilmiöiden tulkitsemiseen, selittämiseen ja kuvaamiseen sekä aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden mallintamiseen kemian merkkikielellä. Kokeellisuuden tulee auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja, kehittää käden taitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitaan mm. seuraavat tavoitteet kokeellisuuteen liittyen (Opetushallitus, 2004):

Vuosiluokat 5-6, Fysiikka ja kemia

Oppilas oppii

- työskentelemään ja liikkumaan turvallisesti itseään ja ympäristöään suojellen sekä noudattamaan annettuja ohjeita*
- tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä pohtimaan tiedon luotettavuutta*
- tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita*
- tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden, aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia*

- käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa fysiikan ja kemian alaan kuuluvia käsitteitä

Vuosiluokat 7-9, Kemia

Oppilas oppii

- työskentelemään turvallisesti ja ohjeita noudattaen
- käyttämään luonnontieteellisen tiedonhankinnan kannalta tyypillisiä tutkimusmenetelmiä, myös tieto- ja viestintätekniikkaa, sekä arvioimaan tiedon luotettavuutta ja merkitystä
- tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen sekä tulkitsemaan ja esittämään tuloksia

Lukion opetussuunnitelman perusteissa kokeellisuudella on edelleen tärkeä rooli kemian opetuksen osana. Lukioon siirryttäessä keskeisiksi sisällöiksi nousevat luonnon ympäröivän maailman tutkimisen lisäksi myös materiaalit, tuotteet ja kestävä kehitys, sekä kemian yleissivistävä luonne. Opetussuunnitelman perusteissa mainitaan mm. seuraavaa (Opetushallitus, 2003):

Kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely.

Lukion opetussuunnitelman perusteissa mainitaan seuraavat tavoitteet kokeellisuuteen liittyen (Opetushallitus, 2003):

Kemian opetuksen tavoitteena on, että opiskelija

- osaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä
- osaa tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppii suunnittelemaan niitä sekä osaa ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat
- osaa tulkita ja arvioida kokeellisesti tai muutoin hankkimaansa tietoa ja keskustella siitä sekä esittää sitä muille

- perehtyy tieto- ja viestintätekniiikan mahdollisuuksiin tiedonhankinnan ja mallintamisen välineinä
- perehtyy nykyaikaiseen teknologiaan teollisuudessa ja ympäristötekniikassa

Kokeellisuus on esillä myös lukion kurssien tavoitteissa ja sisällöissä. Alla on esitetty kursseittain kokeellisuuteen liittyvät tavoitteet (Opetushallitus, 2003):

Kaikille yhteinen kurssi

1. Ihmisen ja elinympäristön kemia (KE1)

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- kehittää tietojen esittämisessä ja keskustelussa tarvittavia valmiuksia
- oppii kokeellisen työskentelyn, kriittisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitoja
- osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia.

Valinnaiset kurssit

2. Kemian mikromaailma (KE2)

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen aineiden rakenteeseen, ominaisuuksiin ja reaktioihin liittyviä ilmiöitä.

3. Reaktiot ja energia (KE3)

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin, reaktionopeuteen ja -mekanismeihin liittyviä ilmiöitä.

4. Metallit ja materiaalit (KE4)

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen metalleihin ja sähkökemian liittyviä ilmiöitä.

5. Reaktiot ja tasapaino (KE5)

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä.

3.2 KOKEELLISUUS JA OPPIMINEN

Kokeellisuus ja kokeellinen työskentely on keskeistä kemiassa. Kokeellisuus on myös tärkeä osa kemian opetusta ja oppimista (mm. Aksela et al, 1996; Domin, 1999; Wellington, 1998; Leach & Paulson, 1999).

Tällä hetkellä voimassa olevat opetussuunnitelman perusteet rakentuvat lähinnä sosio-konstruktiviselle oppimiskäsitykselle. Siinä oppija on aktiivinen tiedon muokkaaja (Tynjälä, 1999). Konstruktivismin mukaan myös itse tieto on dynaamista, eikä sitä voi sellaisenaan välittää oppijalle. Oppija on näin aktiivinen tiedon konstruoija, joka muodostaa oppimisprosessissa oman tietorakenteensa. Opettajan ohjaus ja muiden oppilaiden kanssa opiskelu edistää oppimista. Oppija tulkitsee uuden informaation omalla tavallaan ja luo tietonsa aikaisempien tietojen ja kokemusten perusteella, toisin sanoen liittää uuden tiedon olemassa olevaan tietorakenteeseensa (Salovaara, 1997).

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen vaatii oppijalta aktiivista osallistumista oppimistapahtumaan (Shiland, 1999). Oppimisen edellytyksiä ovat myös oppijan sosiaalinen osallistuminen, kyky käsitellä ja järjestellä jo opitut asiat uudelleen sekä kyky liittää uusi informaatio jo aiemmin opittuun (Vosniadou, 2001). Mielekkään oppimisen kriteereinä voidaan pitää tavoitteellisuutta, aktiivisuutta, konstruktivisuutta, yhteistoiminnallisuutta, keskustelumuotoisuutta ja vuorovaikutteisuutta, autenttisuutta ja reflektiivisyyttä (Jonassen, 1999).

Oppimiseen liittyvät myös ajattelun taidot. Merkityksellinen oppiminen edellyttää oppijalta korkeamman tason ajattelun taitoja (engl. *higher-order thinking skills, HOTS*) (Aksela, 2005). Korkeamman tason ajattelun taidot voidaan määritellä esimerkiksi käyttäen

Bloomin taksonomian uudistettua versiota. Tämän luokituksen ovat tehneet Anderson ja Krathwohl (2001). Luokitus koostuu yhteensä kuudesta ajattelun tasosta, joista kaksi luetaan alemman tason ajattelun taidoiksi. Nämä ovat muistaa (*remember*) ja ymmärtää (*understand*). Muut neljä ovat korkeamman tason ajattelun taitoja. Nämä ovat soveltaa (*apply*), analysoida (*analyze*), arvioida (*evaluate*) ja luoda (*create*).

Korkeamman ja alemman tason ajattelun taidot erottaa toisistaan kolme seikkaa. Ensinnäkin, korkeamman tason ajattelun taitoja esiintyy vain ihmisillä, kun taas alempia taitoja voidaan havaita myös monien eläinten tapauksessa. Toiseksi, korkeamman tason ajattelun käyttäminen vaatii ajattelijalta suurempia ponnistuksia kuin alemman tason ajattelu. Kolmanneksi, Bloomin uudistetun taksonomian mukaisten korkeamman tason ajattelun taitojen käyttäminen edellyttää alemman tason ajattelun taitojen omaksumista ja käyttöä. Esimerkiksi muistamista, joka on alimman tason ajattelun taito, tarvitaan kaikilla muilla ajattelun tasoilla, kun taas arviointia, joka on korkeimmalla ajattelun tasolla, ei edellytetä millään muulla tasolla. (Domin, 1999)

Dominin (1999) mukaan korkeamman tason ajattelun taitoja arvostetaan enenevässä määrin myös työelämässä. Taitoja, joita työelämä nuorilta aikuisilta peräänkuuluttaa, ovat mm. käytännön taidot, ongelmanratkaisun taidot sekä kriittisen ajattelun kyky.

Kemian oppimista on Suomessa tutkittu opettajien näkökulmasta suhteellisen vähän. Tutkimuksen mukaan valtaosa (95 %) kemian opettajista oli sitä mieltä, että kemiaa oppii parhaiten tekemällä (Aksela & Juvonen, 1999). Noin 80 % opettajista toi esiin erityisesti kokeellisten oppilastöiden merkityksen oppimiselle. Muita oppimiseen vaikuttavia tekijöitä opettajien mukaan olivat mm. oppijan aktiivinen vastuun kantaminen omasta oppimisestaan, opettajan innostavuus ja oppijan motivoituneisuus, aito oppimisympäristö sekä monipuolisten työtapojen käyttö opetuksessa. Myös projektitöiden tekeminen, vierailut kemian tuotanto- ja tutkimuslaitoksissa sekä kemian liittäminen arkeen mainittiin kemian oppimiseen positiivisesti vaikuttavina tekijöinä.

Akselan ja Juvosen (1999) tutkimuksen mukaan suurin osa opettajista käytti opetuksessaan kokeellisia oppilastöitä. Opettajista 38 % teki enemmän kuin kuusi oppilastyötä kurssin aikana. Noin joka neljäs opettaja käytti 2-6 työtä kurssin aikana. Useimmat opettajat

kertoivat töiden määrän vaihtelevan kurseittain. Suurten oppilasryhmien opetuksessa käytettiin etenkin demonstraatioita.

Tärkeimmät syyt kokeellisten töiden käytölle opetuksessa olivat Akselan ja Juvosen (1999) tutkimuksen mukaan motivaatio (40 %), ja kokeellisten töiden vaikutus oppimiseen (29 %). Lisäksi mainittiin kokeellisuuden kuuluminen luonnollisena osana kemian opetukseen (10 %), kokeellisuuden kautta opittavat taidot (6 %) ja kokeellisuuden tuoma vaihtelu oppitunneilla (3 %). Kokeellisten töiden todettiin sopivan etenkin yläasteelle sekä niille, joille teorian opiskelu on raskasta. Syyt olla käyttämättä kokeellisuutta opetuksessa olivat mm. aikapula, liian suuret oppilasryhmät, laboratorioluokan tai tarpeellisten välineiden puute sekä ahtaus luokassa. Osa lukion opettajista kertoi, että kokeellisia töitä tehdään erillisellä työkurssilla tarpeeksi.

Kokeellisuuden toteuttaminen käytännössä tarkoitti Akselan ja Juvosen (1999) tutkimien opettajien mukaan pari- ja ryhmätyöskentelyä. Parityöskentelyä käytti 37 % opettajista, ryhmä- tai tiimityöskentelyä joka neljäs. Muita toteutusmuotoja olivat työpistetyöskentely (8 %), luokan puolitus (6 %), yhteistoiminnallinen oppiminen (3 %) ja projektityö (1 %). Osa opettajista antoi työn valmistelun oppilaille kotiläksyksi ennen työkertaa.

Tutkittujen opettajien mielestä hyvä kokeellinen oppilastyö tukee teorian oppimista (Aksela & Juvonen, 1999). Opettajat liittivät työn ja teorian yhteen pääasiassa neljällä eri tavalla: (i) ensin käsitellään teoriaa, sitten teoriaa syvennetään työn avulla, (ii) teoria opiskellaan kokonaan työn avulla, (iii) teoria käsitellään kokeellisen työn jälkeen ja (iv) käytetään syklisiä malleja (ensin yksi työ, sitten teoria, sitten toinen työ jne.) Töihin liittyvää keskustelua ja yhteistä pohdintaa sekä ennen työtä että sen jälkeen korostettiin. Opettajien mukaan hyvä kokeellinen oppilastyö on myös selkeä, jonka tulos on nähtävissä selvästi. Työn tulee olla motivoiva, nopea, helppo ja turvallinen toteuttaa. Työn aiheen tulee liittyä arkielämään, tai se voi olla oppilaan oma aihe. Muutaman opettajan mukaan työn tulee kehittää oppilaan persoonallisuutta monipuolisesti.

Akselan ja Juvosen (1999) mukaan tietokoneen hyödyntäminen kokeellisuudessa oli opettajille verrattain uusi asia. Vain 7 % opettajista, lähinnä lukiosta, käytti opetuksessa mitta-automatiloita opetuksessaan. Tietokoneen käyttöä opetuksessa perusteltiin mm. tulosten jatkokäsittelyn helppoudella (21 %), ajansäästöllä (18 %) sekä sen tuomalla

vaihtelulla opetukseen (12 %). Muita mainittuja syitä olivat mm. havainnollistavuus, motivoiva vaikutus ja monipuolisuus. Syyt olla käyttämättä mittausautomaatiota opetuksessa olivat laitteiden, välineiden tai resurssien puuttuminen (57 %), mittausautomaation käyttöön liittyvien taitojen puute (14 %) sekä niiden käytön tarpeettomuus (12 %). Kolmasosa opettajista toivoi koulutusta mittausautomaation käytössä kemian opetuksessa.

Kokeellisuus muodostaa sillan todellisten, havainnoitavien objektien ja abstraktien ideoiden ja käsitteiden välille (Millar, Le Maréchal & Tiberghien, 1999). Kokeellisuuden merkitys oppimisen kannalta on lähes yhtä kiistatonta kuin sen rooli osana itse kemiaa. Kokeellisuuden merkitystä voidaan perustella mm. tietojen, taitojen sekä arvojen ja asenteiden valossa. Kokeellisuus vaikuttaa mm. käsitteiden omaksumiseen, oppimaan oppimiseen ja luovuuden kehittymiseen sekä kehittää erilaisia viestintä- ja työskentelytaitoja (Lavonen & Meisalo, 2003). Kokeellisuus kehittää myös oppijan ymmärtämistä käsitteisiin ja menettelytapoihin liittyen, sekä antaa mahdollisuuden tehdä tiedettä, eli kehittää oppijan kykyjä tieteelliseen tutkimukseen ja ongelmanratkaisuun (Hodson, 1996b).

Wellingtonin (1998) mukaan kokeellisten töiden tekemiseen luonnontieteiden opetuksessa on kolme syytä: (i) kokeellisuus vahvistaa oppilaan tietoa ja ymmärrystä (kognitiivinen päämäärä), (ii) kokeellisuus kehittää oppilaan taitoja ja sen kautta tieteen prosessit ja työtavat tulevat tutuksi ja (iii) kokeellisten töiden avulla voidaan muokata oppilaan asenteita sekä lisätä viihtyvyyttä ja motivaatiota opiskelua kohtaan.

Lavosen ja Meisalon (2007) mukaan kokeellisuus on luonnollinen osa kemiaa ja muita luonnontieteitä, sillä sitä esiintyy ihmisen luonnonvaraisen toiminnan puitteissakin. Lapsi tutkii ympäristöään, koskettelee ja kokeilee, tekee hypoteeseja, testaa ne ja oppii samalla uutta. Sama periaate on tiedemiehen työssä: tutkia tuntematonta. Tieteellisellä kokeellisuudella ja opetuksessa käytettävällä kokeellisuudella on kuitenkin erilaiset tavoitteet. Tieteellisen kokeellisuuden tavoite on tehdä hypoteesi ja löytää sille tukea tai kumota se. Opetuksessa käytettävän kokeellisuuden tavoite on ”tukea oppimista, auttaa hahmottamaan ja jäsentämään luontoa ja sen ilmiöitä sekä tukea lapsen persoonallisuuden monipuolista kehittymistä”.

Kokeellisuuden avulla oppiminen vaatii aktiivista ajattelua. Oppimiseen vaikuttavat aikaisemmat käsitykset aiheesta. Oppiminen edellyttää sosiaalista kanssakäymistä ja oppimisen syventämiseksi opittua asiaa pitää voida soveltaa. Kokeellisen työskentelyn suunnittelussa on otettava nämä kriteerit huomioon (Shiland, 1999). Shilandin mukaan oppijoille tulee antaa mahdollisimman paljon vapautta suunnitella tutkimusta itse. Tämä voi olla esimerkiksi tutkittavien muuttujien määrittelemistä, tutkimusmenetelmän suunnittelua ja mahdollisten virhelähteiden etsimistä ja poistamista tutkimuksesta. Koska oppijoiden aiemmat, joskus virheelliset, käsitykset vaikuttavat oppimiseen, Shilandin mukaan oppijoille tulee antaa mahdollisuus tehdä hypoteesi ja selittää se ennen työn aloittamista. Oppimisen sosiaalisen ulottuvuuden vuoksi on myös tärkeää, että oppijat voivat työskennellä ryhmissä, keskustella hypoteeseistaan, toiminnastaan ja tuloksistaan, ja esitellä tuloksiaan ja johtopäätöksiään muulle ryhmälle. Jotta oppiminen syvenisi, oppijoiden on hyvä antaa kehittää opitulle asialle sovelluksia.

Huolimatta kokeellisuuden hyvistä vaikutuksista oppimiseen sitä ei edelleenkään aina arvosteta ja pidetä tärkeänä osana kemian opetusta (Thulstrup, 1999). Yksi syy tähän saattaa Thulstrupin mukaan olla, että testit, joilla kokeellisuuden vaikutusta oppimiseen mitataan, mittaavat oppilaan sellaisia taitoja, jotka hän olisi saanut luento-opetuksen kautta. Kokeellisuus ja luento-opetus eivät luonnollisesti voi korvata toisiaan täysin, sillä niiden tavoitteet ovat erilaiset. Sopivassa suhteessa sekoitettuna ne kuitenkin täydentävät toisiaan ja tukevat oppimista.

Valitettavan usein kokeellisella työskentelyllä ei kuitenkaan saavuteta sille asetettuja tavoitteita (mm. Hodson, 1996b; Domin, 1999; Bradley, 1998; Jenkins, 1999). Kokeellisesta työskentelystä voi muodostua ns. keittokirjamaista, passiivista toimintaa, jolloin oppilaat seuraavat opettajan tai työohjeen ohjeita, eivätkä joudu kiinnittämään kovinkaan paljoa huomiota siihen, mitä ovat itse asiassa tekemässä. Kokeellisuuden erilaisilla työtavoilla voidaan tukea tavoitteellista opetusta ja opiskelua (ks. tarkemmin kpl 3.4).

Kokeellisuuden perustavoitteena tulisi olla tietyn teorian liittäminen tiettyyn luonnossa havaittavaan ilmiöön (Håland, 1999). Kun opettaja suunnittelee kokeellista työtä, hänelle kahden alueen välinen yhteys on selvä. Oppilaalta kuitenkin yleensä puuttuu teoria-alueeseen liittyvien käsitteiden hallinta osittain tai kokonaan, jolloin hän yrittää liittää

havaitun ilmiön omiin, usein virheellisiin, käsityksiinsä. Oppilaan on näin vaikea ymmärtää työn tavoitetta, havaita se, mitä opettaja toivoi hänen havaitsevan, ja selittää näkemänsä.

Kokeellisen työohjeen laadinnalla voidaan vaikuttaa kemian ymmärtämisen tasoon. Huonosti suunnitellut kokeelliset työohjeet edellyttävät oppijalta vain muistamista ja ymmärtämistä, alemman tason ajattelun taitoja, kun taas korkeamman tason ajattelu (soveltaa, analysoida, arvioida, luoda) jää pois (Domin, 1999). Reseptimäistä työohjetta käytetään Dominin mukaan opetuksessa usein kuin katalyyttiä, joka nopeuttaa kokeellisen työn suorittamista. Se ei kuitenkaan tue korkeamman tason ajattelun käyttöä tai kemian oppimista. Keittokirjamainen työohje ei myöskään anna tilaa oppijalle sisäistää ja prosessoida uutta tietoa. Uusi informaatio ei näin kiinnity oppijan tietorakenteeseen. Hän ei ymmärrä työn tai sen kontekstin merkitystä eikä oppimista tapahdu.

Domin (1999) tarjoaa ongelmaan kolme ratkaisua. Ensimmäinen niistä on työohjeen jättäminen kokonaan pois. Tämä vaatisi opettajalta huomattavasti enemmän taitoja, mutta parhaassa tapauksessa oppimisen edellytykset paranisivat. Valitettavasti tämä ratkaisu kuitenkin johtaisi uusiin ongelmiin ajankäytön ja resurssien osalta. Toinen ratkaisu on Dominin mukaan tietokoneen käyttäminen apuna kokeellisessa työskentelyssä. Tietotekniikan hyödyntäminen itse kokeellista työtä tehdessä jättäisi aikaa tulosten tarkasteluun ja analysoimiseen. Tietotekniikan käyttö opetuksessa myös kehittää korkeamman tason ajattelun taitoja ja parantaa oppimista (Aksela, 2005), mahdollistaa kemian syvällisen ymmärtämisen ja tarjoaa mielekkään lähestymistavan kemian oppimiseen ja opetukseen (Aksela, 2007). Kolmas ratkaisu löytyy Dominin mukaan työohjeiden kehittämisestä. Työohjeita voitaisiin muokata siten, että ne tukisivat mielekästä oppimista ja korkeamman tason ajattelun taitoja.

Yleisesti ottaen suurin osa opettajista, maasta ja kouluasteesta riippumatta, on sitä mieltä, että kokeellisuus on erittäin tärkeä osa kemian opetusta, sillä se tekee kemiasta mielenkiintoisempaa, se auttaa ymmärtämään abstrakteja käsitteitä, se kuvaa tieteen menetelmiä ja se kehittää käytännön laboratoriotaitoja (Bradley, 1998). Suomessa, kuten Pohjoismaissa yleensä, kokeellisuuden käyttö opetusmetodina on suhteellisen yleistä (Leach & Paulsen, 1999). Samansuuntaisia tuloksia on saatu tutkimuksissa Suomessa (vrt. Aksela & Juvonen, 1999).

Syyt, joiden vuoksi kokeellisuus jää opetuksessa kuitenkin usein vähemmälle, ovat taas maailmanlaajuisesti ja koulusta toiseen samoja: kemikaalien, välineiden ja ajan puute, töiden pitäminen vaarallisena sekä opettajan taitojen puute toteuttaa kokeellisuutta. (Bradley, 1998; Aksela & Juvonen, 1999). Kokeellisuuden toteuttamisessa on ongelmia sekä rikkaissa että köyhissä maissa. Ongelma leviää myös yhä korkeammille koulutusasteille. Oppijoista tulee ”katsojia”, jotka itse asiassa altistuvat näin enemmän kemiallisille vaaratilanteille kuin kokeellisuuden yhteydessä, sillä heidän kemian käytännön tuntemuksensa on niin heikkoa. Tulevat opettajat eivät saa kokemusta kokeellisesta työskentelystä eivätkä he käytä sitä opetustyössään myöhemminkään. Ihmiset oppivat myös pelkäämään kemiaa, sillä se on heille tuntematonta (Bradley, 1998).

Jotta kokeellisella työskentelyllä saavutettaisiin sille asetetut tavoitteet, on tärkeää, että sekä opettaja että oppija näkevät ja ymmärtävät työn tavoitteet (Hodson, 1996a). Kokeellista työskentelyä saatetaan käyttää pelkästään sen motivoivan vaikutuksen vuoksi ilman opetuksellisia tavoitteita. 1990-luvun aikana Suomessa suoritetun tutkimuksen mukaan fysiikan opettajien kykyä liittää ja hyödyntää kokeellisuutta paremmin opetuksessa voidaan parantaa esimerkiksi kokeellisuuteen, käsitteenmuodostukseen ja fysiikan oppimiseen liittyvän koulutuksen avulla. (Lavonen, Jauhiainen, Koponen & Kurki-Suonio, 2004)

Niissä maissa, joissa kokeellisuutta käytetään laajemmin osana opetusta, sitä saatetaan painottaa väärästä näkökulmasta. Esimerkiksi mm. Yhdistyneissä Kuningaskunnissa kokeellisuuden osaamista arvioitiin ainakin 1990-luvun lopulla *Assessment of Performance Unit* –arviointirungon mukaisesti (APU). APU:n kriteerit ovat seuraavat (Leach & Paulsen, 1999):

- graafinen ja symbolinen kuvaus
- laitteistojen ja mittauslaitteiden käyttö
- havainnoiminen
- (tulosten) tulkinta ja soveltaminen
- (luonnontieteellisen) tutkimuksen suunnittelu
- (luonnontieteellisen) tutkimuksen suoritus

Leachin ja Paulsenin mukaan tällaiset arviointikriteerit painottavat liiaksi laboratoriotaitojen osaamista ja jättävät huomiotta olemassa olevan tieteellisen tiedon vaikutuksen tutkimustyöhön. Arviointikriteerit eivät ota huomioon sitä, että koulussa käytettävän kokeellisuuden tarkoitus on *kuvata* jo olemassa olevaa tietoa, ei yksistään rakentaa ja kerätä sitä.

Toinen koulussa käytettävän kokeellisuuden ongelma on autenttisuus, tai tarkemmin ottaen sen puute. Opettaja tekee oppilaidensa kanssa työn tai demonstraation, koska uskoo sen olevan hyödyllinen ja parantavan kyseessä olevan aiheen tai ilmiön ymmärtämistä. Oppilaat saattavat kuitenkin nähdä tilanteen eri tavalla, havainnoida ”väärää” asioita ja ”oppia” jotain muuta kuin oli tarkoitus (Jenkins, 1999; Håland, 1999). Usein oppilaiden tekemät (tai suorittamat) työt ovat myös epätodellisia: tulos on ennalta nähtävissä eikä työ tarjoa mahdollisuutta oppia luonnosta autenttisesti jotain uutta. Oppilaille jää Jenkinsin mukaan luonnontieteistä virheellinen kuva, jonka mukaan tutkiminen on laboratoriotyön suorittamista. Jenkins ehdottaa, että oppilaan täytyy saada tutustua todelliseen tutkimukseen, kokea sen tuomat ongelmat, epävarmuus ja onnistumisen elämykset, ja saada lopuksi todellista, uutta tietoa. Tällä tavoin kehittyi parhaimmillaan paitsi oppilaan tieteellinen ajattelu ja kiinnostus luonnontieteisiin, myös hänen persoonallisuutensa ja itsetuntemuksensa.

Moni koulussa tehtävä kokeellinen työ vastaa kysymykseen ”*Mitä tapahtuu?*”, kun todellisuudessa tiede kysyy ”*Miksi näin tapahtuu?*” (Solomon, 1999). Tieteen tavoite on selittää ilmiöitä, ei vain todeta niitä. Tieteellinen tutkimus saattaa näin muuttua oppilaan silmissä pelkäksi testaamiseksi. Oppilaiden tällaista virhekäsitystä vahvistavat ennestään ”tieteelliset” televisiomainokset, jossa valkoiseen takkiin pukeutunut ”tiedemies” testaa, mikä vessapaperimerkki on imukykyisin.

3.3 MIKROKEMIA KEMIAN KOKEELLISUUDESSA

Suurin osa opettajista on sitä mieltä, että kokeellisuus on erittäin tärkeä osa kemian opetusta, mutta kokeellisuutta ei silti usein toteuteta. Syitä tähän ovat mm. kemikaalien ja ajan puute sekä kokeellisuuden kalleus (mm. Bradley, 1998; Aksela & Juvonen, 1999).

Ratkaisun ongelmaan tarjoaa esimerkiksi *mikrokemia* (kutsutaan myös nimellä *mikroskaalan kemia*). Mikrokemia on tehokas tapa käyttää kokeellisuutta opetuksessa, ja sen suosio kasvaa maailmanlaajuisesti (Vuolle & Lampiselkä, 2001). Mikrokemian avulla aineiden määriä voidaan vähentää radikaalisti, mikä johtaa säästöihin sekä aineiden hankinta- että hävityskustannuksissa. Lisäksi myös aikaa ja tilaa säästyy, eikä luonto rasitu yhtä paljon kuin normaaleilla määrillä työskenneltäessä (Bradley, 1998; Wood, 1990; Gallet, 1998; Singh, Szafran & Pike, 1999; Szafran, Singh & Pike, 1989). Mikrokemia on edullisempaa myös ajallisesti, sillä pienten astioiden ja tarvikkeiden kokoaminen ja puhdistus sujuu nopeasti (Aksela & Karkela, 1992).

Mikrokemian historia alkoi viime vuosisadan alkupuolella. Vuoden 1910 tienoilla kemian töitä alettiin muuttamaan pienempään mittakaavaan. Vuonna 1911 itävaltalainen Friedrich Emich (1860-1940) kirjoitti ensimmäisen mikrokemiaa käsittelevän kirjan *Lehrbuch der Mikrochemie*. Emich eli Grazissa ja opiskeli sekä myöhemmin työskenteli Grazin Teknillisessä yliopistossa (*Technischen Universität Graz*) yhdessä Fritz Preglin, lääketieteellisen kemian professorin, kanssa (Wikipedia). Pregl tutki mm. orgaanisten yhdisteiden roolia lääketieteessä ja sai Nobelin kemianpalkinnon vuonna 1923 antamastaan tärkeästä panoksesta kvantitatiiviseen mikroanalyysiin liittyen.

Mikrokemian (lat. *mikro* = miljoonasosa) lähtökohtana on pienentää käytettävien aineiden määrää. Samalla myös tarvittavat välineet muuttuvat pienemmiksi ja helppokäyttöisemmiksi (Aksela & Karkela 1992). Tarkkaa ohjetta pienentävästä mittakaavasta ei ole annettu, mutta yleisesti ottaen tarkoitus on siirtyä grammasta milligrammaan (preparatiivinen työskentely) ja mikrogrammaan (analyytinen työskentely) (Aksela et al, 1996).

Aluksi mikrokemiaa hyödynnettiin lähinnä orgaanisen kemian alalla (Vuolle & Lampiselkä, 2001). 1930-luvulla mikrokemia levisi tutkimuskäytöstä myös kaupalliseen käyttöön. Vuonna 1933 Yhdysvaltoihin perustettiin mikrokemian tutkimukseen ja soveltamiseen keskittyvä National Microscale Chemistry Center (NMCC), joka toimii tänäkin päivänä. Keskuksen tavoitteena on mm. levittää tietoisuutta kierrätyksestä ja kemikaalien käytön vähentämisestä kaikilla kemian aloilla, sekä rakentaa verkostoja uusien mikrokemian tekniikoiden kehittämisen tueksi, tarjota kursseja mikrokemiaan liittyen ja tehdä mikrokemiaa tutuksi kaikilla koulutuksen asteilla (NMCC, 2007).

1970-luvulla mikrokemian käyttö alkoi yleistyä myös opetuksessa. Samoihin aikoihin mikrokemian tarjoamat mahdollisuudet synteettisen kemian alalla huomattiin. 1980-luvulla, yleisen ympäristön huomioon ottavan ajattelun levitessä, myös kemian tutkimisen ja opetuksen ympäristövaikutuksiin alettiin kiinnittää huomiota. Laboratoriot ja opetuslaboratoriot joutuivat tarkastelun kohteiksi, ja koska mikrokemiaa pystytään hyvin soveltamaan vihreän kemian periaatteisiin, sen käyttö yleistyi edelleen niin tutkimuksessa kuin opetuksessakin (Aksela et al, 1996).

Suomessa mikrokemia otettiin kouluissa käyttöön 1990-luvun alkupuolella. Samaan aikaan aloitettiin opettajien jatkokoulutukset mikrokemiaan liittyen (Aksela, 1995). MAOL ry. järjesti aiheesta lukuisia kesäkursseja. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulussa Kokkolassa on NMCC:n kanssa yhteistyössä toimiva mikrokemiaan erikoistunut laboratorio, joka tarjoaa mikrokemian kursseja opettajille. Myös Jyväskylän yliopisto järjesti mikrokemian levitessä Suomeen kursseja opettajille ja opiskelijoille sekä julkaisi mikrokemiaan liittyvää materiaalia (mm. Vuolle & Lampiselkä, 2001).

Mikrokemia on tähän päivään mennessä levinnyt laajalle kemian alalla, sillä se tarjoaa ratkaisun useaan laboratoriossa esiintyvään ongelmaan (Wood, 1990). Ongelmat liittyvät kemikaalien kalleuden lisäksi esimerkiksi työturvallisuuteen ja opettajan vastuuseen laboratoriossa sekä tarpeettoman ja vanhaksi menneen kemikaaliaineksen hävittämiseen (Wood, 1998; Szafran, Singh & Pike, 1989; Aksela & Karkela, 1992). Mikrokemian käytön yhteydessä syntyy vähemmän jätettä ja se mahdollistaa myrkyllisen jätteen kierrättämisen mahdollisimman tehokkaasti. Koska käytetyt ainemäärät ovat pienempiä, esimerkiksi ilmaan ei pääse haihtumaan sellaisia määriä myrkyllisiä liuottimia kuin tavallisen kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Mikrokemian käyttö alentaa myös kustannuksia merkittävästi, kun aineiden ja tarvikkeiden hankintaan ja jätteiden hävittämiseen kuluu normaalia laboratoriotyöskentelyä huomattavasti vähemmän rahaa (Aksela & Karkela, 1992).

Myös oppilaat pitävät mikromittakaavassa työskentelystä (Aksela, 1994). Lukion ensimmäisen vuoden opiskelijoille tehdyn tutkimuksen mukaan opiskelijat pitivät mikromittakaavan työstä enemmän kuin tavallisesta, sillä se mahdollisti työskentelyn useammalle opiskelijalle (välineitä oli enemmän), työskentely oli turvallisempaa ja

helpompaa (opiskelijat pystyivät työskentelemään omalla paikallaan), jätteitä tuli vähemmän ja välineet oli helppo puhdistaa käytön jälkeen. Akselan mukaan mikrokemia on hyvä vaihtoehto perinteiselle laboratoriotyöskentelylle etenkin, jos koulussa on puutteelliset laboratoriotilat ja suuret oppilasryhmät.

Vihreä kemia koetaan yhä tärkeämpänä aiheena kouluopetuksessa (Aksela & Juvonen, 1999; Lumivaara & Aksela 2002). Lumivaaran ja Akselan vuonna 2001 tekemän tutkimuksen mukaan suomalaiset kemianopettajat kokevat vihreän kemian tärkeäksi ja oppilaita innostavaksi alueeksi. Vihreä kemia nähdään myös siltana ”koulukemian” ja arkikemian välillä (Lumivaara & Aksela 2002). Lumivaaran ja Akselan tutkimuksessa kävi ilmi, että yli 80 % opettajista käytti vihreän kemian opetustapana kokeellista työskentelyä.

Mikrokemia soveltuu työkaluksi vihreän kemian oppimiseen erinomaisesti, sillä mikrokemia ja vihreä kemia täydentävät toisiaan (Singh, Szafran & Pike, 1999). Mikrokemia on turvallisempaa kuin makroskaalassa tapahtuva työskentely, sillä ainemäärät ovat pienempiä. Tällä tavoin laboratorion pitämisen kustannukset putoavat. Samasta syystä myös reaktioihin kuluva aika lyhenee. Yhdessä nämä seikat mahdollistavat laajemman valikoiman kokeellisten töiden osalta. Näin oppiminen monipuolistuu ja parantuu. Lisäksi mikrokemian välineet ovat pieniä ja ne on helppo ottaa mukaan esimerkiksi luontoon, mikä mahdollistaa opiskelun ja tutkimisen autenttisessa ympäristössä.

Mikrokemia on otettu käyttöön usealla kemian alalla, mm. orgaanisessa kemiassa, epäorgaanisessa kemiassa sekä yleisessä kemiassa (Mayo, Pike, Butcher & Trumper, 1991; Bell, Lycoudi, Ovens & Bradley, 2002; Szafran, Pike & Singh, 1991; Szafran, Pike & Foster, 1993; Singh, Pike & Szafran, 1995). Mikrokemia antaa mahdollisuudet halvempaan ja monipuolisempaan oppimiseen laajemmalle oppijaryhmälle kuin perinteinen kokeellinen työskentely.

Mikrokemian avulla voidaan tukea kemian oppimista (Gallet, 1998). Mikrokemia voidaan yhdistää ongelmalähtöiseen opetukseen (*problem-solving teaching*). Ongelmalähtöisen opetuksen lähtökohta on, että oppilaalla on mahdollisuus valita haluamansa menetelmät ja tarvikkeet ongelman prosessoinnin aikana. Tämän järjestäminen perinteisillä laboratoriovälineillä vaatisi huomattavan valikoiman kemikaaleja, välineitä ja muita

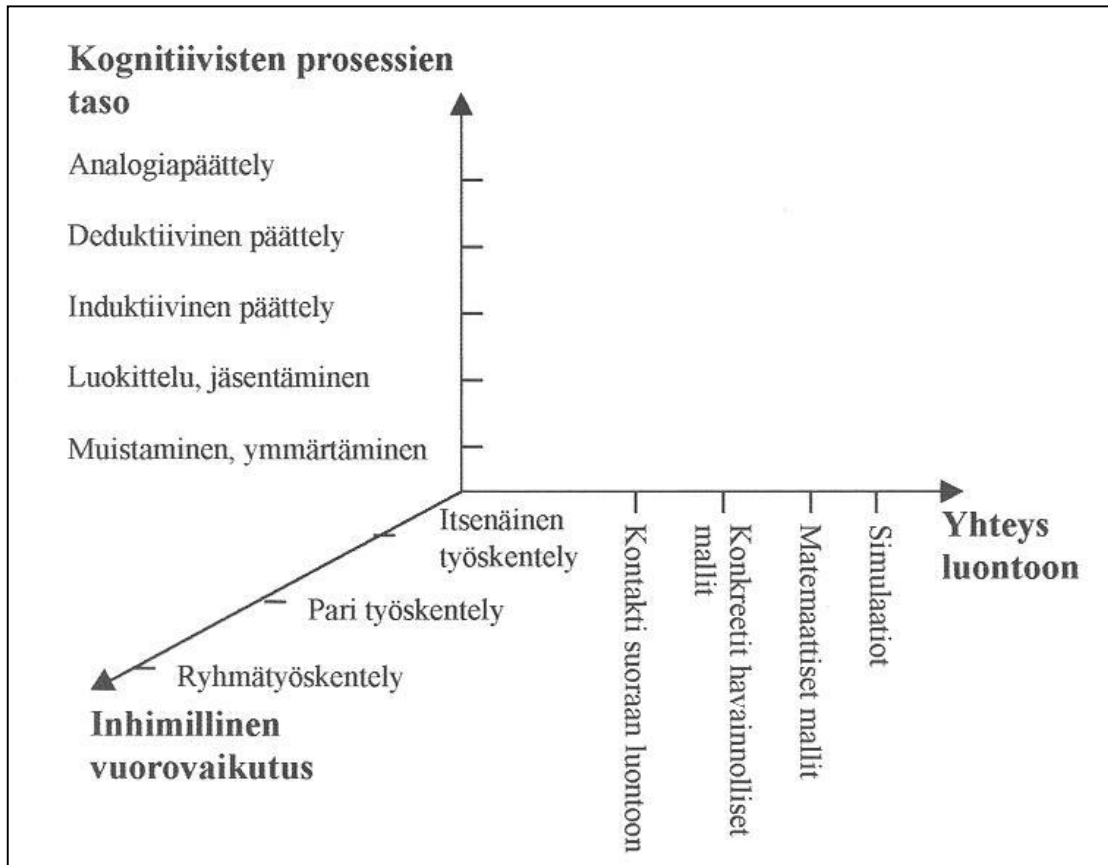
resursseja. Mikrokemian puitteissa tarvittavat resurssit ovat selvästi pienemmät. Tällä tavalla myös opiskelijoiden kokeellinen työskentely muuttuu yksinkertaisemmaksi ja selkeämmäksi.

3.4 KOKEELLISUUDEN TYÖTAVAT

Kokeellisuuden avulla oppimista voidaan tukea käyttämällä sopivia opetuksen työtapoja. Opetuksen tavoitteet määrittelevät, miten toteutus ja arviointi tulisi toteuttaa. Opetuksessa käytettävien työtapojen määrittelyyn ja luokitteluun on olemassa useita periaatteita ja luokitteluperusteita (Kuitunen, 1996). Luokitus riippuu mm. didaktisesta tasosta, joihin kuuluu toiminnan taso, opetuksen suunnittelun taso ja tavoitteiden asettamisen taso. Työtapoja on monenlaisia, ja niitä voi luokitella monin eri perustein. Kuitenkaan yhtä oikeaa työtapaa tai luokittelua ei ole olemassa.

Työtapojen luokittelu on tarpeellista, jotta opettaja voisi valita mahdollisimman sopiva työskentelymuodon tietylle oppilaalle tai oppilasryhmälle. Näin oppilaan persoonallisuus kehittyy monipuolisesti, mikä on tänä päivänä yksi opetuksen tavoitteista (Lavonen & Meisalo, 2007; Anon., 2003; Anon., 2004). Työtapoja voi tarpeen tullen myös yhdistää ja soveltaa. Luonnontieteiden opetuksessa käytettävät työtavat soveltuvat usein muidenkin aineiden opetukseen, ja moni niistä luo edellytyksiä eri oppiaineiden väliselle yhteistyölle (Sahlberg, 1991).

Yhden esimerkin työtavan määrittelylle antavat Meisalo ja Erätuuli, jotka kuvaavat työtapaa tienä, jota pitkin opettajan ja oppilaiden työskentely etenee suhteessa inhimilliseen vuorovaikutukseen, luonnon kanssa tapahtuvaan vuorovaikutukseen sekä työskentelyyn liittyvän ajatteluprosessin loogiseen luonteeseen (Lavonen & Meisalo, 2007). Määritelmää voidaan kuvata koordinaatistolla, jossa x-akselilla on inhimillinen vuorovaikutus, y-akselilla yhteys luontoon ja z-akselilla kognitiivisen prosessin taso (ks. Kuva 2).



Kuva 2. Opetuksen työtapojen kolme keskeistä didaktista ulottuvuutta (Lavonen & Meisalo, 2007)

Toinen peruste työtapojen luokittelulle on luonnontieteiden opetuksen tietoverkko FINISTEN käyttämä luokittelu (Kuitunen, 1996; Sahlberg, 1990). FINISTE-tietoverkossa työtavat luokiteltiin viiteen luokkaan:

- ajattelun kehittämiseen tähtäävät työtavat
- luovan ongelmaratkaisun työtavat
- sosiaalisuuden kehittämiseen tähtäävät työtavat
- persoonallisuuden kehittämiseen tähtäävät työtavat ja
- toiminnallinen teollisuusvierailu

Tämän tutkimuksen kannalta keskeisiä ovat ajattelun kehittämiseen tähtäävät työtavat. Nämä ovat (i) kyselyyn harjaannuttaminen, (ii) tiedon jäsentäminen, (iii) induktiivinen ajattelu, (iv) luokitteluun perustuva käsitteen omaksuminen, (v) oppimissykli ja (vi) ennakkojäsentäjät (Sahlberg, 1990). Useimpia ajattelun kehittämiseen tähtääviä työtapoja

voidaan soveltaa myös kokeelliseen työskentelyyn. Esimerkiksi luonnontieteellinen tutkimus voidaan mieltää kyselytekniikan soveltamiseksi, jolloin vastaajana on luonto itse. Induktiivinen ajattelu liittyy läheisesti kokeelliseen työskentelyyn, kun yksittäisen esimerkin perusteella pyritään tekemään koko aineistoa koskevia johtopäätöksiä.

Myös oppimissykli soveltuu kokeelliseen työskentelyyn (mm. Aksela, 2005). Syklinen malli voidaan määritellä usealla eri tavalla. Mallin keskeiset osat ovat:

- tutkimuksen tekeminen (esim. kokeellisen työn kautta)
- käsitteen muodostaminen (esim. ennakkojäsentäjän avulla)
- käsitteen soveltaminen

Oppimissyklin kautta oppilas määrittelee ja testaa käsityksensä tutkittavaan ilmiöön liittyen. Malli antaa mahdollisuuden virheellisten käsitysten korjaamiselle. Oppimissykli tukee kemian oppimista, sillä se muistuttaa luonnontieteellisen tiedon rakentumista (ilmiö – havainto – selitysmalli – testaus) (Sahlberg, 1990).

Ennakkojäsentäjän käyttö kokeellisuudessa auttaa oppilasta liittämään uusi informaatio jo olemassa olevaan, oppilaan omaan tietorakenteeseen. Ennakkojäsentäjä on useimmiten kaksiulotteinen rakenne, jossa käsitteitä liitetään toisiinsa liitesanojen avulla (Novak & Gowin, 1984). Ennakkojäsentäjän käyttö tukee mielekästä kemian oppimista ja sen avulla voidaan tutkia oppilaan käsityksiä ja havaita virhekäsityksiä. Ennakkojäsentäjän käyttö on hyödyllistä, kun tavoitteena on aikaisemman tiedon mieleen palauttaminen ja uusien käsitteiden ymmärtäminen.

Tutkiva oppiminen (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2002) työtapana kehittää oppilaan korkeamman tason ajattelun taitoja (Aksela, 2005). Tutkivan oppimisen puitteissa oppilaalla on mahdollisuus työskennellä tiedemiehen työtä muistuttavalla tavalla. Työskentelyn osia ovat tutkittavan kysymyksen tai ilmiön määrittely, luonnontieteellisen tutkimuksen suunnittelu ja toteutus, kerätyn tiedon käsittely sekä tulosten arviointi ja soveltaminen. Keskeinen osa tutkivaa oppimista on oppilaiden välinen keskustelu ja kommunikaatio kysymyksenasettelusta aina johtopäätösten pohdintaan saakka.

Yhteistoiminnallista oppimista ja työpistetyöskentelyä käytetään usein kokeellisuuden toteuttamisessa (Aksela & Juvonen, 1999). Lavosen ja Meisalon (2007) mukaan yhteistoiminnallinen oppiminen on ryhmätyöskentelyä, jossa jokainen jäsen kantaa vastuuta yhteisten tavoitteiden toteutumisesta. Onnistuneen yhteistoiminnallisen oppimisen edellytyksiä ovat ryhmän jäsenten välinen positiivinen riippuvuus (”yksi kaikkien ja kaikki yhden puolesta”), avoin vuorovaikutus, yksilöllinen vastuu, toiminnan arvioiminen ja yhteistyötaidot.

Työpistetyöskentely voidaan määritellä ryhmätyönä, jossa oppilaat opiskelevat ryhmissä samaan aikaan eri ongelmien tai tehtävien parissa. Näin voidaan ratkaista esimerkiksi välineiden vähyyteen liittyvät ongelmat. Yhteistoiminnallinen oppiminen -työtapa on luonnollista liittää työpistetyöskentelyyn.

Yhteistoiminnallisen oppimisen on todettu motivoivan oppilaita (Aksela, 2005; Johnson & Johnson, 2003). Yksilö pääsee ryhmän jäseneksi, jolloin hän ei joudu eristyksiin vaan sitoutuu ryhmän yhteisten tavoitteiden toteuttamiseen. Tavallisen luokkahuonetyöskentelyn tulisi edistää yhteistoiminnallista työskentelyä, jolloin oppilaat voivat toimia voimavarana toisilleen ja työstää opittavaa asiaa kyselemällä, selittämällä ja väittelemällä keskenään. Keskustelulla on opetuksessa suuri merkitys esimerkiksi tutkimusta tehdessä, suunnittelussa, tulosten tulkitsemisessä ja johtopäätöksiä tehdessä, samoin kuin tieteellisen tutkimuksen kohdalla. Oppimisen lähtökohtana tulee olla ”oppilaiden välinen kommunikaatio, itsensä ilmaiseminen ja toisen kuunteleminen” (Lavonen & Meisalo, 2007).

Kemian opetus tänään -tutkimukseen osallistuvien opettajien mukaan ylivoimaisesti suosituin työtapa kemian opetuksessa oli ryhmätyö, jota kertoi käyttävänsä jatkuvasti tai usein lähes 60 % opettajista (Aksela & Juvonen, 1999). Muita usein käytettyjä työtapoja olivat kyselyyn harjaannuttaminen ja luova ongelmanratkaisu, joita yli 20 % opettajista kertoi käyttävänsä. Satunnaisesti käytetyistä työtavoista yleisimmät olivat opintokäynnit (yli 70 % opettajista) ja projektityöskentely (n. 65 %). Työtavat, joita yli puolet opettajista ei ollut käyttänyt koskaan, olivat suggestopedia, rentoutus, roolileikit ja prosessikirjoittaminen.

Kyselyyn osallistuneet opettajat tunsivat erilaisia työtapoja hyvin. *Mind map* –tekniikan ja ennakkojäsentäjän tuntemus oli heikointa. Sen tunti vain noin kaksi opettajaa kolmesta. Verrattain tuntemattomia työtapoja olivat myös käsitteen omaksuminen, simulaatio ja prosessikirjoittaminen (noin neljäsosalle opettajista tuntemattomia) sekä suggestopedia ja muistamismallit (noin viidesosalle tuntemattomia). Muut työtavat tunti useampi kuin yhdeksän opettajaa kymmenestä (Aksela & Juvonen, 1999).

4 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

4.1 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkimuksen tavoitteena on oppia ymmärtämään kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta ja sen käytöstä kemian opetuksessa sekä näiden käsitysten muuttumista ja kehittymistä kurssin aikana.

Seuraavat tutkimuskysymykset ohjaavat tutkimuksen tekemistä:

1. Miten *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssi on vaikuttanut kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiin kokeellisuudesta?
2. Miten *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin opettajaopiskelijoiden suorituksissa näkyy kemian käsitteiden soveltaminen?
3. Miten opettajaopiskelijoiden mielestä kemian ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelua voidaan tukea kokeellisuuden avulla?

4.2 TUTKIMUKSEN TOTEUTUKSESTA

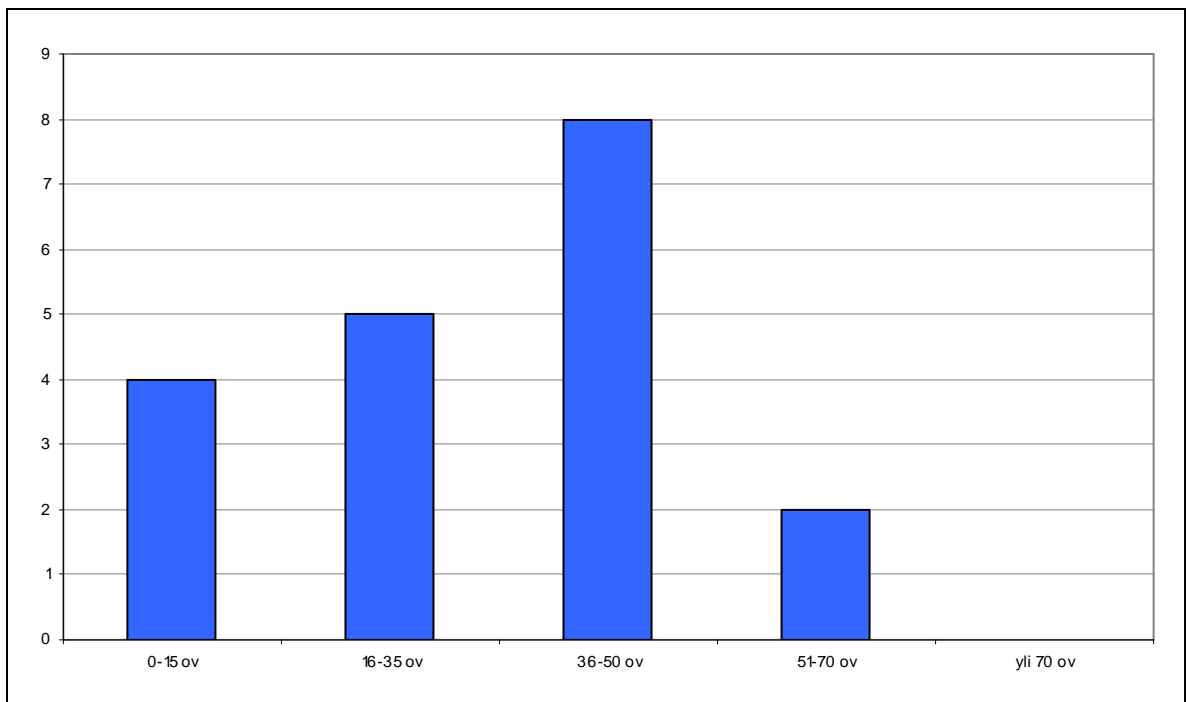
4.2.1 Kohderyhmä

Tutkimuksen kohderyhmä oli *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssia lukuvuonna 2006-2007 suorittavat opiskelijat. Sen suoritti kyseisenä lukuvuonna yhteensä 22 opiskelijaa. Kaikki eivät osallistuneet tutkimuksen jokaiseen osaan. Tutkimus toteutettiin kurssin ensimmäisellä puoliskolla, syksyllä 2006.

Kurssilaiset vastasivat kysymyslomakkeisiin nimettömästi. Eri määrä opiskelijoita vastasi ensimmäiseen lomakkeeseen (19 opiskelijaa) kuin toiseen (16 opiskelijaa). Etukäteistehtävien, työselostusten ja tenttivastausten analysoinnissa tutkittiin kaikkien opiskelijoiden töitä (yhteensä 22 opiskelijaa). Kohderyhmän kuvailun perustana käytettiin ensimmäisen kyselylomakkeen vastauksia.

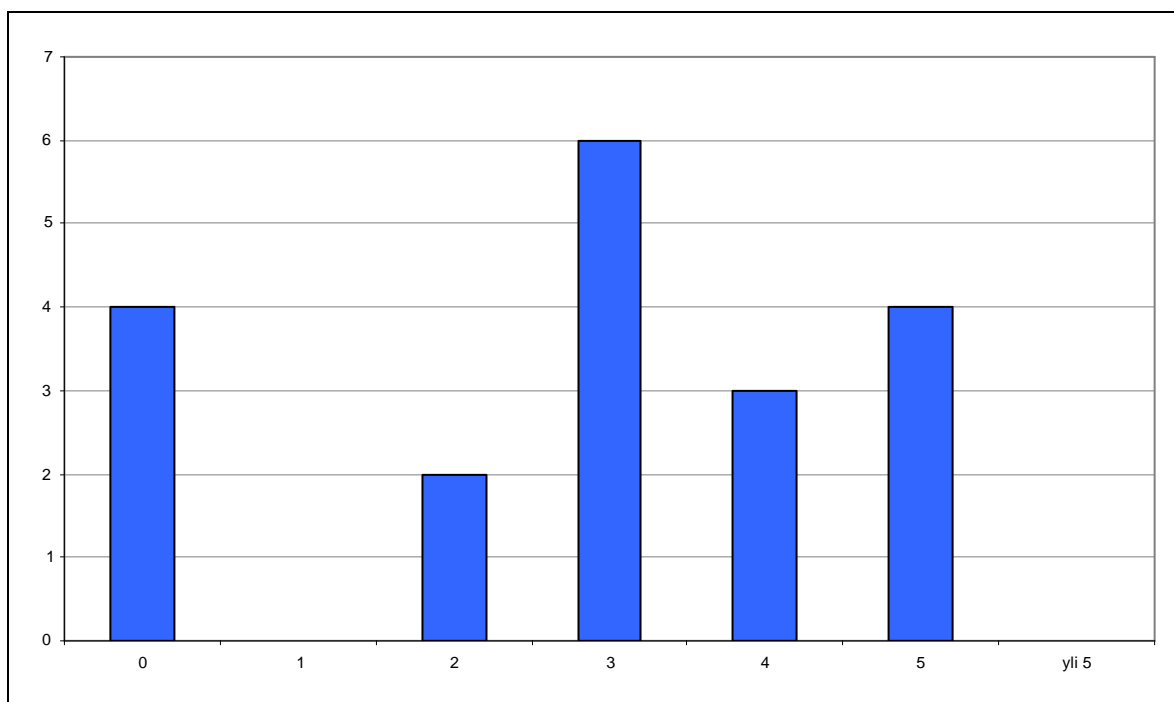
Kohderyhmä oli sekä opiskelutaustaltaan että kokemuksiltaan heterogeeninen. Opiskelijoista suurimmalla osalla (14) pääaineena oli kemia. Muut olivat joko fysiikan (2 kpl) tai matematiikan (3 kpl) opiskelijoita. Biologiaa tai jotain muuta pääainetta opiskelevia ei ollut mukana tänä vuonna.

Suurimmalla osalla (8 opiskelijaa) kemian opintoja oli suoritettuna 36-50 opintoviikkoa (ks. Kuvat 3 ja 4). Maksimissaan 15 opintoviikkoa suorittaneita oli suhteellisen monta (4 kpl).



Kuva 3. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssille osallistuneiden suorittamat kemian opinnot.

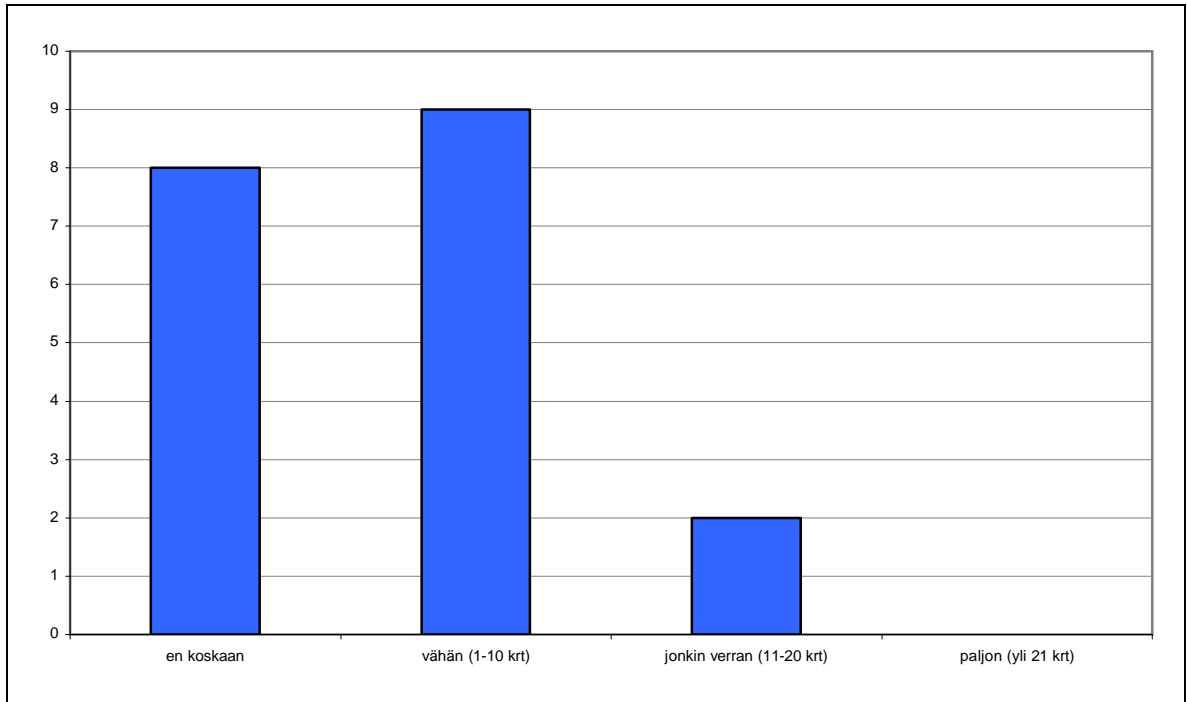
Opiskelijoiden laboratoriokokemus vaihteli suuresti. Moni opiskelija (6 kpl) oli suorittanut kolme kemian laboratoriotyökurssia ennen tätä kurssia. Neljä opiskelijaa ei ollut suorittanut yhtään laboratoriotyökurssia kemian laitoksella ennen *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin alkua.



Kuva 4. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssille osallistuneiden kemian laitoksella suorittamat laboratoriotyökurssit.

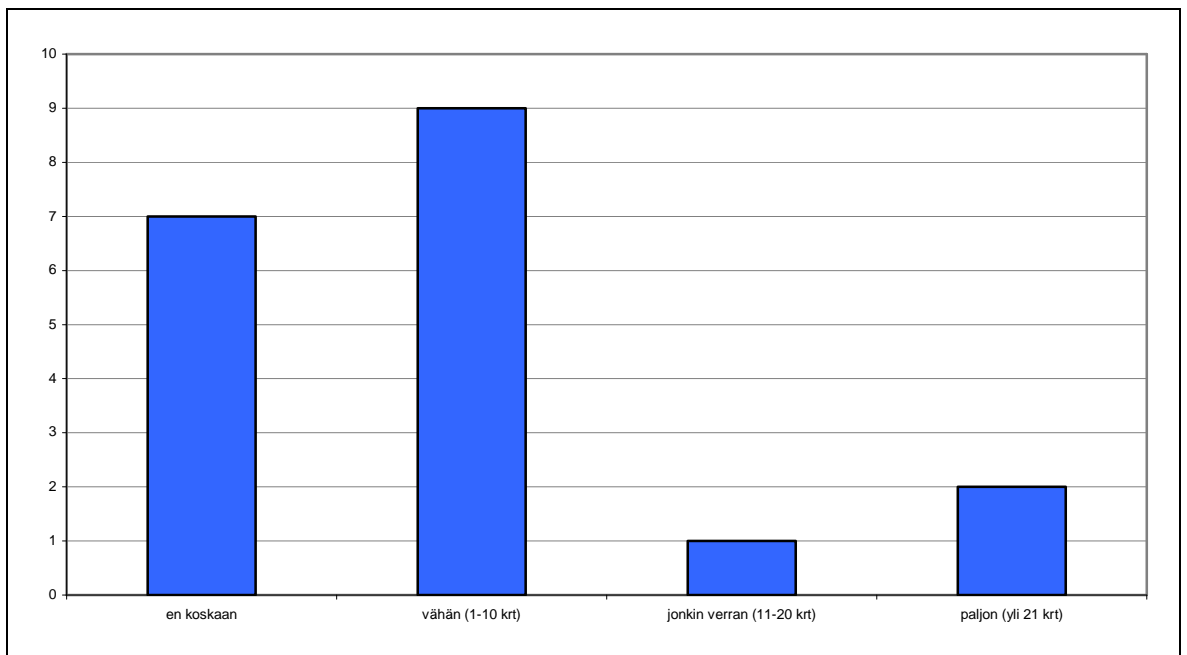
Osa opiskelijoista oli jo suorittanut soveltavan kasvatustieteen pedagogiset opinnot. Muutama opiskelija suoritti pedagogisia opintoja samaan aikaan *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin kanssa. Nykyisin kurssi on pakollinen kurssi ennen syventävään harjoitteluun menemistä.

Opiskelijoilla ei ollut kovin paljon kokemusta oppilastöiden ohjauksessa ennen *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin alkamista (ks. Kuva 5). Ainoastaan kaksi opiskelijaa kertoi ohjanneensa töitä jonkin verran (11-20 kertaa). Muiden opiskelijoiden osalta vastaus oli ”vähän” (9 kpl) tai ”en koskaan” (8 kpl).

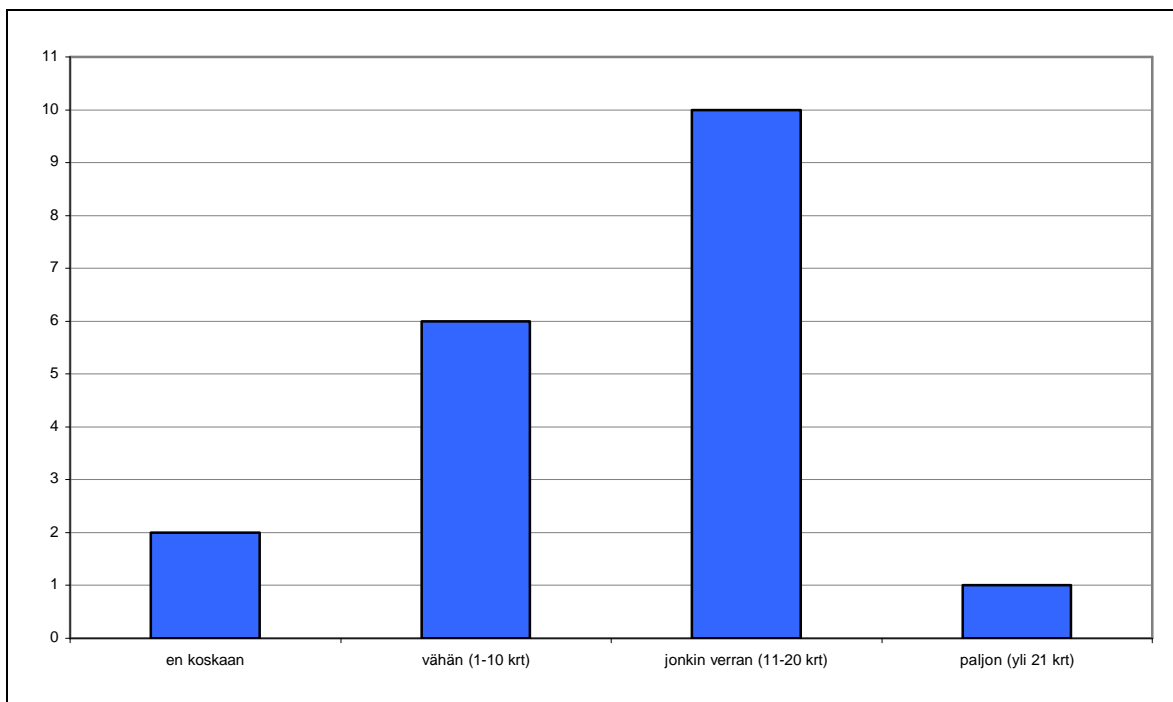


Kuva 5. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden koulussa ohjaamien kokeellisten oppilastöiden määrä.

Oman opintouran aikana tehtyjen oppilastöiden määrä erosi jonkin verran lukion ja peruskoulun osalta (ks. Kuvat 6 ja 7). Lukiossa tehtyjen oppilastöiden osalta vastaukset painoutuivat selvästi ”en koskaan” (7 kpl) ja ”vähän” (9 kpl) vaihtoehtoihin, kun taas peruskoulun osalta eniten oli ”jonkin verran” vastauksia (10 kpl).

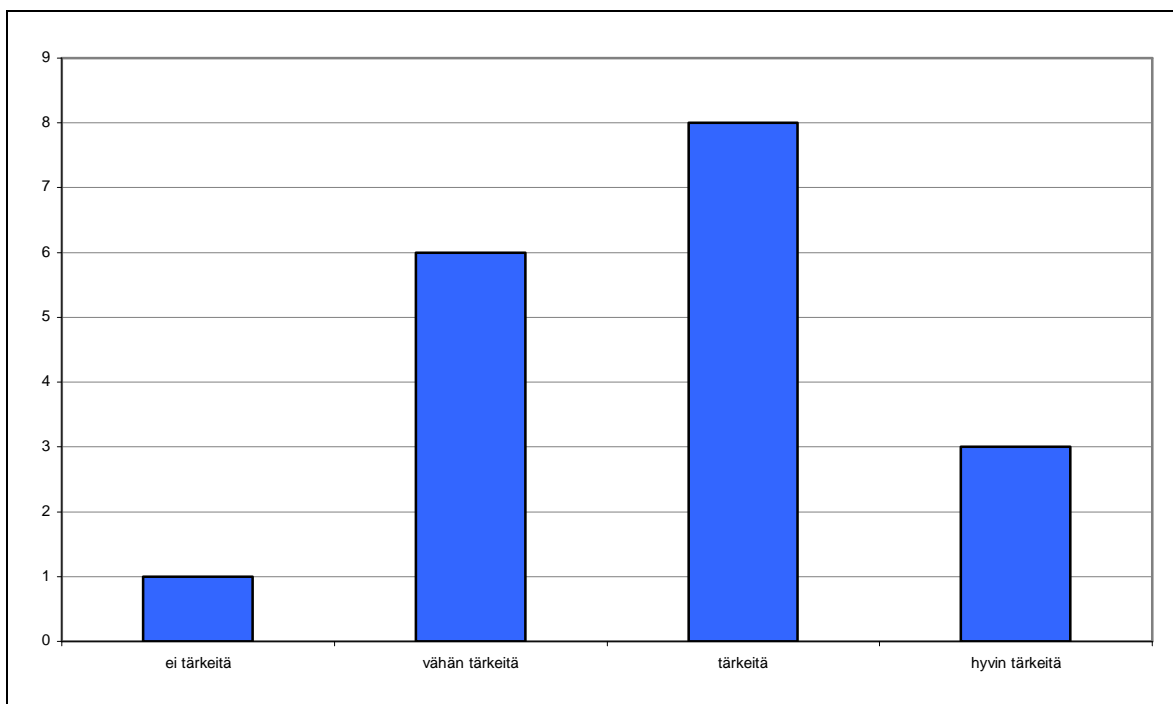


Kuva 6. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden lukiossa tekemien kokeellisten oppilastöiden määrä.



Kuva 7. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden peruskoulussa tekemien kokeellisten oppilastöiden määrä.

Merkittävä osa opiskelijoista piti koulun oppilastöitä itselleen tärkeinä (8 kpl) tai hyvin tärkeinä (3) (ks. Kuva 8). Osan mielestä (6 kpl) oppilastyöt olivat vain vähän tärkeitä, ja yksi opiskelija ei pitänyt niitä tärkeinä.



Kuva 8. Kokeellisten oppilastöiden merkitys *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin opiskelijoille koulussa.

Sanallisissa perusteluissa nousi tärkeimmäksi kokeellisten töiden mielenkiintoisuus, joka esiintyi neljässä vastauksessa. Tämän lisäksi kokeellisten töiden kerrottiin tuoneen kaivattua vaihtelua opetukseen (3 vastausta) sekä tehostavan ja helpottavan oppimista (3 vastausta). Kahden opiskelijan mielestä työt olivat tärkeitä, sillä ne olivat hauskoja.

”ne auttoivat muistamaan asioita ja myös ymmärtämään niitä paremmin”

”pitivät yllä mielenkiintoa”

”niistä oppi hyvin ja se oli mielekästä”

”erilaista oppimista, irti rutiineista”

Eräät opiskelijat pitivät töitä vähemmän tärkeinä, sillä ne olivat vain ”temppuja” (2 vastausta) tai niistä ei ollut hyötyä (1 vastaus). Töiden merkitystä vähensi myös opiskelijoiden mukaan töiden suorittamiseen tarvittavan ajan ja rauhan puute, töiden vähäinen määrä sekä töissä epäonnistuminen.

”ne olivat hauskoja ja mielenkiintoisia, mutteivät ”maailman tärkeimpiä””

”vähäinen määrä”

”ne olivat hyvin hauskoja, mutten ymmärtänyt mitä ne opettivat (temppuja yleensä)”

”niitä ei pystynyt suorittamaan asiaan kuuluvalla rauhallisuudella ja ajankäytöllä”

”niitä ei pohjustettu riittävästi vaan ne olivat irrallinen kokonaisuus, joiden tarkoitus ja opetus jäivät epäselviksi”

4.2.2 Tutkimusmenetelmä

Koska tutkimuksen kohteena oli suhteellisen pieni ryhmä opettajaopiskelijoita, tutkimusmenetelmäksi valittiin tapaustutkimus eli *case study* (Hammersley & Foster, 2000). Osa tutkimusaineistoa kerättiin kysymyslomakkeella (liite 1), jonka kysymykset perustuivat aikaisempaan tutkimustietoon (esim. Aksela & Juvonen, 1999). Kysymyksissä oli sekä avoimia että suljettuja kysymyksiä. Opiskelijat vastasivat ensimmäiseen kyselyyn kurssin alussa, syyskuussa 2006, ja toiseen saman lukukauden lopussa, joulukuussa 2006. Kysymyslomakkeeseen vastaaminen oli vapaaehtoista. Aineistona käytettiin lisäksi opiskelijoiden tekemiä etukäteistehtäviä, työselostuksia ja tenttejä vastuutöiden osalta.

Kokeellisten töiden nimet löytyvät liitteestä 2 ja työohjeet on arkistoitu KEMMAan (Kemian opetuksen resurssikeskus, kemian laitos, Helsingin yliopisto).

Ensimmäistä tutkimuskysymystä varten vertailtiin opiskelijoiden vastauksia kyselylomakkeisiin ennen ja jälkeen kurssin ensimmäisen puoliskon. Toista tutkimuskysymystä varten tarkasteltiin opiskelijoiden tekemiä etukäteistehtäviä (kemiallinen näkökulma) ja työselostuksia (kytkentä opetussuunnitelman perusteisiin), sekä vastauksia tenttikysymykseen 3 (a) ”*Kuvaile oman vastuutyön kemiallinen selitys*”. Viimeistä tutkimuskysymystä varten tarkasteltiin opiskelijoiden työselostuksia (pedagoginen näkökulma) sekä vastauksia tenttikysymykseen 3 (b) ”*Minkälaisia asioita tulee huomioida työn toteutuksessa, jotta se tukisi kemian ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelutaitoja?*”

Etukäteistehtävien, työselostusten ja tenttivastausten tarkastelussa kullekin opiskelijalle annettiin oma kaksiosainen numerokoodi, josta ilmenee myös hänen vastuutyönsä numero. Esimerkiksi vastuutyön numero 1 tehneiden opiskelijoiden (kolme opiskelijaa) koodit ovat 1.1, 1.2 ja 1.3. Tämän jälkeen opiskelijan vastuutyössä käyttämät käsitteet ja työtavat taulukoitiin.

Käsitteiden ryhmittelyssä käytettiin tutkimusmenetelmänä aineistolähtöistä sisällönanalyysiä (Krippendorf, 2004). Tarkasteltaessa opiskelijoiden käyttämiä kemiallisia käsitteitä käsitteiksi luokiteltiin myös samaan aihepiiriin liittyvät mutta eri muodossa olevat käsitteet. Näin ollen esimerkiksi käsitteet *neutraali* ja *neutraloida* on laskettu kahdeksi eri käsitteeksi. Opiskelijoiden käyttämät työtavat kerättiin ryhmiin tai laajempien nimikkeiden alle.

4.2.3 Kurssikuvaus

Kurssi *Kokeellisuus kemian opetuksessa* sijoittuu kemian opettajan suuntautumisvaihtoehdon opinnoissa maisterivaiheeseen (ks. Kuva 2 kpl 3). Tutkimuksen suorittamisvuonna kurssi kesti koko lukuvuoden ajan. Syksystä 2007 lähtien kurssi on jaettu kahteen osaan (Tutkintovaatimukset, 2007). Kurssiin sisältyi sekä luentoja että laboratoriotyöskentelyä. LUMA -viikolla opiskelijat vierailivat koulussa tai ohjasivat

opiskelijoita kemian laitoksella. Opiskelijoilla oli kurssin aikana kirjallisuutta (Aksela, 2005) luettavana korkeamman tason ajattelutaidoista kemian ymmärtämisen tukena.

Kurssin *Kokeellisuus kemian opetuksessa* tavoitteena on tutustuttaa opiskelijat koulussa toteutettavaan kokeellisuuteen ja sen rooliin kemian ilmiöiden ymmärtämisessä ja oppimisessa mahdollisimman monipuolisesti (kurssikuvaus liite 3). Kurssin syksyn osuudella perehdytään kokeellisuuden työtapoihin, kokeellisuuden suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä työturvallisuuskysymyksiin. Kevään osuudella tutustutaan mittausautomaation käyttöön opetuksessa, demonstraatioihin, projektimaisiin kokeellisiin töihin sekä kokeellisuuden toteuttamiseen luonnossa. Kokeellisuuden työtapoja ja oppilasarviointia käsitellään opettajan pedagogisten opintojen yhteydessä soveltavan kasvatustieteen laitoksella.

Syksyn alussa opiskelijat kartoittivat jo olemassa olevia kokeellisia töitä ja tekivät niistä itselleen ns. materiaalipankin (liite 4). Jokainen ryhmä kartoitti jonkin luokka-asteen työt, käyttäen oppikirjoja, internetiä ja muita työohjeita hyväksi. Töistä tehtiin taulukko, jossa näkyy työn nimi, käsiteltävä ilmiö, lähde sekä omia kommentteja työstä. Syksyn loppuksi jokainen opiskelija kokosi kaikkien ryhmien taulukoimat työt omaksi materiaalipankikseen, ja lisäsi vielä joukkoon itse syksyn aikana tekemänsä työt. Kansion töistä oli kysymys syksyn loppukuulustelussa.

Ennen laboratorio-osuuden aloittamista opiskelijoiden tuli suorittaa hyväksytysti työturvallisuustehtävä (liite 5). Tämän jälkeen aloitettiin itse laboratoriotöiden tekeminen (liite 2, kpl 4.2.2). Jokainen opiskelija kirjoitti valitsemastaan työstä ensin etukäteistehtävän. Kun kurssiassistentti (tämän tutkimuksen tekijä) hyväksyi suorituksen, opiskelija sai suorittaa työn. Tehtävät palautettiin WebCT -oppimisolustalle omaan kansioon. Työn suorittamisen jälkeen vastuutöistä kirjoitettiin työselostus ja muista töistä työnkoontilomake (liite 6). Syyslukukauden loppuksi kurssilla järjestettiin tentti (tutkimuksen kannalta keskeinen osa tentistä liitteessä 7).

Etukäteistehtävän tuli koostua neljästä osasta: 1) käsitekartta käsiteltävästä aiheesta tai ilmiöstä, 2) selvitys tarvittavista aineista ja tarvikkeista, 3) selvitys työn etenemisestä ja 4) työturvallisuusnäkökulma. Myös työselostuksessa oli neljä osaa. Nämä olivat 1) selostus

työn vaiheista, 2) työn tulokset ja niiden arviointi, 3) työn mahdollinen paikka opetussuunnitelmassa ja 4) pedagoginen näkökulma.

Selostuksessa pääpaino ei ollut pituudella ja runsassanaisuudella, vaan eri osat kuvattiin lyhyesti ja ytimekkäästi. Esimerkiksi selostuksen ensimmäiseen kohtaan voitiin merkitä työn vaiheet vain niiltä osin, kun ne erosivat etukäteistehtävän kolmannessa kohdassa selostetusta työn kulusta. Selostuksen viimeisessä kohdassa opiskelijat saivat kehittää pedagogisia ohjeita ja vinkkejä, miten työ tulisi alustaa, suorittaa ja koota parhaan oppimistuloksen saavuttamiseksi.

Kurssin tehtävien arviointi vaihteli tehtävästä riippuen. Materiaalipankki- ja työturvallisuustehtävät arvioitiin asteikolla hyväksytty-täydennettävä. Laboratoriotöihin liittyvissä tehtävissä arviointi riippui työstä: vastuutyölistan töihin liittyvät tehtävät arvioitiin asteikolla 0-40 pistettä, jolloin jokaisesta etukäteistehtävän ja työselostuksen kohdasta voi saada 0-5 pistettä. Muihin töihin liittyvät tehtävät arvioitiin asteikolla hyväksytty - täydennettävä. Tentin tehtävät arvioitiin asteikolla 0-6 pistettä, mukaan lukien opiskelijoiden kokoamat materiaalipankit. Näin tentistä pystyi saamaan enintään 30 pistettä.

4.2.4 Kokeelliset työhöjeet

Kurssilla suoritettavat laboratoriotyöt jakautuivat kahdelle listalle, vastuutöihin ja muihin töihin (liite 2). Kaikkien vastuutöiden ohjeet olivat englanninkielisiä ja liittyivät mikrokemiaan. Muut työhöjeet olivat laajuudeltaan, tyylistään, kieleltään ja vaatimuudeltaan vaihtelevia. Kaikki työhöjeet käsitelivät sellaisia kemian aiheita ja ilmiöitä, jotka voidaan liittää johonkin kohtaan suomalaista perus- tai lukio-opetusta.

5 TULOKSET

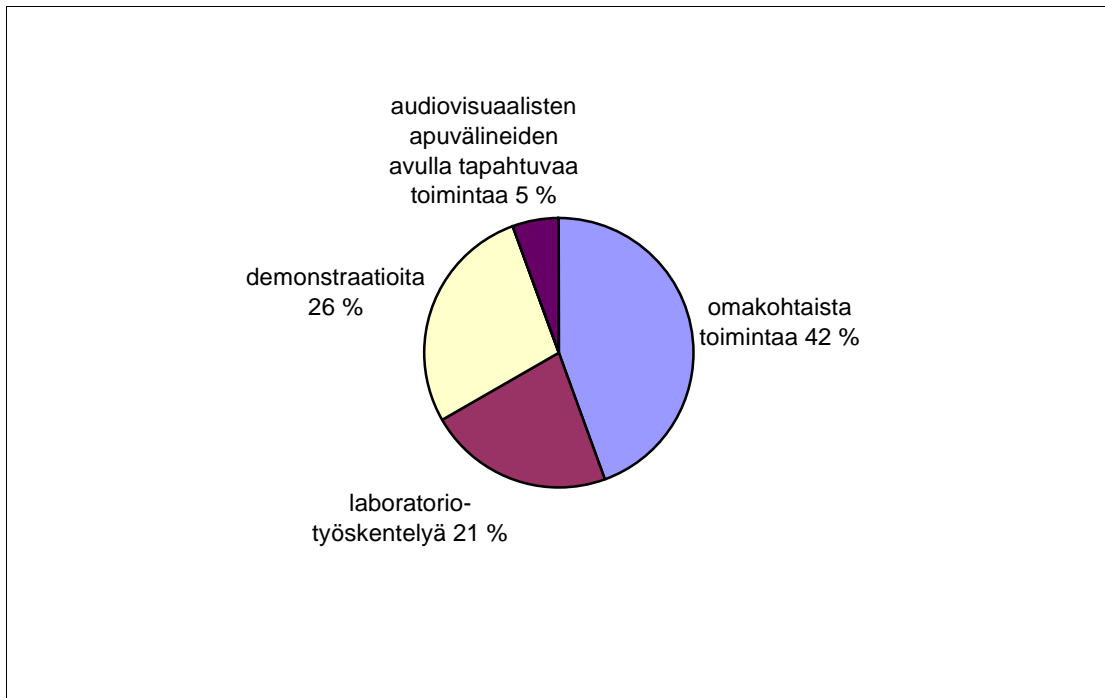
5.1 KURSSIN VAIKUTUS OPETTAJAOPISKELIJOIDEN KÄSITYKSIIN KOKEELLISUUDESTA

Alla on esitetty opiskelijoiden vastaukset kysymyslomakkeen kysymyksiin. Kunkin kysymyksen kohdalla opiskelijoiden tärkeimmäksi merkitsemien vaihtoehtojen prosentuaalisesta jakautumisesta on piirretty piirasdiagrammi. Yksi opiskelija vastaa noin 4,5 %. Toiseksi ja kolmanneksi tärkeimmät vaihtoehdot on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 7.

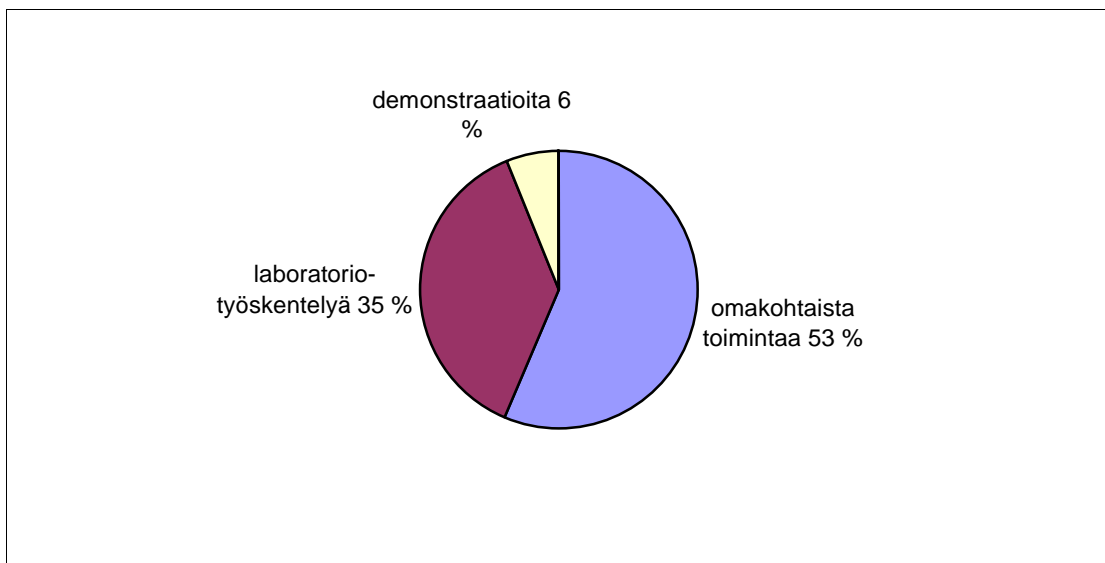
5.1.1 Kokeellisuuden merkitys opiskelijoille

Kokeellisuus merkitsee opiskelijoille ensisijaisesti omakohtaista toimintaa (ks. Kuvat 9 ja 10). Tämä käsitys vahvistui opiskelijoilla jonkin verran kurssin aikana. Sen merkitsi tärkeimmäksi alussa 42 % ja lopussa 53 % opiskelijoista.

Huomattavin muutos tapahtui suhtautumisessa laboratoriotyöskentelyyn. Tämän vaihtoehdon merkitsi tärkeimmäksi alussa vain 21 %, kun taas lopussa 35 % opiskelijoista. Myös demonstraatioita ja opintokäyntejä pidettiin jonkin verran tärkeämpinä kurssin jälkeen, vaikka niitä ei käsitelty kurssin ensimmäisellä puoliskolla. Kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa ei pidetty yhtä tärkeänä kurssin lopulla kuin alussa. Opiskelijoiden suhtautuminen audiovisuaalisten apuvälineiden avulla tapahtuvaan toimintaan ei muuttunut kurssin aikana. Ko. kokeellisuuden toteutusmuodot oli mainittu vuoden 1994 opetussuunnitelman perusteissa ja niitä oli käytetty kysymyslomakkeessa pohjana. Kurssin tavoitteissa korostettiin opiskelijakeskeistä kokeellisuutta.



Kuva 9. Kokeellisuuden merkitys *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoille ennen kurssia.

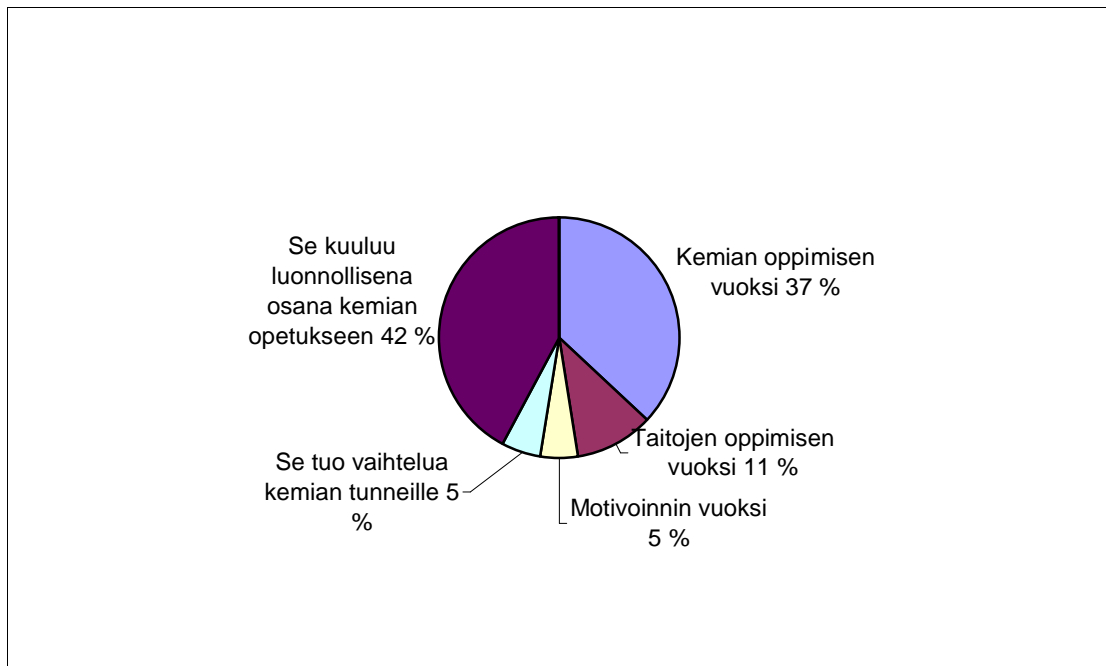


Kuva 10. Kokeellisuuden merkitys *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoille kurssin jälkeen.

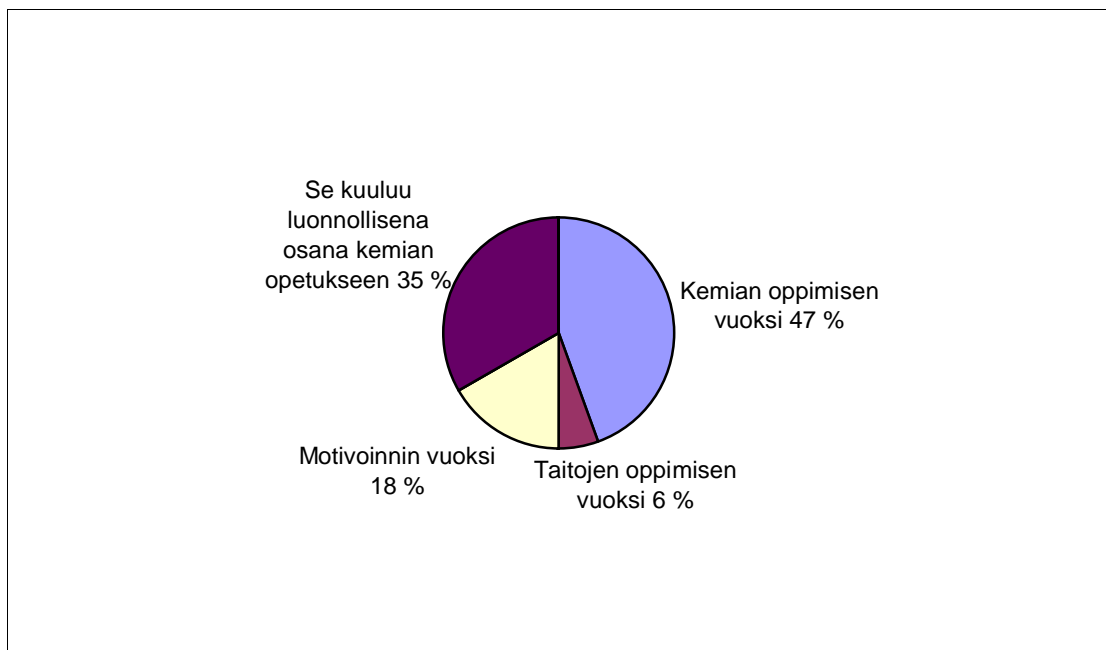
5.1.2 Kokeellisuuden merkitys kemian opetuksessa

Merkittävimpinä syinä kokeellisten oppilastöiden tärkeyteen kemian opetuksessa pidettiin sen kuulumista luonnollisena osana kemian opetukseen sekä sen positiivista vaikutusta itse kemian oppimiseen (ks. Kuvat 11 ja 12, vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Kurssin aikana ensimmäisen merkitys väheni hieman. Kurssin lopussa taas opiskelijat uskoivat enemmän sen vaikutukseen kemian oppimisessa. Motivaation merkitystä kokeellisiin oppilastöihin

liittyen pidettiin yli 10 % tärkeämpänä kurssin lopulla, kun taas taitojen oppimisen sekä vaihtelun merkitystä pidettiin vähemmän tärkeänä. Kokeellisten oppilastöiden vaikutusta oppilaan persoonalliseen kehitykseen ei pidetty tärkeänä näkökohtana (vrt. Lavonen & Meisalo, 2007).



Kuva 11. Kokeellisten oppilastöiden merkitys *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoille kemian opetuksessa ennen kurssia.

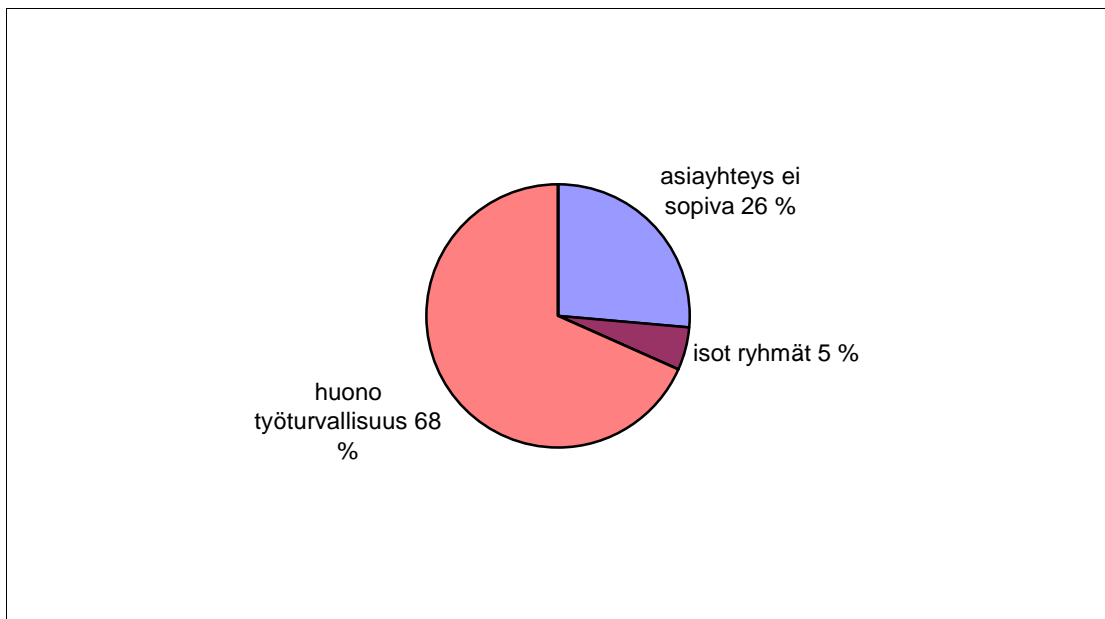


Kuva 12. Kokeellisten oppilastöiden merkitys *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoille kemian opetuksessa kurssin jälkeen.

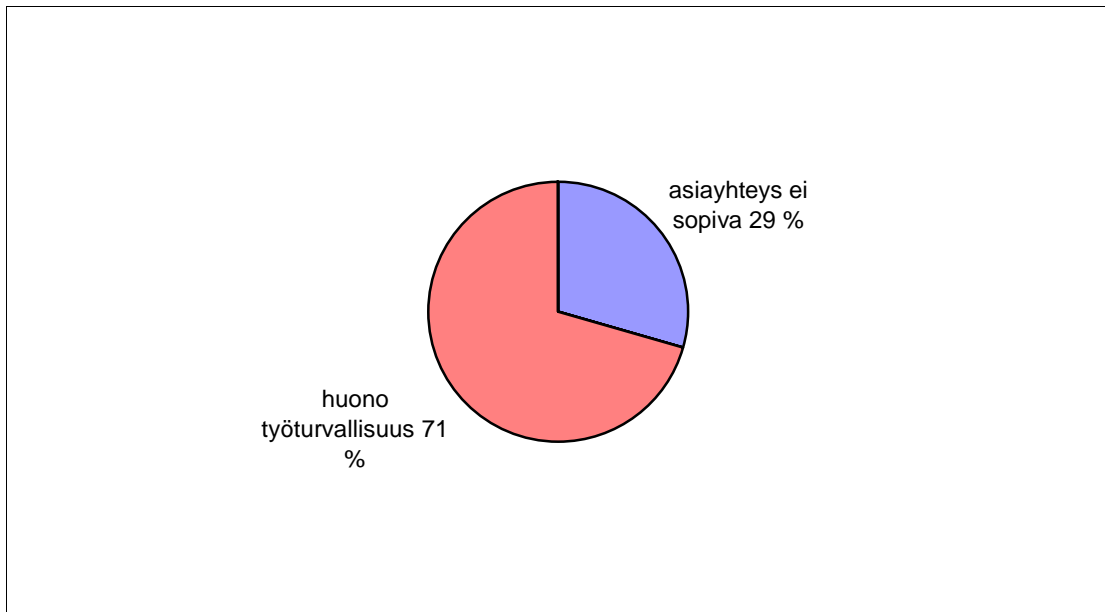
5.1.3 Kokeellisuuden soveltuvuus kouluopetukseen

Opiskelijoiden mukaan ylivoimaisesti painavin syy jättää kokeellisuus pois kouluopetuksesta on huono tai puutteellinen työturvallisuus (ks. Kuvat 13 ja 14). Lähes yhtä tärkeänä syynä pidettiin kokeellisuuden epäsovivuutta asiayhteyteen. Tämän merkitsivät kurssin lopussa kaikki kolmen tärkeimmän syyn joukkoon.

Ajan vähyys kokeellisuuden toteuttamiseen kouluopetuksessa huolestutti opiskelijoita enemmän kurssin lopussa. Ennen kurssia sen merkitsi yhteensä 37 % tärkeäksi syyksi, kurssin syysosuuden loputtua taas peräti 76 %. Kurssin lopulla opiskelijoiden mielestä puutteelliset välineet, tilat tai kemikaalit eivät olleet lainkaan tärkeitä syitä luopua kokeellisuudesta. Myöskään suuret ryhmät eivät enää lopussa pelottaneet opiskelijoita yhtä paljon kuin ennen kurssia. Sen sijaan oppilaiden huono käytös (*”oppilaat käyttäytyvät holtittomasti”*) mainittiin syynä välttää kokeellisuutta kouluopetuksessa.



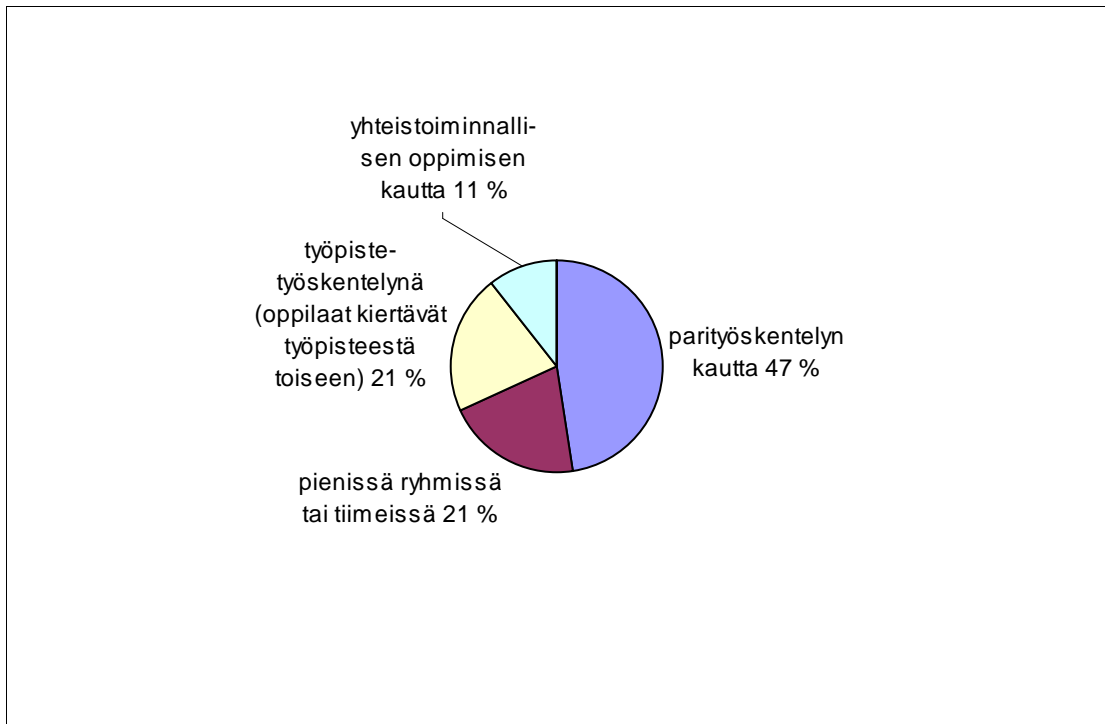
Kuva 13. Kokeellisuuden soveltumattomuus kouluopetukseen *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden mielestä ennen kurssia.



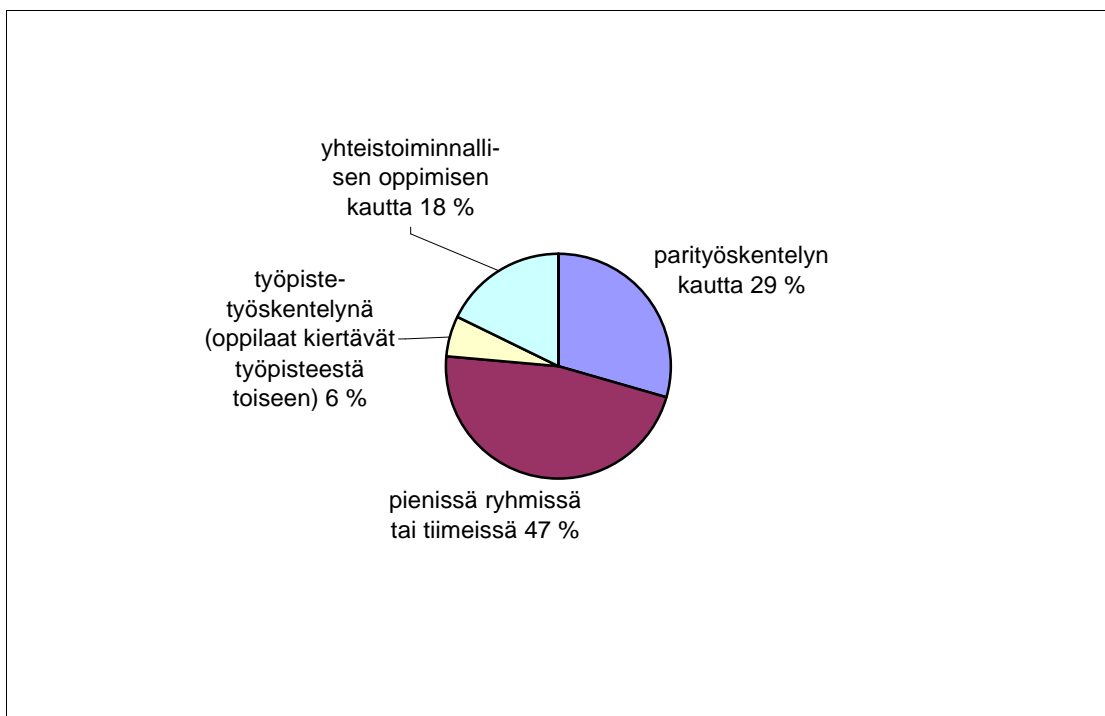
Kuva 14. Kokeellisuuden soveltumattomuus kouluopetukseen *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden mielestä kurssin jälkeen.

5.1.4 Kokeellisuuden toteuttaminen kouluopetuksessa

Opiskelijoiden näkemykset kokeellisten töiden toteutustavoista jakautuivat tasaisesti eri vaihtoehtojen kesken ennen kurssia (ks. Kuvat 15 ja 16). Pari- ja etenkin tiimityöskentelyn merkitys kasvoi jonkin verran kurssin aikana. Tiimityöskentelyn merkitys vahvistui eniten, kun kurssin lopulla yhteensä 88 % opiskelijoista merkitsi sen kolmen tärkeimmän työmuodon joukkoon, ja lähes puolet merkitsi sen tärkeimmäksi vaihtoehdoksi. Opiskelijat saivat halutessaan työskennellä kurssin aikana ryhmissä. Työpistetyöskentely ja projektimainen työskentely menettivät jonkin verran merkitystään opiskelijoiden silmissä. Myös yhteistoiminnallinen oppiminen työmuotona menetti jonkin verran merkitystään kurssin aikana (aihetta ei tosin käsitelty kurssilla).



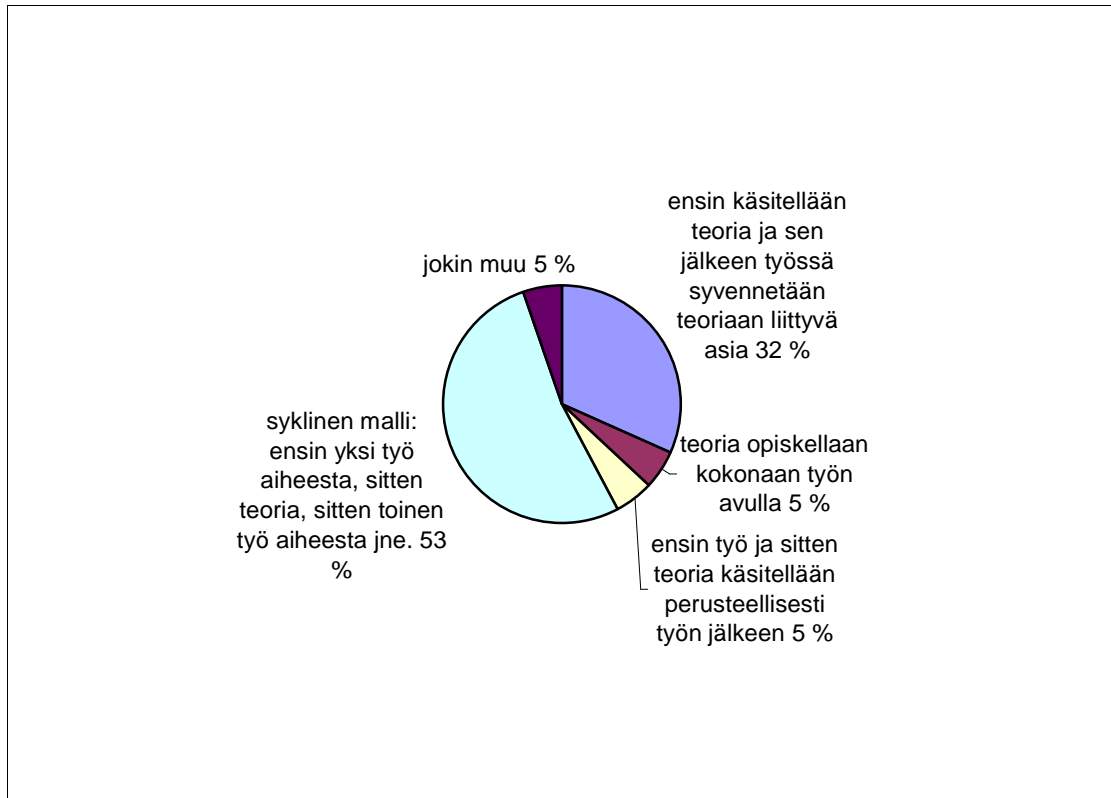
Kuva 15. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden valitsemat kokeellisuuden toteutustavat ennen kurssia.



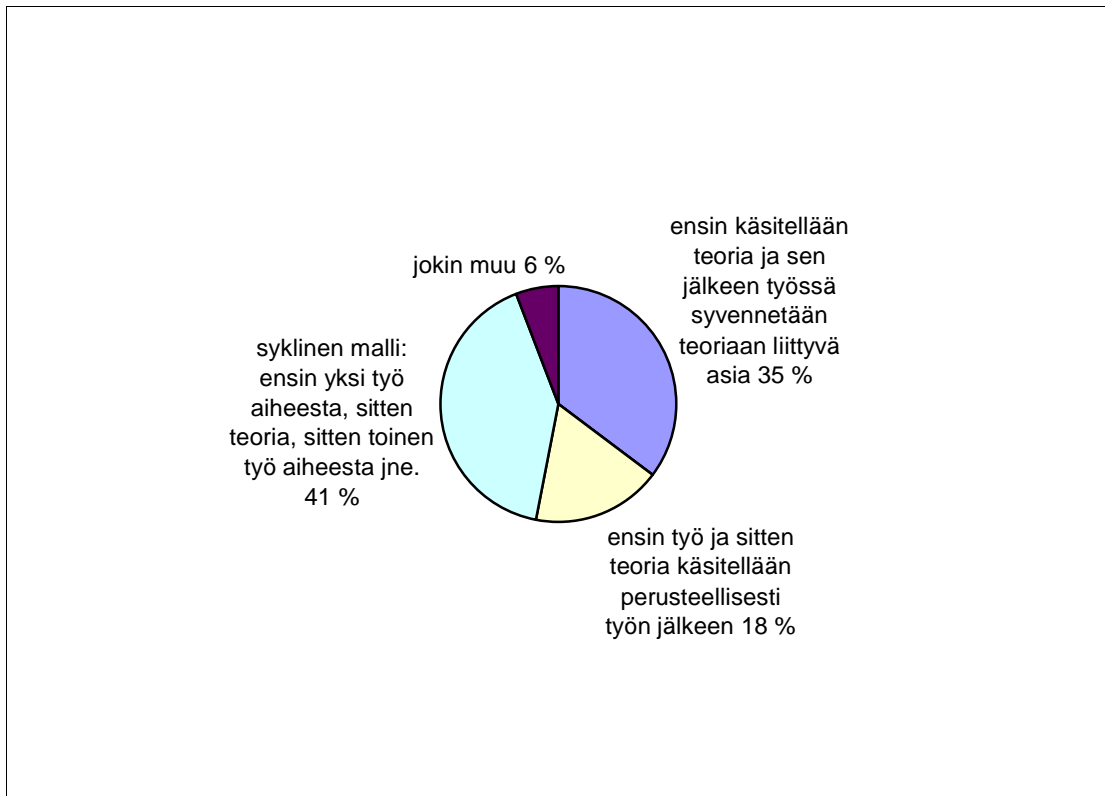
Kuva 16. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden valitsemat kokeellisuuden toteutustavat kurssin jälkeen

Opiskelijoiden vastausten perusteella suosituimmat opetustavat olivat syklinen malli sekä eteneminen teoriasta työhön (ks. Kuvat 17 ja 18, vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Ensimmäisen merkitys tärkeimpänä vaihtoehtona väheni kurssin aikana 12 %:lla, mutta

kolmen tärkeimmän joukkoon se valittiin useammin kurssin lopussa. Koko teorian oppiminen työn avulla menetti suosiotaan, samoin pelkästään teoriaan pohjautuva oppiminen. Sen sijaan etenemistä kokeellisesta työstä teoriaan pidettiin jonkin verran tärkeämpänä kurssin lopulla. (vrt. Opetushallitus, 2003; 2004; Aksela & Juvonen, 1999).



Kuva 17. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys teorian ja kokeellisen työskentelyn yhdistämisen tavoista ennen kurssia.



Kuva 18. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys teorian ja kokeellisen työskentelyn yhdistämisen tavoista kurssin jälkeen.

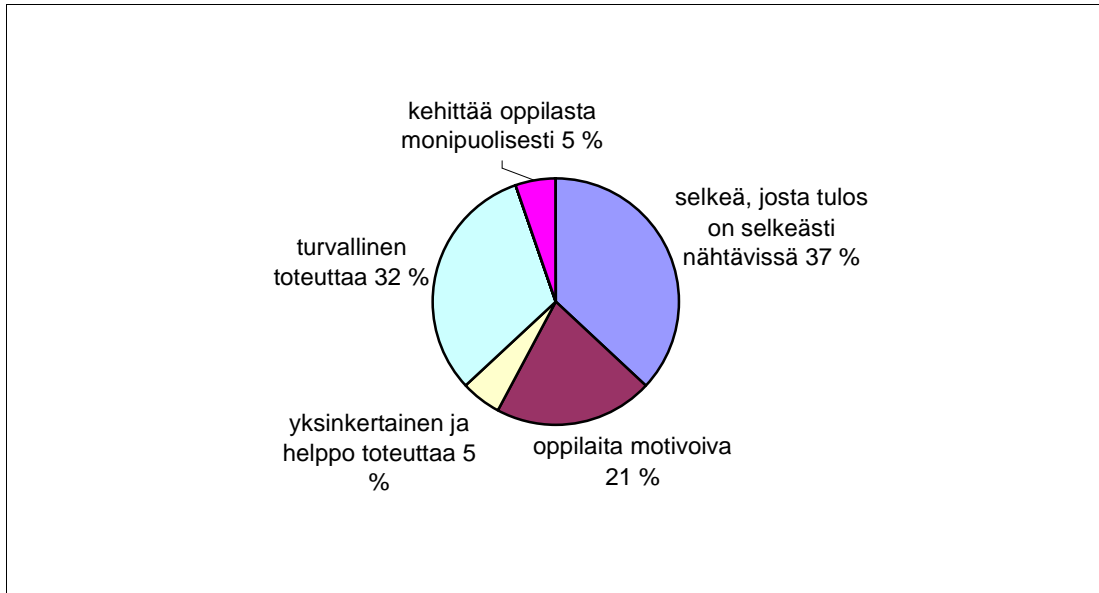
5.1.5 Hyvän kokeellisen työn ominaisuudet

Tärkeimmäksi näkökohdaksi kokeellisen työn laatua määriteltäessä nousivat työn turvallisuus, motivoiva vaikutus ja selkeys (ks. Kuvat 19 ja 20, vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Työn turvallisuutta arvostettiin lopussa ylivoimaisesti eniten. Työn selkeyden merkitys tärkeimpänä vaihtoehtona väheni jonkun verran kurssin aikana. Motivoiva ominaisuus menetti hieman merkitystään (alussa yht. 79 %, lopussa 65 %). Myös työn helppouden merkitys väheni kurssin aikana 26 %:sta 12 %:iin.

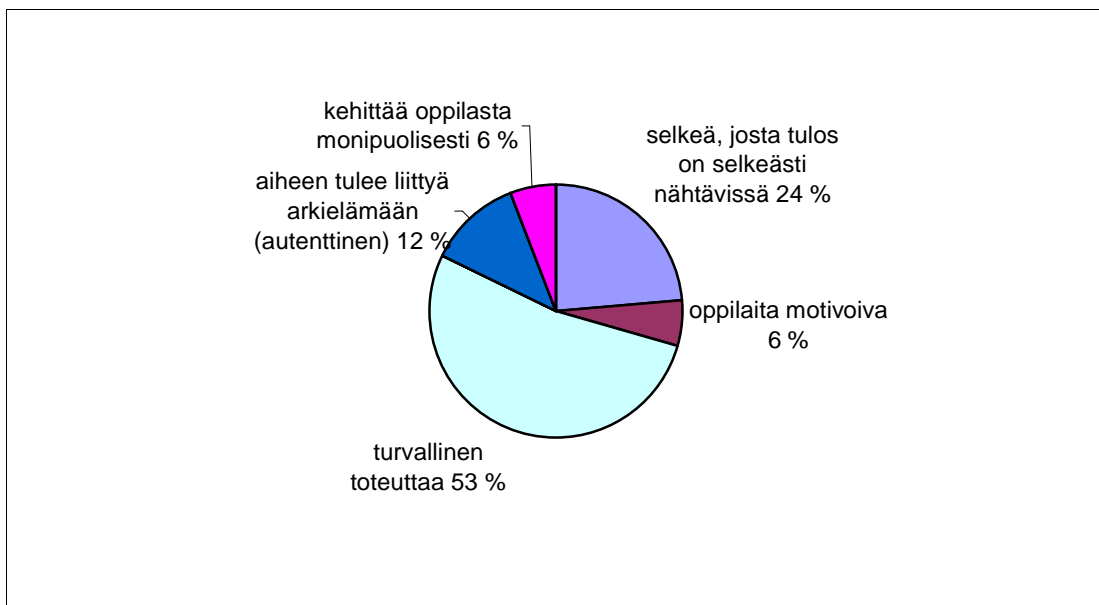
Kurssin jälkeen kukaan opiskelijoista ei pitänyt työn onnistumista tai sen liittymistä oppilaan omaan aiheeseen tärkeänä (vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Työn nopeutta ja avoimuutta ei merkitty missään vaiheessa kolmen tärkeimmän ominaisuuden joukkoon.

Suhteellisesti eniten nousi työn autenttisuuden arvostus. Autenttisuudella tarkoitetaan esimerkiksi työn liittymistä arkielämään. Autenttisuuden merkitys kolmen tärkeimmän ominaisuuden joukkoon kurssin jälkeen yhteensä lähes kolmasosa opiskelijoista. Oppilaan

monipuolista kehitystä työn aikana piti tärkeänä reilu kolmasosa opiskelijoista sekä ennen kurssia että sen jälkeen. Sanallisessa vaihtoehdossa mainittiin työn ”teoriaa selittävä” ominaisuus jonkin verran tärkeänä.



Kuva 19. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys hyvästä kokeellisesta työstä ennen kurssia.

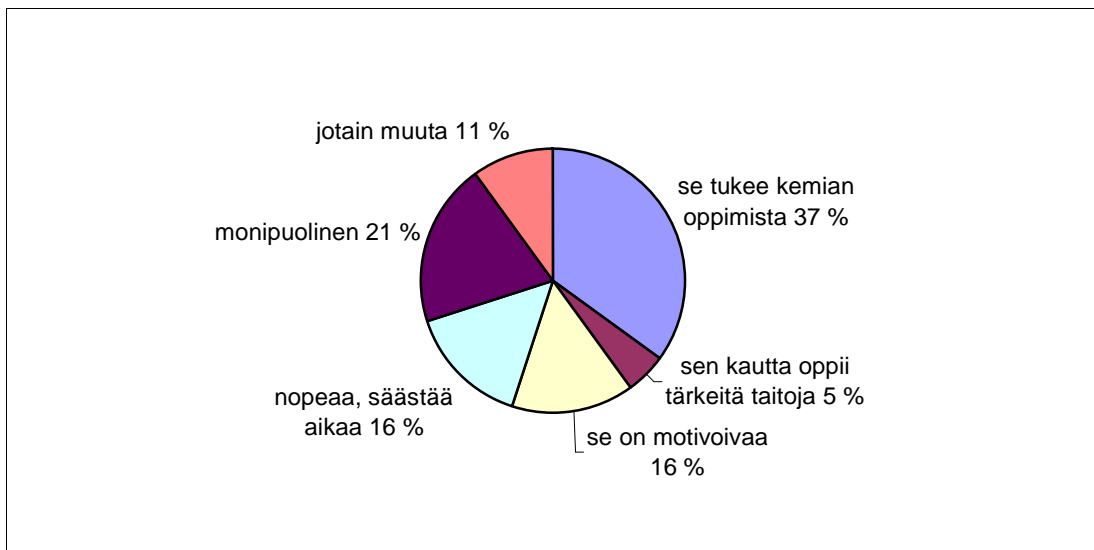


Kuva 20. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys hyvästä kokeellisesta työstä kurssin jälkeen.

5.1.6 Tietotekniikan käyttö kokeellisessa työskentelyssä

Tietotekniikan tärkeimpänä ominaisuutena pidettiin sen oppimista tukevaa vaikutusta (ks. Kuvat 21 ja 22, vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Tämän merkitsi tärkeimmäksi ominaisuudeksi alussa 37 ja lopussa 41 % opiskelijoista.

Tietotekniikan arvostus välineenä tärkeiden taitojen oppimiseen nousi huomattavasti kurssin aikana (alussa yht. 37 %, lopussa 65 %), vaikka se oli kurssilla sisältönä vasta toisella puoliskolla. Sen sijaan tietotekniikkaa pidettiin paljon vähemmän monipuolisena kurssin lopussa: jälkimmäisessä kysymyslomakkeessa kukaan ei merkinnyt monipuolisuutta tärkeimmäksi ominaisuudeksi. Tietotekniikan motivoivaa vaikutusta pidettiin varsin tärkeänä ominaisuutena molemmissa kyselyissä, mutta kurssin jälkeen sen merkitsi tärkeimmäksi vain yksi opiskelijaa. Tietotekniikan nopeutta arvosti vain reilu neljäsosa opiskelijoista.



Kuva 21. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys tietotekniikan käytöstä kokeellisessa työskentelyssä ennen kurssia.



Kuva 22. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* –kurssin opiskelijoiden käsitys tietotekniikan käytöstä kokeellisessa työskentelyssä kurssin jälkeen.

Sanallisissa vastauksissa osa opiskelijoista (3 kpl) olivat kriittisiä tietotekniikan käyttöä kohtaan. Useassa vastauksessa esiintyi tietotekniikan käytön hankaluus, sen vaatimat tilat, aika ja välineet (vrt. Aksela & Juvonen, 1999). Eräs opiskelija kertoi, ettei osaa käyttää tietotekniikkaa, toinen epäili laitteiden toimintaa. Erään opiskelijan mukaan tietotekniikan käyttö on ”lähes pakollista, jos ei haluta opettaa vain ”historiallista” kemiaa”.

5.2 OPETTAJAOPISKELIJAN KEMIAN SOVELTAMINEN KURSSIN AIKANA

5.2.1 Kemian opiskelijoiden käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä ja tentissä

Tutkimuskysymyksellä haluttiin selvittää, miten opiskelijat osaavat ilmiöiden selityksissä soveltaa kemian käsitteitä. Käsitteiden käyttö kuvaa opiskelijoiden kemian käsitteiden hallintaa. Suurimmaksi osaksi opiskelijat käyttivät oikeita kemian käsitteitä kokeellisten töiden ilmiöiden selittämiseen.

Etukäteistehtävissä opiskelijat käyttivät yhteensä 108 eri kemian käsitettä. Kun otetaan huomioon töiden lukumäärä (10 kpl), yhtä työtä kohti käytettiin noin 10 käsitettä. Tenttivastauksissa käsitteiden määrä oli yhteensä 131. Etukäteistehtävissä mainitut käsitteet sekä mainintojen kerta etukäteistehtävissä ja tenteissä löytyvät ryhmiteltynä suurempien aihepiirien alle alla olevista taulukoista 1-5. Ensimmäiseen taulukkoon 1 on koottu eniten käytetyt kemian käsiteryhmät ja viimeiseen taulukkoon 5 pienimmät.

Suurimman aihepiirin muodostivat reaktioon ja reagoimiseen liittyvät käsitteet (ks. Taulukko 1). Toiseksi eniten käsitteitä mainittiin orgaaniseen kemiaan liittyen ja kolmanneksi eniten atomiin, molekyyliin ja yhdisteeseen liittyen.

Etukäteistehtävissä eniten mainittu erillinen käsite oli *reaktio*, joka mainittiin yhteensä 16 kertaa (ks. Taulukko 1). Toinen merkittävän usein mainittu käsite oli *happo*, joka esiintyi 11 kertaa (ks. Taulukko 3). Kuusi kertaa mainittiin käsite *yhdiste* (ks. Taulukko 1). Viisi kertaa mainittiin käsitteet *ioni*, *kaasu*, *molekyyli* ja *vesi* (ks. Taulukot 1, 2 ja 5).

Myös tenteissä eniten mainittu käsite oli *reaktio*, joka mainittiin yhteensä 12 kertaa. Käsitteet *happo* ja *liuos* mainittiin seuraavaksi eniten, yhdeksän kertaa kumpikin (ks. Taulukot 2 ja 3). Kuusi kertaa esiintyivät käsitteet *kiinteä aine* ja *vesi* (ks. Taulukot 2 ja 5), ja viisi kertaa käsitteet *ioni*, *lämpö* ja *puhdistaminen* (ks. Taulukot 1, 2 ja 4).

Tentissä opiskelijat käyttivät käsitteitä monipuolisemmin kuvaamaan kyseistä ilmiötä. Esimerkiksi sähköön liittyen etukäteistehtävissä mainittiin käsitteet *anodi*, *elektrodi*,

galvaaninen pari, katodi, kenno, suljettu virtapiiri, suolaliuos ja suolasilta. Kukin käsite mainittiin kerran. Tentissä vastaavassa ryhmässä esiintyivät edellisten lisäksi myös käsitteet *jalousero, jännite, potentiaali ja suola*. Tentissä käsitteistä kuusi mainittiin useammin kuin kerran.

Samanlainen ero on havaittavissa olomuotoihin ja niiden muutoksiin liittyvien käsitteiden kohdalla. Etukäteistehtävissä mainitut käsitteet ovat *kaasu, neste, olomuoto, kiinteä aine, kondensoituminen, härmistyminen, höyry ja höyrystyminen*. Tentissä näiden lisäksi käytössä ovat myös käsitteet *kaasuuntua, faasi, kiteinen, kiteytyminen, haihtuminen ja sublimoituminen*. Käsitteiden määrä on tentissä lähes kaksinkertainen etukäteistehtävään verrattuna.

Tentissä esiintyi myös sellaisia käsitteitä, joita etukäteistehtävissä ei mainittu. Tällainen oli esimerkiksi reaktion energiaan ja entropiaan liittyvät käsitteet *systemi, spontaani prosessi ja entropia*.

Tentin käsitteet määrittelevät myös täsmällisemmin kyseessä olevaa ilmiötä, ja ovat kemiallisesti ammattimaisempia. Esimerkiksi olomuotoihin ja niiden muutoksiin liittyvien käsitteiden kohdalla etukäteistehtävässä opiskelijat käyttivät vain ilmaisua *härmistyminen*, kun taas tentissä käytettiin myös sanaa *sublimoituminen*. Samassa ryhmässä etukäteistehtävässä esiintyi käsite *kiinteä aine*, tentissä taas käytettiin myös ilmaisuja *kiteinen ja kiteytyminen*.

Taulukko 1. Opiskelijoiden eniten käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä (ET) ja tenteissä (T).

KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T
1. Reaktio	15	16	2. Orgaaninen kemia	11	15	3. Atomi, molekyyli ja yhdiste	10	13
additio		1	aldehydi	2	3	atomi	1	1
eksotermien	1		alkaloidi	2	2	elektroni	1	1
endotermien	1		alkeeni		1	emulsio		1
entropia		2	alkoholi	3	3	epäpuhdas aine		1
initiaattori		2	alkyyini		1	hiukkanen	1	
katalysoida	2		aromaattinen aine		1	ioni	5	5
katalyysireaktio	2		aromi	1		kompleksi	3	2
katalyytti	2	3	funktionaalinen ryhmä	3	3	materia	1	
lähtöaine		3	karboksyylihappo	1	2	molekyyli	5	2
osareaktio	1	1	ketoni	2	3	molekyylikoko		1
palaminen	2	2	orgaaninen aine		1	protoni	2	
reagenssi	3	2	primaarinen	2	3	radikaali		1
reagoida	4	2	sekundaarinen	2	3	seos		3
reaktiivisuus		1	tertiarinen	2	3	sidos	2	2
reaktio	16	12	tydyttymätön hiiliketju		1	ulkoelektroni		1
reaktiomekanismi	2		tydyttymätön hiilivety	2	1	yhdiste	6	2
spontaani prosessi		1						
substituutioreaktio	1							
synteesi	1	2						
syntetisoida	2	1						
systeemi		1						
tuote	2	1						

Taulukko 2. Opiskelijoiden seuraavaksi eniten käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä (ET) ja tenteissä (T).

KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T
4. Olomuodot	8	13	5. Sähkökemia	9	12	6. Toimenpiteet	10	11	7. Liuokset	7	11
faasi		3	anodi	1	2	eristäminen	3	1	konsentraatio	1	2
haihtuminen		1	elektrodi	1	1	erotus	2	3	laimea		2
härmistyminen	1	1	galvaaninen pari	1	2	haihdutus	3	3	liukenematon	1	
höyry	1	1	jalouzero		1	jäähdytys		2	liukeneminen	1	2
höyrystyminen	2	1	jännite		2	kuihattaminen		3	liukoisuus	1	1
kaasu	5	3	katodi	1	2	kuumentaminen	2		liuos	4	9
kaasuuntua		1	kenno	1	1	lämmitys	1	1	liuotin	4	1
kiinteä aine	4	6	potentiaali		1	puhdistaminen	3	5	liuottaminen	3	2
kiteinen		2	suljettu virtapiiri	1		suodatus	2	4	liuotuskyky		1
kiteytyminen		2	suola		1	suodos		2	pitoisuisero		1
kondensoituminen	1		suolaliuos	1	1	titraus	3	2	pitoisuus		1
neste	3	3	suolasilta	1	2	uute		1	väkevä		2
olomuoto	1	3	sähkö	1	2	uuttaminen	2	3			
sublimoituminen		3									

Taulukko 3. Opiskelijoiden kolmanneksi eniten käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä (ET) ja tenteissä (T).

KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T
8. Hapot ja emäkset	9	8	9. Diffuusio	6	7	10. Neutraloituminen	4	5
dissosioituminen	2	1	diffundoitua	2	2	neutraali	2	
emäksisyys		1	diffuusio	2	3	neutraloida	2	3
emäs	1	2	diffuusionopeus		1	neutraloimiskyky	2	2
hapan	2	3	kalvo	1	1	neutralointivaikutus		1
happettaa	3		läpäisevyys	1		neutraloituminen	1	1
happamuus		1	läpäisevä aine	1	1	neutraloituminen		1
happo	11	9	läpäistävä aine	1	1			
heikko happo	1		puoliläpäisevä kalvo		3			
indikaattori	1	2						
pH	1	2						
vahva happo	1							

Taulukko 4. Opiskelijoiden toiseksi vähiten käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä (ET) ja tenteissä (T).

KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T
11. Lämpö	3	6	11. Hapetus ja pelkistys	4	4	12. Metallit	4	3
kiehumispiste	1	2	fermentoituminen		1	epäjalo (metalli)	3	2
lämpö	3	5	hapettaa	3		jalo (metalli)	1	2
lämpöenergia	2		hapettuminen	1	2	metalli	3	2
lämpötila	1		pelkistymisen	3	2	metallien jännitesarja		2
sulamispiste	1	2	syöpyminen		1			
termodynamiikka	2		syövyttää		1			

Taulukko 5. Opiskelijoiden vähiten käyttämät käsitteet etukäteistehtävissä (ET) ja tenteissä (T).

KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T	KÄSITE	ET	T
13. Polymeerit	3	3	14. Suureet	3	0	15. Ainemäärä	1	12	16. Vesi	1	2
monomeeri	2	1	massa	2		ainemäärä		1	vesi	5	6
polymeeri	2	2	paine	1		mooli	1		vesiliuos		1
polymerointi	2	1	tilavuus	2							

5.2.2 Kokeellisten töiden liittäminen opetussuunnitelman perusteisiin

Vastuutöistä tehtävän työselostuksen tehtävänanto oli muotoa ”työselostuksessa tulee olla ainakin seuraavat osat: ... kyseessä olevan käsitteen ops-kytkentä”. Opetussuunnitelman perusteiden tarkastelu ja kyseessä olevan työn aiheen liittäminen oli opiskelijoiden vastuulla. Tehtävällä haluttiin opiskelijoiden oppivan liittyvän tehdyn työn kouluopetuksessa keskeisten kemian asioiden opetukseen. Kurssin opiskelijat tulkitivat kohtaa hyvin erilaisin tavoin.

Suurin osa opiskelijoista liitti työn johonkin kohtaan opetussuunnitelman perusteissa. Tulokset on esitetty Taulukossa 6. Taulukosta ilmenee, (i) onko opiskelija siteerannut opetussuunnitelman perusteita tai perustellut kohdan valintaa omin sanoin, (ii) onko hän antanut esimerkkejä työn toteutuksesta opetussuunnitelman perusteiden eri kohdissa, (iii) kuinka moneen peruskoulun tai lukion opetussuunnitelman perusteiden kohtaan hän liitti työn, ja (iv) onko hän ehdottanut muutoksia työohjeeseen, jotta se soveltuisi opetussuunnitelman perusteiden johonkin toiseen kohtaan (esim. lukion työ peruskouluun tai päinvastoin).

Taulukko 6. Kokeellisten töiden liittäminen opetussuunnitelman perusteisiin.

Opiskelija	OPS:n siteeraus	PK kohtia	Lukio kohtia	Perustelut	Toteutus	Muokkaus
1.1	x	4	3	x	4+3	
1.2	x		1	x	2	
1.3	x		1	x		
2.1			2	x		
2.2	x	1	1	x		
2.3	x		1			
3.1	x		1	x		
3.2	x		1	x		
4.1	x		1			
4.2	x	1	1			
5.1		1	1			
5.2	x		2			
5.3		1	1	x	1+1	x
6.1	x	1	1			
7.1	x		1	x		
7.2		1	1	x		
8.1	x		1	x		
8.2		1	1	x		
8.1	x	2		x	2	
9.2	x		1	x		
9.3	x	1	2			
10.1		1	1	x	1	

OPS = Opetussuunnitelman perusteet

PK kohta = Kohtien määrä peruskoulun opetussuunnitelman perusteista

Lukio kohta = Kohtien määrä lukion opetussuunnitelmien perusteista

Toteutus = Toteutusehdotukset työlle peruskoulussa + lukiossa

Muokkaus = Ehdotus työn muokkaamisesta, jotta soveltuisi toiseen kohtaan OPS:a

Työselostuksissa 22 opiskelijasta 16 siteerasi sana sanalta opetussuunnitelman perusteiden sitä kohtaa, johon hänen mielestään työ voitaisiin liittää. 15 opiskelijaa 22:sta kertoi tai perusteli omin sanoin, miksi työ sopii tiettyyn opetussuunnitelman perusteiden kohtaan. 11 opiskelijaa liitti tekemänsä työn vain lukion opetussuunnitelman perusteisiin, 10

opiskelijaa taas mainitsi kohdan tai kohtia sekä peruskoulun että lukion opetussuunnitelmien perusteista.

Useamman kuin yhden kohdan opetussuunnitelman perusteista mainitsi lukion puolella 4 opiskelijaa, peruskoulun puolella vain kaksi. Lukion puolella mainittiin useimmiten soveltuvan kurssin numero sekä sen tavoitteet. Esimerkiksi eräs opiskelija kirjoitti seuraavasti:

”Opsin¹ mukaan työ sopii lukion kursseille 1 ja 2.

Ops-kytkentä →

- osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle*
- oppii kokeellisen työskentelyn, kriittisen tiedonhankinnan ja -käsittelyn taitoja osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita*
- tuntee erotus ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia.*
- ymmärtää orgaanisten yhdisteiden rakenteita ja tuntee rakenteen määrityksessä käytettäviä menetelmiä” (op. 2.2)*

Peruskoulun kohdalla opiskelijat viittasivat enemmän aihepiireihin ja koko peruskoululle asetettuihin tavoitteisiin. Alla on yksi esimerkki tällaisesta:

”Peruskoulussa diffuusio voidaan liittää esimerkiksi ilma kokonaisuuteen, koska diffuusio on esimerkiksi juuri kaasulle hyvin tavanomainen ilmiö. Se voidaan liittää tässä kokonaisuudessa myös kaasujen leviämiseen. Se auttaa ymmärtämään esimerkiksi hajujen leviämistä luonnossa. Peruskoulun OPS:ssa mainitaan myös tasapaino. Kemiallisen reaktion tasapainoon ei diffuusiota voi suoranaisesti liittää, mutta muuten tasapainoon ympäristössä sen voi liittää. Diffuusiohan on esimerkiksi hyvin tärkeä mekanismi ionitasapainon ylläpidossa. Sitä voidaan käsitellä myös aineiden ominaisuuksien yhteydessä. Sen avulla tutkitaan aineen esteen läpäisemiskykyä.” (op. 1.1)

¹ OPS = opetussuunnitelman perusteet

Viisi opiskelijaa antoi käytännön esimerkkejä, miten työn voisi toteuttaa hänen mainitsemassaan opetussuunnitelman perusteiden kohdassa. Yksi opiskelija ehdotti työohjeeseen muutosta, jonka kautta sen voisi liittää sekä peruskoulun että lukion opetussuunnitelman perusteisiin:

”Lukion 3. kurssissa on aiheena epäorgaaniset ja orgaaniset reaktiot. Tämä työ sopisi mielestäni sinne.” ... ”Aspiriinin valmistus on sen verran yksinkertainen että sen voisi tehdä myös yläasteella valinnaiskurssilla motivointina ja vähän isompana työnä. Tällöin pitäisi kyllä jättää mekanismit täysin unholaan. Perusopetuksen OPS:issa on yksi kokonaisuus Elollinen luonto ja yhteiskunta. Tässä osiossa on mainittu kosmetiikka ja tekstiilit. Tähän samaan kokonaisuuteen voisi ajan riittäessä liittää myös tämän yksinkertaisehkon työn lääketieteellisuuteen liittyen.” (op. 3.2)

5.3 OPISKELIJOIDEN KÄSITYKSET KEMAN YMMÄRTÄMISTÄ TUKEVISTA TYÖTAVOISTA

Kurssin kokeellisten töiden ja luentojen tavoitteena oli ensisijaisesti tukea kemian ymmärtämistä sekä siinä tarvittavia korkeamman tason ajattelutaitoja. Opiskelijoiden työselostuksissa ja tenteissä esiintyi runsaasti erilaisia työtapoja. Erilaisia työtapoja mainittiin yhteensä 25 kappaletta. Osa työtavoista mainittiin nimeltä, esimerkiksi *ryhmätyöskentely*, kun taas osa oli konkreettisesti muodossa olevia toimintamuotoja, kuten kokeellisen työn pohjustuksen tai koonnin sisältö. Opiskelijoiden käyttämät työtavat kuuluivat suurimmaksi osaksi teoreettisessa viitekehyksessä mainittuihin työtapojen luokituksiin. Esimerkiksi ajattelun kehittämiseen tähtäävinä työtapoina esiintyi mm. käsitekartan (ennakkojäsentäjän) käyttö sekä työn koontina teoriaan johdatus (oppimissykli).

Aineisto on tässä jaettu työtavoiksi, työskentelymuodoiksi ja toimintamuodoiksi. Työskentelymuodolla tarkoitetaan työtapaa yleisesti, esimerkiksi yhteistoiminnallinen työskentely tai demonstraatio. Toimintamuodolla puolestaan tarkoitetaan konkreettista toimintatapaa, jolla määritellään esimerkiksi kokeellisen työn pohjustuksen tai koonnin sisältö. Lisäksi erikseen on koottu teorian käsittelyyn opetuksessa liittyvät työtavat.

Työskentely- ja toimintamuodot on koottu Taulukkoon 7. Kuvassa ilmenee työskentely- tai toimintamuodon nimi sekä esiintymiskerta selostuksissa ja tenteissä.

Taulukko 7. Opiskelijoiden käyttämät työtavat.

Työtavat	S (krt)	T (krt)
ryhmätyöskentely	8	10
työpistetyöskentely	4	2
työtavat oppilaiden ehdotusten perusteella	2	2
yhteistoiminnallinen työskentely/pohjustus/koonti	3	4
Muut työskentelymuodot	S (krt)	T (krt)
makro-, mikro- ja symbolitasojen synkronointi		2
materiaalin säästäminen näkökulmana		1
muistiinpanoja suorituksen apuna		3
oppilaiden työtapojen arviointi	1	
työohje oppilaiden suunnittelema		5
Pohjustus	S (krt)	T (krt)
kemiallisten työtapojen läpikäynti ennen työn suoritusta	6	4
pohjustuksena hypoteesi		5
pohjustuksena ilmiö arjessa	7	7
pohjustuksena käsitekartta		2
pohjustuksena lasku tai reaktioyhtälön muotoilu		2
pohjustuksena piirros		1
pohjustuksena teoreettisen saannon laskeminen		1
pohjustuksena tutkittavan aineen/ilmiön ominaisuudet	4	4
pohjustuksessa lähtökohtana oppilaat ja heidän ajatuksensa	11	6
työturvallisuuden läpikäynti ennen työtä		4
Teoria	S (krt)	T (krt)
teoria ennen työtä	9	7
teoria opettajan johdolla	8	1
Koonti	S (krt)	T (krt)
koonnissa kaavake	2	1
koonti kotitehtävänä	1	
koonti opettajan johdolla	2	3
koonti oppilaiden ajatusten ja havaintojen pohjalta	6	2
koontina ilmiö tai aine arjessa		5
koontina käsitekartta		4
koontina laskut/saanto	5	4
koontina oppilaiden itsearviointi	1	1
koontina piirros/väritystehtävä mikrotasosta	1	
koontina seuraavan teorian johdatus	1	
koontina tulosten arviointi, virhelähteet	6	9
koontina tulosten soveltaminen		2
koontina tulosten vertailu muihin/kirjallisiin arvoihin	3	6
koontina työn sisällön, tulosten ja merkityksen kertaus	3	3
koontina työselostus	2	3
koontina yleinen keskustelu	1	1
lopuksi tuotteen hävitys		1

S (krt) = työtavan esiintymiskerta työselostuksissa
T (krt) = työtavan esiintymiskerta tenteissä

5.3.1. Työtavat

Opiskelijoiden vastuutöiden työselostuksissa sekä tenttivastauksissa esiintyi useita erilaisia työtapoja. Ylivoimaisesti suosituin työskentelymuoto oli ryhmä- tai tiimityöskentely, joka mainittiin yhteensä työselostuksissa 8 kertaa ja tenttivastauksissa 10 kertaa (vrt. Shiland, 1999; Lavonen & Meisalo, 2007). Opiskelijat eivät kurssin aikana saaneet koulutusta työtapojen käyttöön. Niiden opetus kuuluu soveltavan kasvatustieteen laitokselle. Tehtävällä haluttiin opiskelijoiden pohtivan eri mahdollisuuksia ja kiinnittävän huomiota siihen, että erilaisilla työtavoilla voidaan vaikuttaa kokeellisuuden avulla oppimiseen.

Opiskelijoiden vastausten perusteella ryhmien koko määräytyy koko oppilasryhmän koon sekä käytettävissä olevan ajan perusteella. Ryhmä- tai tiimityöskentelyn suosio on sopusoinnussa kysymyslomakkeeseen saatujen vastausten kanssa. Niiden perusteella ennen kurssia 29 % ja kurssin jälkeen 47 % opiskelijoista piti ryhmä- tai tiimityöskentelyä hyvänä työtapana oppilastöiden ohjauksessa. Myös parityöskentely oli suosittu vaihtoehto, mutta sen suosio väheni samassa määrin kuin ryhmätyöskentelyn suosio nousi: aluksi 47 % ja lopuksi 29 % opiskelijoista suunnitteli käyttävänsä sitä oppilastöiden ohjaukseen (ks. Kuvat 15 ja 16 kpl 5.1.1).

Työselostuksissa seuraavaksi suosituinta oli työpistetyöskentelyn käyttö, jossa kokeellinen työ jaetaan osiin ja tehdään pienryhmissä. Työpistetyöskentelyn mainitsi neljä opiskelijaa. Yhtä opiskelijaa lukuun ottamatta samat opiskelijat mainitsivat yhteistoiminnallisen oppimisen käyttämänään työskentelymuotona. Työpistetyöskentelyn ja yhteistoiminnallisen työskentelyn käyttö rinnakkain on luonnollista, sillä työtavat täydentävät toisiaan (vrt. Lavonen & Meisalo, 2007).

Tenttivastausten perusteella työpistetyöskentelyn mainitsi vain kaksi opiskelijaa, sen sijaan yhteistoiminnallinen työskentely kasvatti suosiotaan, sillä se mainittiin yhteensä 5 tentissä. Tässäkin kohtaa tulokset tukevat kysymyslomakkeeseen annettuja vastauksia: työpistetyöskentelyä suunnitteli käyttävänsä aluksi 21 % ja lopuksi 6 % opiskelijoista, kun taas yhteistoiminnallisen työskentelyn kohdalla vastaavat luvut olivat 11 % ja 18 % (ks. Kuvat 15 ja 16 kpl 5.1.1).

5.3.2. Kokeellisen työn aloitus

Kurssin yhdellä luennolla käsiteltiin kokeellisen työskentelyn kolmivaiheisuutta: (i) kemian aiheeseen ja kokeellisuuteen virittäytyminen, (ii) kokeellisuuden toteutus ja (iii) työskentelyn koonti. Koonnissa kemian teoria ja kokeellisuus tarkastellaan yksityiskohtaisesti. Luennolla myös käsiteltiin, miten kemian ymmärtämistä ja siinä tarvittavia korkeamman tason ajattelutaitoja voidaan kokeellisuuden kautta syventää.

Osassa selostuksista ja tenttivastauksista ei mainittu mitään töiden käytännön toteutuksen pedagogisesta puolesta. Selostuksia, joissa myös opetuksellinen puoli otettiin konkreettisesti huomioon, yhdisti yksi näkökulma: kokeellisten töiden pohjustuksen lähtökohdaksi otettiin lähes aina itse oppilaat ja heidän ajatuksensa, virhekäsityksensä sekä kysymyksensä tutkittavaan aiheeseen tai ilmiöön liittyen (vrt. Hodson, 1996a). Tämä näkökulma esiintyi yhteensä 11 opiskelijan työselostuksessa, useammin kuin mikään toinen työskentely- tai toimintamuoto. Tentissä tämä näkökulma mainittiin kuusi kertaa. Esimerkiksi eräs opiskelija kirjoitti selostuksessaan seuraavalla tavalla:

”Ennakkokeskusteluna ja aiheeseen virittäytymisenä voidaan keskustella kasvikunnasta saatavista kemikaaleista, alkaloidiryhmästä, kofeiinin vaikutuksista elimistöön ja oppilaiden kokemuksista kofeiinista.” (op. 9.1)

Sekä selostuksissa että tentissä töiden pohjustukseksi ehdotettiin usein (7 kertaa kummassakin) tutustumista tutkittavaan aiheeseen tai ilmiöön arkisten kokemusten kautta. Todennäköisesti sama perusajatus on niillä opiskelijoilla, (4 kpl molemmissa), jotka mainitsivat pohjustuksen lähtökohdaksi tutkittavan aineen tai ilmiön ominaisuuksien läpikäymisen (vrt. Jenkins, 1999).

Yhteensä kuusi opiskelijaa ehdotti selostuksessaan kemiallisten työtapojen läpikäymistä ennen kokeellisen työn aloittamista. Kaksi näistä valitsisi työtavat oppilaiden ehdotusten perusteella, ja näistä toinen käyttäisi aikaa koonnin yhteydessä myös käytettyjen työtapojen arviointiin. Tentissä työtapojen läpikäymistä ennen työtä ehdotti vain neljä opiskelijaa.

Tenttivastauksissa pohjustukseksi ehdotettiin myös sellaisia toimintamuotoja, joita ei selostuksissa esiintynyt. Tällainen on esimerkiksi hypoteesin tekeminen pohjustuksena (viisi opiskelijaa), sekä se, että oppilas suunnittelee työohjeen itse (viisi opiskelijaa). Tällaiset työtavat kehittävät oppilaan luovuutta ja korkeamman tason ajattelun taitoja (vrt. Anderson & Krathwohl, 2003). Laskun tai reaktioyhtälön muotoilua sekä käsittekartan käyttöä työn pohjustuksena ehdotettiin kaksi kertaa kumpaakin. Työhön liittyvän työturvallisuuden kävisi läpi ennen työtä neljä opiskelijaa. Kolme opiskelijaa käyttäisi työn suorituksessa apuna muistiinpanoja. Kaksi opiskelijaa kiinnitti huomiota makro-, mikro ja symbolitason synkronointiin, ja yksi mainitsi materiaalin säästämisen näkökulman. Pohjustuksena ehdotettiin myös piirrosta sekä teoreettisen saannon laskemista.

5.3.3 Kokeelliseen työhön liittyvä teoria

Kokeelliseen työhön liittyvä teoria pitäisi selostusten perusteella yhdeksän opiskelijan mukaan käydä läpi ennen työn toteuttamista, tenttien perusteella taas seitsemän opiskelijaa oli tätä mieltä. Tämän vaihtoehdon suhteellinen suosio on sopusoinnussa kysymyslomakkeen annettujen vastausten kanssa, jolloin ennen kurssia yhteensä 85 %, kurssin jälkeen taas yhteensä 76 % opiskelijoista käyttäisi teorian ja kokeellisuuden nivomiseen joko syklistä mallia (ensin yksi työ aiheesta, sitten teoria, sitten toinen työ aiheesta jne.) tai kävisi ensin läpi teorian, jota sitten syvennettäisiin työn avulla (vrt. Aksela & Juvonen, 1999).

Yllä olevasta yhdeksästä opiskelijasta (selostukset) kahdeksan kävisi teorian läpi opettajan johdolla. Tenttivastausten perusteella tämä seikka on kuitenkin muuttunut radikaalisti: enää yksi opiskelijaa ehdotti teorian läpikäymistä opettajan johdolla. Kun opettajajohtoisuutta vähennetään, oppilaan rooli vahvistuu ja oppilaan oma persoonallisuus kehittyy vapaammin (vrt. Lavonen & Meisalo, 2007).

5.3.4 Kokeellisen työn koonti

Työselostuksissa kokeellisen työn koontin sisällöksi opiskelijat ehdottivat hyvin erilaisia toimintamuotoja. Yhteensä kuuden opiskelijan mukaan koontin tulee tapahtua oppilaiden havaintojen ja ajatusten pohjalta (vrt. Jenkins, 1999; Hodson, 1996a; Shiland, 1999). Yhtä moni ehdotti koontin sisällöksi tulosten arviointia ja virhelähteiden tutkimista. Kolme

näistä piti koonnin osana oppilaiden tulosten vertailua keskenään sekä kirjallisiin arvoihin. Viiden opiskelijan mukaan koonti voisi olla työhön liittyvien laskujen ja saannon laskemista. Koonti merkitsi kolmelle opiskelijalle työn sisällön, tulosten ja merkityksen kertaamista. Kaksi opiskelijaa ehdotti mahdolliseksi koonniksi työselostuksen kirjoittamista, ja yhtä moni käyttäisi kokeellisen työn kokoamiseen apuna valmista kaavaketta. Kokeellisen työn koontina mainittiin myös yleinen keskustelu aiheesta (vrt. Shiland, 1999), seuraavaan teoriaan johdatus, piirros- tai väritystehtävä työn ilmiöstä mikrotasossa sekä oppilaiden itsearviointi, kerran kukin. Yksi opiskelija antaisi koonnin oppilaille kotitehtäväksi. Koonnin suorittaisi opettajan johdolla kaksi opiskelijaa.

Tentissä jotkin työtavat olivat yhtä suosittuja kuin työselostuksissa, osan suosio taas muuttui. Töihin liittyvien laskujen ja saannon laskemista koontina ehdotti neljä opiskelijaa. Kolmen opiskelijan mukaan koonti voisi olla työn sisällön, tulosten ja merkitysten kertaamista. Samoin kolme opiskelijaa ehdotti koonniksi työselostuksen kirjoittamista, kun taas yksi käyttäisi koonnissa apuna valmista lomaketta. Myös itsearviointi ja yleinen keskustelu koontina mainittiin.

Tenttivastauksissa koonnin lähtökohdaksi valitsi oppilaiden havainnot ja ajatukset kaksi opiskelijaa. Sen sijaan peräti yhdeksän opiskelijaa halusi sisällyttää työn koontiin tulosten arvioinnin ja virhelähteet. Myös oppilaiden saamien tulosten vertailu keskenään sekä kirjallisiin arvoihin oli suositumpi kuin selostuksissa kuusi opiskelijan mainitessa nämä. Tulosten soveltamista koontina ehdotti kaksi opiskelijaa (vrt. Shiland, 1999). Opiskelijoista viisi ehdotti koonnin sisällöksi ilmiön tarkastelua arjessa (vrt. Jenkins, 1999), ja neljä olisi käyttänyt koonnin muotona käsitekartan tekemistä, kuten kurssilla. Lisäksi koontiin liittyen mainittiin jätteiden hävitys.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

6.1 KURSSIN VAIKUTUS OPETTAJAOPISKELIJOIDEN KÄSITYKSIIN KOKEELLISUUDESTA

Tutkimuksen mukaan uusi *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssi vahvisti opiskelijoiden käsitystä kokeellisuuden tärkeydestä opetuksessa, kehitti heidän valmiuksiaan kokeellisuuden toteuttamiseen opetuksessa sekä innosti opiskelijoita kokeelliseen opetukseen. Kurssin aikana opiskelijat tutustuivat joihinkin mikrokemian välineisiin sekä mikrokemian tuomiin mahdollisuuksiin kokeellisuuden toteuttamisessa. Opiskelijoille mikrokemian käyttö oli tuntematonta ennen kurssia.

Opettajaopiskelijoiden mukaan kokeellisuus merkitsee selkeästi omakohtaista toimintaa (vrt. kemian opettajat, Aksela & Juvonen, 1999). Opettajaopiskelijat pitävät kokeellisuutta tärkeänä osana kemiaa. Syinä tähän ovat kokeellisuuden merkitys kemian oppimiseen sekä sen motivoiva vaikutus. Kokeellisuutta pidetään soveltuvana kouluopetukseen, jos asiayhteys on sopiva. Jos kokeellisuus jää näyttäväksi mutta tyhjäksi tempuksi, sen ei katsota tukevat kemian oppimista.

Opettajaopiskelijat näkevät kokeellisuuden antamat mahdollisuudet ja rajoitukset realistisemmin kurssin lopulla. Opiskelijat pitävät tehtävän työn turvallisuutta tärkeänä kriteerinä työn toteutukselle. Sen sijaan suuret ryhmäkoot eivät huolestuta enää opiskelijoita. Opiskelijat toteuttaisivat kokeellisuutta mieluiten pienissä ryhmissä ja yhteistoiminnallisen työskentelyn avulla. Tärkeäksi näkökohdaksi on kurssin aikana noussut työn liittyminen arkielämään, kun taas työn helppous on menettänyt merkityksensä.

Kokeellisuuden oppimista tukevan merkityksen ymmärtäminen näkyy opettajaopiskelijoiden vastauksissa myös muissa kysymyksissä. Kokeellisen työn kautta teoriaan etenemisen suosio kasvoi kurssin aikana lähes nelinkertaiseksi (vrt. Opetushallitus, 2003; 2004). Kurssin alussa vain 5 % piti tätä tapaa parhaana, kurssin lopulla taas 18 %. Myös syklisen, kokeellisuutta ja teoriaa nivovan, opetusmallin kannatus

pysyi korkealla. Opiskelijoiden käsitys tietotekniikan merkityksestä kemian oppimiselle parani kurssin aikana. Kurssin lopulla kaksi kolmasosaa pitää tietotekniikan käyttöä opetuksessa tärkeänä kemian oppimisen tai tietotekniikan avulla opittavien tärkeiden taitojen vuoksi.

Valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteet painottavat kokeellista lähestymistapaa opetuksessa. Niiden mukaan kokeellisen työskentelyn kautta opitaan paitsi konkreettisia työskentelytaitoja, myös yhteistyötaitoja sekä luonnontieteiden luonteen hahmottamista (Opetushallitus, 2003; 2004). Opetuksen tulee myös antaa oppilaalle persoonallisuuden kehittymisen ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostamisen kannalta välttämättömiä aineksia. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin opiskelijoiden käsitys kokeellisuudesta noudattaa taitojen oppimisen ja luonnontieteiden luonteen kohdalla opetussuunnitelman perusteiden linjausta. Toisaalta esimerkiksi kokeellisuuden vaikutusta oppilaan persoonallisuuden kehitykseen eivät opiskelijat pitäneet lainkaan tärkeänä.

Opiskelijoiden vahva käsitys kokeellisuudesta omakohtaisena toimintana sekä kokeellisuuden toteuttamisesta pienissä ryhmissä saattaa osittain johtua kurssin toteutustavasta. Kurssilla opiskelijat työskentelivät suuren osan ajasta laboratoriossa yksin tai pienissä ryhmissä. Demonstraatioita ja audiovisuaalisten apuvälineiden kautta tapahtuvaa opetusta käsiteltiin kurssilla vasta kevään osuudella.

Opiskelijoiden käsitykset kokeellisuuden merkityksestä eroavat jonkin verran vuonna 1999 tutkittujen kemian opettajien käsityksistä. Kun opettajien mielestä suurin syy kokeellisuuden käyttämiseen oli motivaatio, opiskelijat pitivät kokeellisia oppilastöitä tärkeinä kemian oppimisen vuoksi ja koska kokeellisuus kuuluu luonnollisena osana kemiaan. Sekä opettajat että opiskelijat jättivät kokeellisuuden pois opetuksesta, jos aika ei riitä siihen. Opettajat eivät maininneet kokeellisuuden käytön esteenä asiayhteyden sopimattomuutta. Opiskelijoista lähes kolmasosa pitää tätä tärkeänä syynä.

Kokeellisuuden käytännön toteutuksessa opettajien ja opiskelijoiden käsitykset muistuttavat toisiaan. Molemmat ryhmät toteuttavat kokeellisuutta mieluiten pari- tai ryhmätyöskentelyinä. Opiskelijoilla myös yhteistoiminnallinen oppiminen näkyy tärkeänä toteutusmuotona. Opettajien mukaan hyvä kokeellinen työ tukee kemian teorian oppimista,

on selkeä ja tulos on helposti nähtävissä. Opiskelijat pitivät hyvän kokeellisen työn ominaisuuksina ensisijaisesti turvallisuutta ja tämän jälkeen selkeyttä.

Tietokoneen käyttö kokeellisuudessa oli opettajille vuonna 1999 uusi asia. Tietotekniikkaa hyödyntävät opettajat kertoivat tärkeimpien syiden olevan tulosten helppo jatkokäsittely ja ajan säästäminen. Opiskelijat käyttävät tietotekniikkaa opetuksessa ensisijaisesti siksi, että se tukee kemian oppimista.

Kemian opetuksessa käytetyt työtavat olivat osittain samoja opettajilla ja opiskelijoilla. Tärkeimpänä työtapana pidetään ryhmätyöskentelyä. Myös yhteistoiminnallista oppimista käyttävät jonkin verran sekä opettajat että opiskelijat. Sen sijaan esimerkiksi opettajien käyttämää kyselyyn harjaannuttamista ja luovaa ongelmanratkaisua opiskelijat eivät maininneet lainkaan. Tämä saattaa johtua siitä, etteivät opiskelijat vielä tunne kyseisiä työtapoja. Työtapoihin tutustutaan soveltavan kasvatustieteen laitoksen opintojen yhteydessä.

6.2 OPISKELIJOIDEN KEMIAN SOVELTAMINEN KURSSILLA

Opettajaopiskelijat käyttivät etukäteistehtävissä ja tenteissä runsaasti erilaisia kemiallisia käsitteitä. Tentissä käsitteiden määrä oli noin 21 % suurempi kuin etukäteistehtävissä. Opiskelijat käyttävät käsitteitä monipuolisemmin kurssin lopulla. Myös käsitteiden laatu on muuttunut jonkin verran. Opiskelijoiden käyttämät käsitteet kuvaavat kyseessä olevaa kemian ilmiötä valikoivammin ja täsmällisemmin. Kurssin lopulla opiskelijat pystyvät kuvailemaan kemiallisia ilmiöitä myös ammattimaisemmin.

Opettajaopiskelijat hahmottavat hyvin peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien perusteiden aihealueet ja eri kurssien sisällöt. Lähes 60 % opiskelijoista mainitsi useamman esimerkin opetussuunnitelman perusteiden kohdasta, johon jokin kemian ilmiö liittyy, ja jokainen opiskelija mainitsi ainakin yhden kohdan.

6.3 OPISKELIJOIDEN KÄSITYKSET KEMIAN YMMÄRTÄMISTÄ TUKEVISTA TYÖTAVOISTA

Opettajaopiskelijoiden mainitsemat työtavat ovat kurssin aikana monipuolistuneet ja kertovat opiskelijoiden kypsyneestä ymmärtämisestä opetuksen ja oppimisen saralla.

Opiskelijat käyttäisivät kokeellisuuden toteuttamiseen ensisijaisesti ryhmätyöskentelyä, työpistetyöskentelyä ja yhteistoiminnallista työskentelyä. Ilmeisesti opiskelijat saivat kurssin aikana myönteisiä kokemuksia ryhmätyöskentelystä ja sen avulla oppimisesta. Yhteistyötä korostavat työtavat motivoivat oppilaita (Johnson & Johnson, 2003; Lavonen & Meisalo, 2007) ja muodostavat positiivisen riippuvuuden ryhmän jäsenten välille. Ryhmätyöt mahdollistavat myös oppilaiden keskeisen keskustelun, kyselemisen, väittelyn ja muun ajatustenvaihdon, mikä on tärkeää oppimisen kannalta (Shiland, 1999). Yhteisen keskustelun avulla opettaja pystyy mm. selvittämään oppilaiden aiemmat käsitykset ja suunnittelemaan opetuksensa nämä huomioon ottaen.

Opettajaopiskelijat kiinnittävät huomiota kokeellisten töiden autenttisuuteen. Töiden pohjustus ja koonti perustuisi usean opiskelijan mukaan ilmiön arkiselle ulottuvuudelle. Työ myös käytäisiin läpi etukäteen sekä teorian ja käytännön taitojen että työn tavoitteiden osalta. Näin oppilaiden virhekäsitykset (vaihtoehtoiset käsitykset) tulevat esiin, ja tavoitteiden kautta he pystyvät kiinnittämään huomiota oikeisiin asioihin työn aikana. Tutkimuksen mukaan kokeellisen työn autenttisuudella on suuri merkitys, sillä jos oppilas ei pitää työtä turhana, oppiminen jää helposti pinnalliseksi ulkoa opetteluksi (Jenkins, 1999). Työllä tulee olla myös tavoite, joka on selvä myös oppilaille (Håland, 1999; Domin, 1999).

Korkeamman tason ajattelun taitojen käyttäminen näkyy opiskelijoiden käsityksistä koskien oppilaan roolia kokeellista työtä tehdessä. Kurssin lopulla jopa 30 % opiskelijoista antaisi oppilaan suunnitella kokeellisen työn osittain tai kokonaan. Tällainen vapaus kehittää oppilaiden luovuutta sekä ongelmanratkaisu- ja arviointitaitoja. Nämä taidot liittyvät korkeamman tason ajattelun taitoihin (Anderson & Krathwohl, 2001).

6.4 TUTKIMUKSEN MERKITYS

Tutkimuksessa saatiin arvokasta tietoa kurssin vaikuttavuudesta sekä opiskelijoiden ajattelun kehittymisestä kokeellisuuden opetuskäytöstä kemian ymmärtämisen tukena.

Koska tutkimuksen kohteena oli suhteellisen pieni ryhmä opettajaopiskelijoita, tutkimusmenetelmäksi valittiin tapaustutkimus. Näin ollen tutkimuksen tuloksia ei voida yleistää koskemaan kaikkia kemian opettajaopiskelijoita. Kurssin kehittämisen näkökulmasta tutkimustulokset ovat kuitenkin luotettavia.

Opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta ja sen vaikutuksesta kemian oppimiseen ei ole tutkittu aikaisemmin. Samantyyppinen tutkimus on tehty kouluissa oleville kemian opettajille (Aksela & Juvonen, 1999). Opettajaopiskelijoiden tutkiminen on myös tärkeää. Heissä yhdistyy mennyt ja tuleva: toisaalta heidän näkemyksissään ja asenteissaan näkyvät aikaisempien opetussuunnitelmaudistusten, opetustapojen ja yleisen opetuskulttuurin vaikutukset, ja toisaalta he valmistautuvat ja opiskelevat toimiakseen itse opettajina. Tämän päivän opettajaopiskelijoiden käsitykset tulevat määrittelemään kemian opetuksen tyylin ja kulun pitkälle 2000-luvulla.

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssin opiskelijat olivat tutkimuksen mukaan jo kurssille tullessaan suhteellisen hyvin perillä kokeellisuuden mahdollisuuksista ja haasteista. Heillä oli ollut vähintään kaksi kemian opettajankoulutuksen kemian kurssia sekä opintoja soveltavan kasvatustieteen laitoksella takanaan ennen kurssia. Suuria muutoksia ei opiskelijoiden käsityksissä kokeellisuuteen liittyen tutkimuksen aikana tapahtunut. Opiskelijoiden tiedot ja taidot syvenivät ja monipuolistuivat pääosin omakohtaisesta toiminnasta kumpuavan kokemuksen ja kurssilla saadun ohjauksen kautta. Kurssi oli pääosin kokeellista työskentelyä laboratoriossa.

Kokeellisuus kemian opetuksessa -kurssin tavoitteet syksyn osuudelle olivat (i) perehtyminen kokeellisuuteen ymmärtämisen tukena, (ii) kokeellisten oppilastöiden suunnittelu ja toteutus koululuokassa ja puutteellisissa oloissa, (iii) perehtyminen työturvallisuuteen ja (iv) tutustuminen kokeellisuuden toteuttamiseen oppilaiden kanssa. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssin aikana opiskelijat saivat paljon kokemusta

laboratoriotyöskentelystä, joka oli kurssin keskeinen tavoite. Opiskelijoille tarjottiin syksyn aikana neljä maksimissaan tunnin pituista tietoiskua kokeellisuudesta ja sen roolista kemian ymmärtämisen tukena sekä mikrokemiasta. Tutkimuksen mukaan tavoitteet toteutuivat suurilta osin. Opiskelijoiden käsitys kokeellisuudesta kemian ymmärtämisen tukena oli jo kurssin alussa positiivinen, ja se vahvistui kurssin aikana. Opiskelijoiden käsitys kokeellisuuden toteutuksesta muuttui kurssin aikana realistisemmaksi. Työturvallisuutta opiskelijat pitivät kurssin lopussa erittäin tärkeänä kokeellisuuden toteuttamisen osana. Viimeinen tavoite, yhteistyö todellisten oppilaiden kanssa, ei toteutunut kaikkien opiskelijoiden kohdalla, sillä kaikki eivät päässeet käymään kouluihin LUMA-viikolla. Osa ohjasi oppilaita kemian laitoksella.

Tutkimustietoa on hyödynnetty syksyn 2007 kurssin suunnittelussa ja toteutuksessa. Vastuutöiden ja muiden töiden määrää on vähennetty muutamalla työllä, jotta opiskelijat voivat paneutua tarkemmin yksittäisen työn suunnitteluun ja raportointiin. Tehtävät työt on valittu siten, että ne olisivat mahdollisimman hyvin toteutettavissa koulussa. Kurssialusta on siirretty uuteen Blackboard -oppimisympäristöön. Tällöin kurssiassistentilla on mahdollisuus mm. kommentoida tehtäviä ja antaa opiskelijalle palautetta, mikä tukee opiskelijan oppimista.

Kokeellisuuden tukemiseksi kemian opettajankoulutuksessa ja kouluopetuksessa olisi tärkeä kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin enemmän:

- kemian opettajankoulutuksessa voisi kiinnittää vielä enemmän huomiota siihen, että aineopinnot, pedagogiset teoriaopinnot ja käytännön opetuskokemukset harjoittelussa nivoutuvat saumattomasti yhteen. Tämä parantaisi opiskelijoiden kykyä liittää kokeellisuus monipuolisemmin teoriaan, ja toisaalta hyödyntämään käytännön kokemuksia kokeellisuudesta omassa oppimisessaan. Monipuolinen oppimisympäristö tukisi myös opettajaopiskelijoiden kehittymistä tutkiviksi opettajiksi ja elinikäisiksi oppijoiksi.
- kemian kouluopetuksessa tulisi tarjota oppilaille edellä mainitun kaltainen, monipuolinen oppimisympäristö koulun puitteisiin sovellettuna. Jokainen oppilas on yksilöllinen oppimistavoiltaan ja tietorakenteeltaan. Opetuksessa on käytettävä

sellaisia työtapoja, jotka mahdollistavat tavoitteellisen ja mielekkään oppimisen mahdollisimman monelle.

- tulevaisuudessa opettajaopiskelijoita ja heidän käsityksiään tulisi tutkia lisää. *Kokeellisuus kemian opetuksessa* -kurssiin liittyviä tutkimuksen aiheita voisi olla esimerkiksi opiskelijoiden käsitykset mikrokemiasta kokeellisen työskentelyn välineenä ja oppiminen sen avulla. Tutkimuskohteena voisi olla myös jonkin tietyn työn avulla kemian oppiminen. Helsingin yliopiston uusi tutkintojärjestelmä asettaa suhteellisen tarkan aikataulun opintojen edistymiselle, mikä mahdollistaa erityisesti suoraan opettajalinjalle valittujen opettajaopiskelijoiden seuraamisen koko opiskelun ajalla. Tutkimuksen kohteena voisivat myös olla pedagogiset opinnot kemistitutkinnon jälkeen suorittavat opiskelijat, tai jo opetustyössä pitkään toimineet pätevöityvät opettajat.
- tutkimuksen kautta saatua tietoa tulisi hyödyntää entistä enemmän opetuksen ja opettajankoulutuksen suunnittelussa. Maailma ja tiede muuttuvat nopeaan tahtiin, eivätkä oppikirjat ja opetussuunnitelmat välttämättä pysty muuttumaan yhtä nopeasti. Opetuksen pääpaino siirtyy sisällöstä oppilaan tarvitsemiin taitoihin: tiedonhankintaan, tiedon kriittiseen arviointiin, ajattelun taitoihin ja sosiaalisiin taitoihin. Tämän päivän kemian opettaja ei pysty ennustamaan, minkälaisessa maailmassa hänen oppilaansa tulee elämään, muuta kuin että se tulee olemaan muutoksia täynnä ja rakenteeltaan monimutkaisempi ja epävarmempi (Hodson, 2004). Ihminen itsessään ei kuitenkaan muutu – aivot, oppiminen ja opitun hyödyntäminen tapahtuvat samalla tavalla, ajasta ja ympäröivästä maailmasta riippumatta. Ihmisen ja hänen oppimisensa tutkiminen tarjoaa varman jalansijan opetuksen kehittämiseksi myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- Aksela & Juvonen 1999. *Kemian opetus tänään*. Helsinki: Opetushallitus.
- Aksela & Karkela 1992. Kemiaa mikromittakaavassa. *Dimensio* 3/1992 18-21.
- Aksela 1994. Mikrovälineiden käyttö lukion kemian opetuksessa. Teoksessa Tella (toim.) *Näytön paikka. Opetuksen kulttuurin arviointi. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 4.2.1994 Osa 2*. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos Tutkimuksia 130.
- Aksela 1995. Mikrokemian välineitä. *Dimensio* 4/1995 19.
- Aksela 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/supporti.pdf> (luettu 18.11.2007)
- Aksela 2006. Tutkimuslähtöisellä kemian opetuksella Innokkaita opiskelijoita ja päteviä asiantuntijoita. *Kemia-Kemi* 33 (7) 38-39.
- Aksela 2007. Tutkimusperustainen kemian opettajankoulutus. *Ainedidaktiikan symposiumikirja 2007*. Turun yliopisto.
- Aksela, Laitalainen, Mäkelä & Virkkala 1996. *Mikrokemiallinen laboratorio*. Helsinki: Opetushallitus.
- Anderson & Krathwohl 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman, Inc. Printed in the United States.
- Bell, Lycoudi, Ovens & Bradley 2002. *Microelectricity experiences*. Moscow: Magisterpress Publishing House.
- Bradley 1998. Hands-On Practical Chemistry for all – Why and How? *Journal of Chemical Education* 75 (11) 1406-1409.
- Dick 2006. Themes and trends. *Action Research* 4 (4) 439-458.
- Dillon 2000. Managing science teachers' development. Teoksessa Millar, Leach & Osborne (ed.) *Improving science education – the contribution of research*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Domin 1999. A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. *Journal of Chemical Education* 76 (1) 109-111.
- Gabel 1999. Improving and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education* 76 (4) 548-554.
- Gallet 1998. Problem-Solving Teaching in the Chemistry Laboratory: Leaving the Cooks... *Journal of Chemical Education* 75 (1) 72-77.

Gilbert 2002. Preface to Section A. Teoksessa Gilbert, De Jong, Justi, Treagust & Van Driel (ed.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Håland 1999. Teacher-training students' conception of practical work as part of science education. Some preliminary results. Teoksessa Nielsen & Paulsen (ed.) *Practical Work in Science Education – the Face of Science in Schools*. Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Studies.

Hammersley & Foster 2000. Introduction. Teoksessa Gomm, Hammersley & Foster (toim.) *Case study method. Key issues, key texts*. London: Sage.

Helsingin yliopiston opettajankoulutuksen strategia 2003-2006. Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/opettajaksi/pdf/strategia-fin.pdf> (luettu 18.11.2007)

Helsingin yliopiston strategia 2007-2009. Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/lyhyesti/strategia/strategia2007-2009.pdf> (luettu 18.11.2007)

Hodson 1996a. *International Journal of Science Education* 18 (6) 755-759.

Hodson 1996b. Laboratory work as a scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of curriculum studies* 28 (3) 115-135.

Hodson 2004. Time for action: science education for an alternative future. Teoksessa Gilbert (ed.) *The RoutledgeFalmer Reader in Science Education*. London: RoutledgeFalmer.

InTime 2007. Integrating New Technologies into the Methods of Education
<http://www.intime.uni.edu/model/teacher/teac2summary.html> (luettu 13.11.2007)

Jakku-Sihvonen & Niemi (Toim.) 2006. *Research-based Teacher Education in Finland*.
Turku: Finnish Educational Research Association.

Jenkins 1999. Practical work in School Science – some questions to be answered. Teoksessa Leach & Paulsen *Practical work in science education – Recent research studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.

Johnson & Johnson 2003. Student motivation in co-operative groups, Social interdependence theory. Teoksessa Gillies & Ashman (ed.) *Co-operative learning. The social and intellectual outcomes of learning in groups*. London: RoutledgeFalmer.

Jonassen 1999. Designing constructivist learning environments. Teoksessa Reigeluth (toim.) *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory (volume II, s. 215-239)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kemian laitoksen tutkimuksen tavoiteohjelma 2007-2009. Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
http://www.helsinki.fi/kemia/hallinto/strategiat/tutkimuksen_tavoiteohjelma_2007-2009.pdf (luettu 18.11.2007)

Kemian laitoksen tutkimusstrategia 2007-2009. Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/hallinto/strategiat/strategiat.htm> (luettu 18.11.2007)

- Krippendorff 2004. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Kuitunen 1996. *Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työtapoja monipuolistettaessa*. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos Tutkimuksia 159.
- Lampiselkä & Vuolle 2001. Mikrokemiaa kouluille 1. *Dimensio* 3/2001 21-23.
- Lavonen & Meisalo 2007, Opetuksen tavoitteet ja työtavat. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotavat/main.htm> (18.11.2007)
- Lavonen & Meisalo 2007. Kokeellisuuden työtavat. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/main.htm> (luettu 18.11.2007)
- Lavonen & Meisalo 2007. Luonnontieteellinen koe koulun työtapana. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/tutkimus> (luettu 18.11.2007)
- Lavonen, Jauhiainen, Koponen & Kurki-Suonio 2004. Effect of long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International journal of science education* 26 (3) 309-328.
- Lavonen, Meisalo 2007. Pienessä ryhmässä opiskelu. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/yto/> (luettu 18.11.2007)
- Leach & Paulsen 1999. Introduction. Teoksessa Leach & Paulsen *Practical work in science education – Recent research studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.
- Lindblom-Ylänne 2006. Enhancing the quality of teaching in higher education in Finland: The case of the University of Helsinki. *International policy perspectives on improving learning with limited resources*. 133, 63-72.
- Lumivaara & Aksela 2002. Vihreää kemiaa kemian opetukseen. *Dimensio* 2/2002 16-20.
- Mayo, Pike, Butcher & Trumper 1991. *Microscale Techniques For The Organic Laboratory*. John Wiley & sons, inc. Printed in the United States of America.
- Millar, Le Maréchal & Tiberghien 1999. "Mapping" the domain – varieties of practical work. Teoksessa Leach & Paulsen *Practical work in science education – Recent research studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.
- Näsäkkälä, Flinkman & Aksela 2002. Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa. <http://www.edu.fi/julkaisut/luonnontietpalatino.pdf> (luettu 18.11.2007)
- National Microscale Chemistry Center 2007. Kotisivu. <http://www.microscale.org/who.asp> (luettu 18.11.2007)
- Novak & Gowin 1984. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Opetushallitus 2003. *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Helsinki: Opetushallitus.

- Opetushallitus 2004. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki: Opetushallitus.
- Sahlberg 1990. *Luonnontieteiden opetuksen työtapoja*. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Salovaara 1997. Konstruktivismi. <http://wwwedu.oulu.fi/okl/lo/kt2/wkonstr.htm> (luettu 4.11.2007)
- Shiland 1999. Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education* 76 (1) 107-109.
- Singh, Pike & Szafran 1995. *Microscale & Selected Macroscale Experiments for General & Advanced General Chemistry, An Innovative Approach*. John Wiley & sons, inc. Printed in the United States of America.
- Singh, Szafran & Pike 1999. Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies. *Journal of Chemical Education* 76 (12) 1684-1686.
- Solomon 1999. Envisionment in Practical Work. Helping pupils to imagine concepts while carrying out experiments. Teoksessa Leach & Paulsen *Practical work in science education – Recent research studies*. Frederiksberg: Roskilde University Press.
- Szafran, Pike & Foster 1993. *Microscale general chemistry laboratory, With selected Macroscale Experiments*. John Wiley & sons, inc. Printed in the United States of America.
- Szafran, Pike & Singh 1991. *Microscale Inorganic Chemistry, A comprehensive Laboratory Experience*. John Wiley & sons, inc. Printed in the United States of America.
- Szafran, Singh & Pike 1989. The Microscale Inorganic Laboratory Safety, Economy, and Versatility. *Journal of Chemical Education* 66 (11) A263-A276.
- Thulstrup 1999. Practical Work in Science Learning – World Bank Experiences. Teoksessa Nielsen & Paulsen (ed.) *Practical Work in Science Education – the Face of Science in Schools*. Copenhagen: The Royal Danish School of Educational Studies.
- Tutkintovaatimukset 2007. Kemia-laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/opiskelu/tutkintovaatimukset.htm> (luettu 7.11.2007)
- Tynjälä 1999. *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Vosniadou 2001. Presentation at 1st National Conference on Educational Research. Budapest. <http://primus.arts.u-szeged.hu/pedkonf/letolt.html> (18.11.2007)
- Wellington 1998. *Practical work in school science – which way now?* London: Routledge.
- Wikipedia hakusanoilla “Friedrich Emich” http://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Emich (luettu 18.11.2007) ja “Fritz Pregl” http://de.wikipedia.org/wiki/Fritz_Pregl (luettu 18.11.2007)
- Wood 1990. Safety tips: Microchemistry. *Journal of Chemical Education* 67 (7) 596-597.

LIITTEET

LIITE 1: Kysymyslomake

LIITE 2: Kurssilla tehtävät laboratoriotyöt

LIITE 3: Kurssikuvaus

LIITE 4: Materiaalipankkitehtävä

LIITE 5: Työturvallisuustehtävä

LIITE 6: Työnkoontilomake

LIITE 7: Vastaukset kysymyslomakkeen kysymyksiin taulukkomuodossa

KOKEELLISUUS KOULUSSA 2006

Ole hyvä ja täytä ao. tutkimuslomake huolellisesti. Siinä tutkitaan opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta. Tutkimuksen pohjalta kehitetään kemian opettajankoulututusta.

Lisäksi tutkimus on osa Judit Csikósin gradua. Vastaa ja anna hänen valmistua! **Kiitos** ☺

I TAUSTA

1. Pääaine: kemia ____ biologia ____ fysiikka ____ matematiikka ____
jokin muu _____
2. Olen opiskellut kemiaa tähän mennessä:
0-15 ov ____, 16-35 ov ____, 36-50 ov ____, 51-70 ov ____, yli 70 ov ____
3. Olen opiskellut SOKLA:ssa /OKL:ssa kasvatustieteen opintoja
koko 35 ov ____, parhaillaan opiskelemissa kokonaisuutta _____
4. Olen suorittanut laboratoriotyökursseja kemian laitoksella ennen tätä kurssia
0 ____ 1 ____ 2 ____ 3 ____ 4 ____ 5 ____ yli 5 ____
5. Olen ohjannut koulussa kokeellisia oppilastöitä
en koskaan ____ vähän (1-10 kertaa) ____ jonkin verran (11 - 20 kertaa) ____
paljon (yli 21 kertaa) ____
6. Olen tehnyt kokeellisia oppilastöitä opiskellessani lukiossa (ks. sama asteikko kuin teht. 5)
en koskaan ____ vähän ____ jonkin verran ____ paljon ____
7. Olen tehnyt kokeellisia oppilastöitä opiskellessani peruskoulussa (sama asteikko kuin teht. 5)
en koskaan ____ vähän ____ jonkin verran ____ paljon ____
8. Kokeelliset oppilastyöt olivat minulle koulussa
ei tärkeitä ____ vähän tärkeitä ____ tärkeitä ____ hyvin tärkeitä ____
Perustelu: _____

II KOKEELLISUUDEN MERKITYS KEMIAN OPETUKSESSA

8. Kokeellisuus on minulle (tulevana) kemian opettajana
(laita tärkeysjärjestykseen 1= tärkein, 2=toiseksi tärkein...)
- a) omakohtaista toimintaa _____
 - b) laboratoriotyöskentelyä _____
 - c) demonstraatioita _____
 - d) opintokäyntejä _____
 - e) audiovisuaalisten apuvälineiden avulla tapahtuvaa toimintaa _____
 - f) kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa _____

9. Kokeelliset oppilastyöt ovat mielestäni tärkeitä kemian opetuksessa
(laita tärkeysjärjestyksessä 3 tärkeintä vaihtoehtoa siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) Kemian oppimisen vuoksi _____
- b) Taitojen oppimisen vuoksi _____
- c) Motivoinnin vuoksi _____
- d) Se tuo vaihtelua kemian tunneille _____
- e) Se kuuluu luonnollisena osana kemian opetukseen _____
- f) Se harjaannuttaa useita oppilaan persoonallisuuden osa-alueita _____
- g) Jokin muu (mikä?) _____

10. Milloin et tekisi kokeellisia oppilastöitä koulussa?
(laita tärkeysjärjestyksessä mielestäsi 3 tärkeintä syytä siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) asiayhteys ei sopiva _____ b) isot ryhmät _____ c) puutteelliset välineet _____
- d) puutteellinen tila _____ e) puutteelliset kemikaalit _____ f) huono työturvallisuus _____
- g) aikaa vähän _____ h) jokin muu (mikä?): _____

11. Miten ohjaisit oppilastöitä koulussa?
(laita tärkeysjärjestyksessä mielestäsi 3 tärkeintä tapaa siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) parityöskentelyn kautta _____ b) pienessä ryhmässä/tiimeissä _____ c) työpistetyöskentelynä (oppilaat kiertävät työpisteestä toiseen) _____
- d) yhteistoiminnallisen oppimisen kautta _____
- e) projektitöinä (laajempina tutkimuksina) _____ f) jokin muu tapa (miten?) _____

12. Hyvä kokeellinen työ on mielestäni
(laita tärkeysjärjestyksessä mielestäsi 3 tärkeintä tapaa siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) selkeä, josta tulos on selkeästi nähtävissä _____ b) oppilaita motivoiva _____
- c) yksinkertainen ja helppo toteuttaa _____ d) turvallinen toteuttaa _____
- e) sen tulee aina onnistua _____ f) sen tekeminen vie vähän aikaa _____
- g) aiheen tulee liittyä arkielämään (autenttinen) _____ h) oppilaan oma aihe _____
- i) avoin työ _____ j) kehittää oppilasta monipuolisesti _____
- k) jokin muu (millainen?) _____

13. Miten mielestäsi kokeellinen työskentely ja kemian käsitteet tulisi parhaiten opituksi?
(laita tärkeysjärjestyksessä mielestäsi 3 tärkeintä tapaa siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) ensin käsitellään teoria ja sen jälkeen työssä syvennetään teoriaan liittyvää asiaa _____
- b) teoria opiskellaan kokonaan työn avulla _____
- c) ensin työ ja sitten teoria käsitellään perusteellisesti työn jälkeen _____
- d) syklinen malli: ensin yksi työ aiheesta, sitten teoria, sitten toinen työ aiheesta jne. _____
- e) jokin muu (millainen tapa)? _____

14. Mitä ajattelet tietotekniikan käytöstä (mittausautomaatiolaitteet, Excel...) kokeellisessa työskentelyssä koulussa?

(laita tärkeysjärjestyksessä mielestäsi 3 tärkeintä asiaa siten, että 1=tärkein, 2=toiseksi tärkein...)

- a) se tukee kemian oppimista _____ b) sen kautta oppii tärkeitä taitoja _____
c) se on motivoivaa _____ d) nopeaa, säästää aikaa _____
e) monipuolinen _____ f) jotain muuta mitä? _____

LÄMMIN KIITOS!

VASTUUTYÖT

1. *Smelly balloons* (Terrific Science –mappi työ 1)
2. *Organic qualitative analysis Part 2: Functional group tests* (Szafran et al.: Microscale Chemistry for high school vol. 2 p. 35)
3. *Preparation of aspirin* (Szafran et al.: MC 2 p. 47) + Aspirin (Ken Gadd)
4. *Preparation of a polymer: Polystyrene* (Szafran et al.: MC p. 69)
5. *Neutralizing power of an antacid* (Szafran et al.: MC p. 111)
6. *What is the heat of reaction for magnesium and hydrochloric acid?* (Ehrenkranz et al.: Chemistry in Microscale book 1 p. 46)
7. *Hydrogen and oxygen – generating, collecting & testing* (Ehrenkranz et al.: CM 1 p. 34)
8. *Preparation of lead iodide and recovery of lead from the waste* (Szafran et al.: MC 2 p. 193)
9. *Isolation of caffeine* (Szafran et al.: MC 2 p. 171)
10. *Galvanic cells* (Ehrenkranz et al.: CM 1 p. 93)

MUUT TYÖT

Aksela et al.: Mikrokemiallinen laboratorio

1. Kanelialdehydin eristys kanelista (s. 40)
2. pH:n vaikutus amylaasin aktiivisuuteen (s. 104)
3. Elektrolyysitutkimus (s. 113)
4. Tekstiilianalyysi (s. 126)
5. Salapoliisityö (s. 129)
6. Muovin tunnistus (s. 131)
7. Paperianalyysi (s. 133)

8. Orgaanisten yhdisteiden tunnistus ruoka-aineista (s. 136)
9. Suolapitoisuuden määrittäminen elintarvikkeista (s. 148)
10. Hunajan happopitoisuuden määrittäminen (s. 150)

Ehrenkranz et al.: Chemistry in Microscale

11. The rainbow lab (s. 7)
12. Can you determine the mole ratio for a chemical reaction? (s. 28)
13. Metal reactivities (s. 38)
14. The acid-catalyzed iodination of acetone (s. 77)
15. Kinetic study of thiosulfate in acid (s. 83)
16. Syntheses of esters (s. 97)

Szafran et al.: Microscale Chemistry for high school

17. Organic qualitative analysis Part 1: Ignition and solubility tests (s. 21)
18. The aldol condensation (s. 59)
19. Preparation of organic-inorganic polymer: Slime (s. 79)
20. Analysis of vinegar (s. 91)
21. Indicators and pH: Use of a universal indicator (s. 101)
22. Hard water analysis (s. 215)
23. Analysis of wastewater using spot tests (s. 227)
24. Electrochemical remediation of a dye solution (s. 237)

Terrific Science

25. Feely balloons (työ 2)
26. Make your own shape shifter (työ 3)
27. Elements come to the point (työ 12)

Materiaalipankkityöt

28. Paleleeko etikka keittiössä? (5-6 lk)
29. Jipon polymeeri (5-6 lk)
30. Mikä vaikuttaa reaktionopeuteen (7 lk)
31. Palosammutin (7 lk)
32. Tislaus (7 lk)
33. Metallien reaktiokyky (8 lk)
34. Superpallo (9 lk)
35. Liuoksen valmistaminen (KE 1)
36. Erilaisia ominaisuuksia – erilaisia sidoksia (KE 2)

37. Hopean kiillotus (KE 2)
38. Kemiallisen reaktion nopeus (KE 3)
39. Sitruunapatteri (KE 4)
40. Pullonhenki (KE 4)
41. Puskurivaikutus (KE 5)

Muita töitä

42. Pullon henki
43. Päästöjen vähentäminen
44. Väriä vaihtavat ruusut
45. Hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen
46. Vihreiden lehtien pigmenttien ohutlevykromatografinen erotus
47. Happamuuden vaikutus kasvien kasvuun
48. Tutkimuksia vedestä vesianalyysisalkun avulla
49. Vihreä tehdas
50. Reduction of copper(II)oxide
51. Acid-base titration – and introduction
52. Microscale esters

KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA –KURSSI 2007 (10 op)

Päivitetty 7.2.2007

Kurssin johtaja ja vastuhenkilö Maija Aksela (maija.aksela@helsinki.fi)
Kurssiassistentti Judit Csikos (judit.csikos@helsinki.fi)

1. Kurssin tavoitteet:

- perehdytään kokeellisuuteen kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisen tukena (Huom! SOKLAssa käsitellään kokeellisuuden työtavat ja arviointi; kokeellisuuden harjoittelu sekä koululaboratorion ylläpito ovat aiheina harjoittelukouluissa)
- perehdytään kokeellisuuden toteuttamiseen puutteellisissa oloissa, koululuokassa, moderneissa oppimisympäristöissä sekä luonnossa
- opitaan suunnittelemaan ja toteuttamaan kemian oppilastöitä sekä demonstraatioita
- harjaannutaan kemian kokeellisiin töihin liittyviin taitoihin
- perehdytään työturvallisuuteen
- tutustutaan kokeellisuuden toteuttamiseen oppilaiden kanssa kemian näkökulmasta
- saadaan elämyksiä ja onnistumisen kokemuksia kokeellisuudesta kemian oppimisen tukena

2. Kurssin sisältö:

- kemian käsitteiden ja ilmiöiden opiskelu ja oppiminen kokeellisuuden avulla
- kokeellisten töiden ja demonstraatioiden suunnittelua, valmistelua, toteutusta ja raportointia
- yhden projektimaisen useita vaiheita sisältävän kokeellisen työn toteutus
- uuden kouluopetuksessa käytettävän kokeellisen työn suunnittelu ja toteutus, sekä sen esittäminen Kemian opetuksen päivillä
- materiaalipankin tekeminen kokeellisista oppilastöistä keskeisiin kemian käsitteisiin ja ilmiöihin tai teemoihin liittyen
- työturvallisuus kouluopetuksessa
- oppilasryhmän ohjaus kemian oppitunnilla koulussa ja/tai kemian laitoksella LUMA-viikolla
- tutustuminen Kemiran kemian luokkaan sekä siellä yhden kokeellisen työn suorittaminen modernia teknologiaa (UV/nestekromatografia/kaasukromatografia) käyttäen
- tutustuminen kokeellisuuteen luonnossa paikan päällä, 2 pv (maa, ilma ja vesi)
- kaksi tenttiä (yksi syksyn ja toinen kevään päätteeksi)

3. Kurssin tehtävät

Kurssin tehtävät löytyvät WebCT –alustalta tehtävät –kansioista ja ne palautetaan omaan kansioon annetun aikataulun puitteissa. **Kaikki syksyn tehtävät tulee olla palautettuna 8.12.06 mennessä. Kevään tehtävät taas 15.5.07 mennessä.**

1. Työturvallisuus –tehtävä 27.9 mennessä

2. Materiaalipankki –tehtävä 27.9 mennessä
3. Kokeellisten töiden etukäteistehtävä viimeistään työn tekemistä edeltävänä maanantai-iltaan mennessä
4. Kokeellisten töiden työselostukset kahden viikon kuluessa työn tekemisestä
5. LUMA-viikkotehtävä(t) suunniteltuna ja raportoituna 29.10 mennessä
6. Uuden kokeellisen työn suunnittelu opsin mukaisesti (28.2. mennessä, ks. ohjeet), testaus, valokuvaus ja raportointi kouluopetukseen (14.3. mennessä, ks. ohjeet) sekä työn ohjaus Kemian opetuksen päivillä 30.3.
7. Mittausautomaatiotöiden luokittelu ja analysointi kemian opetukseen. Tehtävä tehdään ennen mittautomaatiotöiden tekemistä!
8. Kahden mittausautomaatiotyön tekeminen (etukäteistehtävä ja koontilomake)
9. Kolmen demonstraation testaus ja raportointi (etukäteistehtävä ja koontilomake)
10. Projektimaisen, useita vaiheita sisältävän kokeellisen työn toteutus ja raportointi (etukäteistehtävä ja koontilomake jokaisesta työn eri vaiheesta)
11. Yhden kokeellisen työn suorittaminen modernia teknologiaa käyttäen Kemian kemian luokassa sekä raportointi (työohjeet verkossa)

4. Kurssin arviointi

Kurssi arvioidaan asteikolla 0-5. Arviointi rakentuu seuraavioista osioista: työselostukset (40 %), tehtävät (10 %), materiaalipankki (10 %) ja tentit (40 %). **Kurssin läpäisy edellyttää, että kaikki kurssin osuudet on suoritettu hyväksytysti.** Tenttikirjallisuus on kurssin WebCT-alustalla.

5. Poissaolot

Kurssilla on **läsnäoloilo**. Jokainen kantaa vastuun omasta oppimisestaan ja osallistuu aktiivisesti.

6. Kurssin alustava aikataulu (jos tulee muutoksia, niin ilmoitetaan WebCT:n kalenterissa):

Kurssikerrat	Paikka	Ohjaus (ko. teeman vastaava, kysymykset aiheesta ko. henkilölle)	Sisältö
6.9. klo 13-16.00 Johdatus kurssiin	A121	Maija Aksela, Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Johdanto kurssiin, kurssin ohjelma ja yleinen ohjeistus, kurssitehtävät, luento kokeellisuudesta ja harjoitustehtäviä (Maija)
13.9. klo 13-16.00	B143	Maija Aksela, Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tietoisku: Kokeellisuuden materiaalit (Maija) ▪ Tutustuminen materiaaleihin Kemma-resurssikeskuksessa ▪ Tiimijako ▪ Materiaalipankin tekemisen aloittaminen ja ohjaus (Judit)
20.9. klo 13-16.00	--	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materiaalipankin tekemistä omassa tiimissä ▪ Ohjausta saatavilla (Judit)
27.9. klo 13-16.00	B143	Maija Aksela	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oman materiaalipankkituotoksen esittely muille

		Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kokeellisuus kemian käsitteenmuodostuksen tukena (Maija) ▪ Ohjeistus kurssin kokeellisiin tehtäviin (Judit) ▪ Laboratorioon tutustuminen
4.10. klo 13-16.00	A121	Maija Aksela Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tietoisu mikrokemiasta ja kokeellisuudesta puutteellisissa oloissa (Maija) ▪ Mikrotöön tekeminen ▪ Oman vastuutyön suunnittelu ja valmistelu
11.10. klo 13-16.00	laboratorio	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu (etätehtävä)
18.10. klo 13-16.00	laboratorio	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu (etätehtävä) ▪ LUMA-viikon kokeellisuuden suunnittelu ja valmistelu
25.10. VÄLIVIIKKO			
1.11. klo 13-16.00	laboratorio	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ LUMA-viikon tehtävien esittely ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu (etätehtävä)
8.11. klo 13-16.00 LUMA- VIIKKO	koulu tai kemian laitos	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oppilasryhmien ohjausta
15.11. klo 13-16.00	laboratorio	Maija Aksela, Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LUMA-viikon kokemusten koonti (Maija) ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu
22.11. klo 13-16.00	laboratorio	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu
29.11. klo 13-16.00	laboratorio	Judit Csikos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurssin kokeellisten tehtävien valmistelua ja tekemistä ▪ Seuraavan kokeellisen työn valmistelu
6.12. Itsenäisyyspäivä			
13.12. klo 13-16.00	B143		TENTTI

KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA 2006

Materiaalipankki –tehtävä (tehdään tiimeissä)

1. Kartoittakaa kaikki omaan kurssiinne liittyvät kokeelliset työt ja tehkää niiden pohjalta seuraavanlainen taulukko (vähintään 10, enintään 50 työtä):

Käsiteltävä ilmiö	Työn nimi	Työn tavoite	Lähde (kirjan nimi, vuosiluku ja sivu tai www-sivu)	Oma kommentti työstä

Käyttäkää kaikkea saatavilla olevaa materiaalia, esim.

- oppikirjat (Minerva tai Kemma)
- Kemma-ssa olevat kokeellisuutta käsittelevät kirjat
- internet
- opettajan oppaat

2. Valitkaa kolme keskeistä työtä ja kirjoittakaa niistä kemian ymmärtämistä tukeva työselustus, jossa on ainakin seuraavat osat:

- ◆ työn nimi
- ◆ ymmärtämistä pohjustava etukäteistehtävä oppilaille
- ◆ työn tavoite
- ◆ työturvallisuusnäkökulma
- ◆ työn toteutus
- ◆ ymmärtämistä tukeva koontitehtävä oppilaille

3. Lisätäkää tehtävään tiiminne jäsenten nimet ja palauttakaa se **kaikille yhteiseen** WebCT-kansioon kurssinne nimellä (esim. 7.lk. kemia tai Lukion 1. kurssi) 27.9. mennessä.

KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA 2006

Työturvallisuus –tehtävä (tehdään yksin)

Seuraavat kysymykset pohjautuvat MAOL:n työturvallisuusohjeeseen *Turvallinen työskentely koululaboratoriossa* (<http://www.mfka.fi/index.php?id=163> tai WebCT). Vastaa niihin ja palauta vastauksesi omaan WebCT-kansioosi 27.9. mennessä.

1. Mitkä ovat opettajan vastualueet koulun laboratoriotyöskentelyssä?
2. Miten laboratoriossa tuulee työskennellä turvallisesti? Luettele kolme ”pakollista” ja kolme ”kiellettyä” seikkaa.
3. Laboratoriossa syntyy jätteenä etanolia, bentseeniä, dietyylieetteriä, formaldehydiä, heptaania ja trikloorieteeniä. Mitkä näistä voit laittaa samaan jäteastiaan?

TYÖNKOONTILOMAKE

1. Työn nimi ja lähde:
2. Työn tavoitteet :
 - a) tiedolliset (minkä käsitteiden/ilmiöiden havainnollistamiseen?)
 - b) taidolliset
 - c) motivaatio
 - d) muut
3. Työn paikka opetussuunnitelmassa (milloin? missä? miten?)
4. Työn keskeiset tulokset ja johtopäätökset:
5. Omat kommentit, havainnot, muutosehdotukset työohjeeseen

TENTTI KOKEELLISUUS KEMIAN OPETUKSESSA –KURSSISTA

Ole hyvä ja vastaa seuraavaan kuuteen kysymykseen. Kaikki tehtävät ovat kuuden pisteen arvoisia (maksimipistemäärä 30 p). Tentistä tulee saada vähintään 15 pistettä, jotta tentti on hyväksytysti suoritettu. Antoisaa tenttiopiskelua!

3. Oma vastuutyö.

- a) Kuvaile oman vastuutyön kemiallinen selitys.
- b) Minkälaisia asioita tulee huomioida työn toteutuksessa, jotta se tukisi kemian ymmärtämistä ja korkeamman tason ajattelutaitoja?

Uusintatenttimahdollisuus on 18.12. Tämän tentin tarkat tulokset tulevat vasta tammikuun alkupuolella 2007. Tarvittaessa kysy tilannettasi ennen uusintatenttiä.

KYSYMYSLOMAKKEEN TULOKSET TAULUKKOMUODOSSA

Allaolevissa taulukoissa on esitetty prosentteina, kuinka suuri osa vastaajista on laittanut kyseisen vaihtoehdon (a, b, c, jne. pystysuoraan) tietyille tärkeyssijalle (1, 2, 3, jne. vaakasuoraan). Tärkeyssijat ovat 1 = tärkein, 2 = toiseksi tärkein, jne. Roomalaisella ykkösellä (I) merkitty taulukko (ylempi tai vasemmanpuoleinen) kuvaa vastauksia ensimmäiseen kysymyslomakkeessa, roomalaisella kakkosella (II) merkitty taulukko (alempi tai oikeanpuoleinen) kuvaa taas tilannetta toisessa kysymyslomakkeessa. Sanalliset vastauksen kysymyslomakkeen kysymyksiin löytyvät Liitteestä XY.

I.9	1	2	3	4	5	6
a	42	16	26	11	5	0
b	21	53	11	11	0	5
c	26	26	16	11	21	0
d	0	0	11	16	26	47
e	5	5	21	21	26	11
f	0	5	16	32	16	26
II.9	1	2	3	4	5	6
a	53	18	12	0	0	6
b	41	47	12	0	0	0
c	12	29	47	12	0	0
d	0	0	6	24	29	29
e	0	0	18	29	29	6
f	0	0	12	18	18	29

Taulukko 1. Vastaukset prosentteina kysymykseen 9
Kokeellisuus on minulle (tulevana) kemian opettajana
 a) omakohtaista toimintaa
 b) laboratoriotyöskentelyä
 c) demonstraatioita
 d) opintokäyntejä
 e) audiovisuaalisten apuvälineiden avulla tapahtuvaa toimintaa
 f) kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa

I.10	1	2	3	II.10	1	2	3
a	37	26	26	a	47	35	6
b	11	0	21	b	6	35	12
c	5	32	32	c	18	6	65
d	5	5	5	d	0	6	0
e	42	32	16	e	35	18	12
f	0	5	0	f	0	0	6

Taulukko 2. Vastaukset prosentteina kysymykseen 10
Kokeelliset oppilastyöt ovat mielestäni tärkeitä kemian opetuksessa
a) Kemian oppimisen vuoksi
b) Taitojen oppimisen vuoksi
c) Motivoinnin vuoksi
d) Se tuo vaihtelua kemian tunneille
e) Se kuuluu luonnollisena osana kemian opetukseen
f) Se harjaannuttaa useita oppilaan persoonallisuuden osa-alueita
g) Jokin muu (mikä?)

I.11	1	2	3	II.11	1	2	3
a	26	53	5	a	29	65	6
b	5	11	11	b	0	0	18
c	0	5	16	c	0	0	0
d	0	11	11	d	0	0	0
e	0	0	16	e	0	0	0
f	68	16	11	f	71	24	0
g	0	5	32	g	0	12	65

Taulukko 3. Vastaukset prosentteina kysymykseen 11
Milloin et tekisi kokeellisia oppilastöitä koulussa?
a) asiayhteys ei sopiva
b) isot ryhmät
c) puutteelliset välineet
d) puutteellinen tila
e) puutteelliset kemikaalit
f) huono työturvallisuus
g) aikaa vähän
h) jokin muu, mikä?

I.12	1	2	3	II.12	1	2	3
a	47	11	5	a	29	29	12
b	21	32	5	b	47	18	24
c	21	26	26	c	6	24	29
d	11	11	37	d	18	24	12
e	0	21	21	e	0	6	24

Taulukko 4. Vastaukset prosentteina kysymykseen 12

Miten ohjaisit oppilastöitä koulussa?

- a) parityöskentelyn kautta
- b) pienissä ryhmissä/tiimeissä
- c) työpistetyöskentelynä (oppilaat kiertävät työpisteestä toiseen)
- d) yhteistoiminnallisen oppimisen kautta
- e) projektitöinä (laajempina tutkimuksina)
- f) jokin muu tapa (miten?)

I.14	1	2	3	II.14	1	2	3
a	32	32	26	a	35	41	12
b	5	16	21	b	0	12	12
c	5	32	21	c	18	12	47
d	53	16	16	d	41	29	24

Taulukko 5. Vastaukset prosentteina kysymykseen 14

Miten mielestäsi kokeellinen työskentely ja kemian käsitteet tulisi parhaiten opituksi?

- a) ensin käsitellään teoria ja sen jälkeen työssä syvennetään teoriaan liittyvää asiaa
- b) teoria opiskellaan kokonaan työn avulla
- c) ensin työ ja sitten teoria käsitellään perusteellisesti työn jälkeen
- d) syklinen malli: ensin yksi työ aiheesta, sitten teoria, sitten toinen työ aiheesta jne.
- e) jokin muu (millainen tapa)?

I.13	1	2	3	II.13	1	2	3
a	37	21	5	a	24	29	24
b	21	21	37	b	6	35	24
c	5	11	11	c	0	0	12
d	32	21	21	d	53	6	24
e	0	5	0	e	0	0	0
f	0	0	0	f	0	0	0
g	0	11	5	g	12	0	18
h	0	5	5	h	0	0	0
i	0	0	0	i	0	0	0
j	5	21	5	j	6	24	6

Taulukko 6. Vastaukset prosentteina kysymykseen 13

Hyvä kokeellinen työ on mielestäni

- a) selkeä, josta tulos on selkeästi nähtävissä
- b) oppilaita motivoiva
- c) yksinkertainen ja helppo toteuttaa
- d) turvallinen toteuttaa
- e) sen tulee aina onnistua
- f) sen tekeminen vie vähän aikaa
- g) aiheen tulee liittyä arkielämään (autenttinen)
- h) oppilaan oma aihe
- i) avoin työ
- j) kehittää oppilasta monipuolisesti
- k) jokin muu (millainen?)

I.15	1	2	3	II.15	1	2	3
a	37	37	11	a	41	29	12
b	5	16	16	b	18	12	35
c	16	16	11	c	6	24	12
d	16	0	5	d	12	12	6
e	21	11	32	e	0	18	29

Taulukko 7. Vastaukset prosentteina kysymykseen 15

Mitä ajattelet tietotekniikan käytöstä (mittausautomaatiolaitteet, Excel...) kokeellisessa työskentelyssä koulussa?

- a) se tukee kemian oppimista
- b) sen kautta oppii tärkeitä taitoja
- c) se on motivoivaa
- d) nopeaa, säästää aikaa
- e) monipuolinen
- f) jotain muuta mitä?