

Kokeelliset opetusmenetelmät yläkoulun kemian opetuksessa opettajan näkökulmasta

Pro gradu – tutkielma

Erikoistyö

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

Opettajankoulutus

2.3.2012

Juhana Annala

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin yläkoulujen kemian opettajien kokeellisten opetusmenetelmien käyttämistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella kriittisesti yläkoulujen kemian opettajien kokeellisen opettamisen valmiuksia sekä kokeellisen opetuksen toteuttamista. Tarkemmin haluttiin selvittää, millä eri tavoilla opettajat opettavat kokeellisesti. Lisäksi haluttiin saada selville, miten opettajat soveltavat kokeellisuuteen perustuvia oppimismenetelmiä opetuksessaan. Tarkoituksena oli myös selvittää valtakunnallisen opetussuunnitelman vaikutusta opettajien käyttämiin kokeellisiin työtapoihin.

Tutkimuksen kokeellinen osa toteutettiin kyselytutkimuksena. Kysely lähetettiin muutamalle sadalle kemian opettajalle MAOL:n paikalliskerhojen sähköpostilistojen avulla. Internet-pohjaiseen kyselylomakkeeseen vastasi 61 kemian opettajaa. Kyselyyn saatiin monipuolisesti vastauksia kaiken ikäisiltä sekä eripituisten työurien omaavilta opettajilta.

Tutkimuksen mukaan opettajat käyttävät pääsääntöisesti demonstraatioita ja oppilastöitä kokeellisessa opetuksessaan. Muiden kokeellisten opetusmenetelmien käyttäminen on suhteellisen vähäistä verrattuna niistä saataviin tutkittuihin hyötyihin. Tutkimuksen mukaan opettajat teettävät kokeellisia töitä, koska tällöin oppilaat ymmärtävät luonnontieteellisiä käsitteitä ja periaatteita sekä motivoituvat oppimaan. Suurimmalle osalle opettajista valtakunnallinen opetussuunnitelma vaikuttaa käytettäviin opetusmenetelmiin. Useimmiten opettajat kokevat erilaiset ajankäytölliset haasteet, resurssien vähyyden, oppilasaineksen tai työohjeiden puutteen esteeksi opettaa joillakin kokeellisilla opetusmenetelmillä. Lisäksi opettajien urautuminen sekä opettajien heikko tietotaso monipuolisista kokeellisista opetusmenetelmistä on näiden opetusmenetelmien opettamisen haasteina.

Tulosten ja havaintojen pohjalta tehtiin ehdotuksia Suomen yläkoulujen kemian opetuksen parantamiseksi. Opettajat tulisi saada useammin ja helpommin täydennyskoulutuksiin, joissa he voisivat oppia opettamaan monipuolisilla kokeellisilla opetusmenetelmillä. Lisäksi kouluilla tulisi olla enemmän resursseja, jotta monipuolista kokeellista opetusta olisi mahdollista toteuttaa sekä opettajien täydennyskouluttaminen olisi helpompaa.

Esipuhe

Tämä pro gradu -tutkielma ja erikoistyö tehtiin Jyväskylän yliopiston Kemian laitokselle. Valitsin pro gradu -tutkielmani aiheen keväällä 2011. Varsinaisen tutkimustyön aloitin loppukesästä 2011. Tutkimusmateriaalin keräämisen ja kirjoittamisvaiheen jälkeen sain tutkielmani valmiiksi maaliskuussa 2012.

Tutkielmani ohjaajana toimi yliassistentti Jouni Välisaari. Haluan kiittää häntä saamastani rakentavasta palautteesta ja erittäin johdonmukaisesta ohjauksesta. Kiitän myös tutkielmani suunnitteluvaiheessa auttanutta professori Jan Lundellia oivaltavista ideoista ja neuvoista.

Kiitos kaikille opettajille, jotka osallistuivat tutkimusmateriaalin kokoamiseen. Kiitän myös Johannaa gradutäyteisten asioiden kuuntelemisesta sekä jatkuvasta tuesta ja kannustuksesta.

Jyväskylässä 2.3.2012

Juhana Annala

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	i
Esipuhe	ii
Sisällysluettelo	iii
1. Johdanto	1
2 Kokeellisuus suomalaisissa yläkouluissa	2
2.1 Kokeellisuus valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa.....	2
2.2 Kokeellisuus yläkoulun kemian opetuksessa	4
2.3 Suomalaisten yläkoulujen kokeellinen opetus kansainvälisessä vertailussa.....	6
3 Kokeellinen kemian opetus oppilaan näkökulmasta	7
3.1 Kokeellisuuden määritelmä ja tavoitteet	8
3.2 Kokeellisuuden hyödyt oppilaalle.....	9
3.2.1 Kognitiivinen hyöty	10
3.2.2 Motivaation ja asenteiden muuttuminen	12
3.2.3 Persoonallisuuden kehittyminen	13
3.3 Oppilaiden työturvallisuus kokeellisessa opetuksessa	15
4 Opettajan näkökulma kokeelliseen työskentelyyn	16
4.1 Opettajan rooli kokeellisessa opetuksessa	16
4.2 Kokeellinen oppimisympäristö	18
4.3 Pedagoginen sisältötieto	20
4.4 Haasteet kokeellisessa opetuksessa.....	22
5 Kokeellinen opettaminen erilaisia menetelmiä käyttäen	24
5.1 Demonstraatio	24
5.1.1 Hiljainen demonstraatio	27
5.1.2 Demonstraation arvioiminen	28
5.2 Oppilastyö	29
5.3 Tutkimuslähtöinen laboratoriotyö.....	31
5.3.1 Tutkimuksen avoimuus	32
5.3.2 Ohjattu tutkimus.....	34
5.3.3 Yhteisön tekemä tutkimus	35
5.3.4 Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus	37
5.4 Ongelmalähtöinen opetus.....	39
5.5 Yhteistoiminnallinen opetus.....	40

5.6 Luonnossa tehtävä kokeellinen työ	42
5.7 Mikrokimia	43
5.8 Virtuaalilaboratorio	44
5.9 Mittausautomaatio	46
6 Yhteenveto kirjallisesta osasta	48
7 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	50
8 Tutkimusmenetelmä	50
9 Tutkimustulokset	52
9.1 Opettajien taustatiedot kyselytutkimuksessa.....	52
9.2 Yläkoulussa käytettävät erilaiset kokeelliset opetusmenetelmät	55
9.3 Kokeellisten opetusmenetelmien hyödyt	57
9.4 Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet.....	59
9.5 Opetussuunnitelman vaikutus käytettyihin opetusmenetelmiin.....	62
9.6 Koulun sekä kollegoiden vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin	64
9.7 Opettajien valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen.....	68
9.8 Täydennyskoulutus	70
9.9 Oppilastuntemuksen vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin	73
9.10 Työturvallisuuden vaikutus kokeellisen kemian opettamiseen	74
10 Yhteenveto tutkimuksesta	76
11 Johtopäätökset ja pohdinta	78
11.1 Opettajien käyttämät kokeelliset opetusmenetelmät	78
11.2 Opettajien kokemat haasteet kokeellisessa opetuksessa	80
11.3 Opetussuunnitelman vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin	81
11.4 Tutkimuksen luotettavuus	82
11.5 Tutkimuksen merkitys.....	82
12 Lähteet.....	84

1. Johdanto

Kokeellista työskentelyä kouluopetuksessa on tutkittu jo muutaman vuosikymmenen ajan. Näissä tutkimuksissa todetaan kokeellisuuden kehittävän muun muassa oppilaiden luonnontieteellistä ajattelua, sosiaalisia taitoja sekä motivaatiota kemiaa kohtaan.¹⁻³ Kokeellisuuden tulee siis kuulua olennaisesti yläkoulun kemian opetukseen näihin tutkimustuloksiin perustuen. Lisäksi valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa kokeellisuus mainitaan keskeisenä sisältönä sekä merkittävänä lähestymis- ja työtapana käsitellä opetettavia sisältöjä.⁴

Kokeellisuutta voidaan opettaa monella eri menetelmällä. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi demonstraatio, oppilastyö, avoin tutkimus sekä virtuaalilaboratorio. Monipuolinen ja rikas oppimisympäristö ohjaa oppilaita kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen.⁵ Tällaisen oppimisympäristön luominen vaatii koululta resursseja sekä opettajalta taitoa ja motivaatiota opettaa.⁶

Tässä tutkimuksessa selvitettiin yläkoulujen opettajien tottumuksia opettaa kemiaa erilaisten kokeellisten menetelmien avulla. Tutkimuksessa tuli selville, että vain harvat opettajat opettavat monipuolisesti kokeellisuuteen perustuvilla oppimismenetelmillä. Tutkimuksessa selvitettiin syitä tähän, sillä kansainvälisten tutkimustulosten mukaan kemiaa tulisi opettaa monipuolisia kokeellisia menetelmiä käyttäen.⁷ Tällaisia syitä olivat esimerkiksi erilaiset ajankäytölliset haasteet, resurssien puute sekä opettajien heikko tietotaso erilaisista kokeellisista menetelmistä. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin valtakunnallisen opetussuunnitelman vaikutusta kemian opettamiseen erilaisilla kokeellisilla menetelmillä.

2 Kokeellisuus suomalaisissa yläkouluissa

Kemian opetus perustuu Suomessa valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan, jossa painotetaan kokeellista lähestymistapaa.⁴ Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana opettajat ovat ymmärtäneet kokeellisen kemian opetuksen tärkeyden ja lisänneet kokeellista lähestymistapaa opetukseen.⁸⁻⁹ Suomi on menestynyt hyvin eri maiden välisissä oppimistulosvertailussa.¹⁰

Kemian opettaminen omana aineenaan aloitetaan yläkoulussa. Alakoulussa kemia ja fysiikka ovat vielä nidottuna yhteen. Kemian opettajien tulee yläkoulussa edesauttaa oppilaiden luonnontieteellisen ajattelun kasvua.⁴ Joidenkin oppilaiden kohdalla opettajan tulee aloittaa tämä prosessi jopa aivan alusta.

Kokeellisuuden käyttäminen opetuksessa on määrätty Suomen laissa, jonka mukaan demonstraatioiden valmistelutunnit ovat oppitunnin pitämiseen liittyvä osa.¹¹ Ne eivät ole harkinnanvaraisia tehtäviä. Kemian ja fysiikan opettajat saavat palkkauksessa 20 prosentin niin sanotun demonstraatiolisän. Opettajalle maksetaan jokaisesta kemian ja fysiikan oppitunnista 1,2-kertainen palkka, sillä demonstraatioiden valmistelemiseen katsotaan kuluvan ylimääräistä työaika. Luonnontieteiden opettajat saavat siis yhden ylimääräisen tunnin palkan jokaista viittä kemian ja fysiikan opettamaansa tuntia kohden.

Kouluille annetaan valtakunnallinen opetussuunnitelma, jonka mukaan paikallinen opetussuunnitelma laaditaan. Opettajien tulee noudattaa näitä opetussuunnitelmia. Opetussuunnitelman tulisi siis sanella melko paljon kokeellisen kemian opetuksen tilaa Suomen yläkouluissa.⁴ Seuraavassa luvussa tarkastellaan uusinta valtakunnallista opetussuunnitelmaa vuodelta 2004 kokeellisuuden kannalta.

2.1 Kokeellisuus valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa

Opetussuunnitelmassa on useita mainintoja kokeellisesta opetuksesta.⁴ Siellä mainitaan kemian opetuksen tehtäväksi ”laajentaa oppilaan tietämystä kemiasta ja kemiallisen tiedon luonteesta sekä ohjata luonnontieteille ominaiseen ajatteluun”. Myöhemmässä luvussa (ks. luku 3.2) huomataan kokeellisen kemian opetuksen antavan oppilaille

tämän kaltaisia valmiuksia. Opetussuunnitelmassakin tämä on nostettu esille: ”Kokeellisuuden tulee auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja.”

Opetussuunnitelmasta voidaan selvästi huomata, että kemian opettajien tulee harjoittaa kokeellista lähestymistapaa yläkouluissa.⁴ Opetussuunnitelmassa asia mainitaan seuraavasti: ”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.”

Kokeellisesti opetettaessa oppilas hyötyy monella eri tavalla.¹² Nämä hyödyt on opetussuunnitelmassa otettu hyvin huomioon.⁴ Opetussuunnitelmassa mainitaan, että kokeellisuuden tulee ”kehittää käden taitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun”. Lisäksi ympäristöarvoja tulee opettaa oppilaille sekä ohjata heitä ottamaan vastuuta ympäristöstään.

Valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa mainitaan tavoitteita, jotka tukevat kokeellisen opetuksen harjoittamista.⁴ Tällaisia tavoitteita ovat:

- Oppilas oppii työskentelemään turvallisesti ja ohjeita noudattaen
- Oppilas oppii käyttämään luonnontieteellisen tiedonhankinnan kannalta tyypillisiä tutkimusmenetelmiä, myös tieto- ja viestintätekniikkaa, sekä arvioimaan tiedon luotettavuutta ja merkitystä
- Oppilas oppii tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen sekä tulkitsemaan ja esittämään tuloksia
- Oppilas oppii tuntemaan kemian ilmiöiden ja sovellusten merkityksen sekä ihmiselle että yhteiskunnalle
- Oppilas oppii soveltamaan omia tietojaan käytännön tilanteissa ja valinnoissa.

Opetussuunnitelman keskeisiä sisältöjä tarkastelemalla huomataan kokeellisen lähestymistavan sopivan monen sisällön opettamiseen sekä oppilaiden ymmärryksen tukemiseen.⁴ Tällaisia sisältöjä ovat varsinkin:

- Aineiden paloherkkyys ja palamisreaktio
- Vesi ja veden ominaisuudet, kuten happamuus ja emäksisyys
- Sähkökemialliset ilmiöt, sähköpari, elektrolyysi ja niiden sovellukset

- Orgaanisten yhdisteiden hapettumisreaktiot ja reaktiotuotteet, kuten alkoholit ja karboksyylihapot sekä niiden ominaisuudet ja käyttö.

Nykyinen opetussuunnitelma on tehty vuonna 2004 ja tätä edellinen opetussuunnitelma vuonna 1994. On hyvä verrata ja tutkia, miten opetussuunnitelma on kehittynyt kokeellisuuden näkökulmasta kymmenessä vuodessa. Vuoden 1994 opetussuunnitelmassa kokeellisuus mainitaan vain yhtenä opetuksen sisältönä sekä opetuksen lähestymistavan sanotaan olevan kokeellinen.¹³ Uusimmassa opetussuunnitelmassa kokeellisuutta pidetään taas kemian opetuksen lähtökohtana.⁴ Lisäksi vuoden 1994 opetussuunnitelmassa korostetaan kokeellisen työskentelyn laatua ja sen tavoitteena on tukea tiedon luomisen ja sisäistämisen prosesseja.¹³

2.2 Kokeellisuus yläkoulun kemian opetuksessa

Suomen yläkouluissa tulisi noudattaa valtakunnallista sekä paikallista opetussuunnitelmaa. Aksela ja Karjalainen ovat tutkineet vuonna 2008, miten kemian opettajat opettavat yläkoulussa.⁸ Tästä tutkimuksesta voidaan tehdä johtopäätöksiä kemian opetuksen laadusta. Vuonna 1999 Aksela ja Juvonen tekivät samanlaisen tutkimuksen.⁹ Näitä tutkimuksia vertailtaessa voidaan havainnoida kokeellisen opetuksen kehittymistä Suomessa.

Yläkoulun opettajista teetti vuonna 1999 38 % yli kuusi oppilastyötä kurssin aikana.⁹ Tämä sama lukema vuonna 2008 oli 88 %.⁸ Yläkoulun kemian opettajat ovat siis ymmärtäneet kokeellisen kemian opetuksen tärkeyden lisäämällä tehtäviä oppilastyöitä huomattavasti heidän opetuksiinsa. Työskentelytavoissa ei kuitenkaan ollut merkittävää eroa näissä tutkimuksissa.⁸⁻⁹ Pari- ja ryhmätyöskentelyt ovat pysyneet opettajien suosiossa, vaikkakin luokan puolittamisen suosio oppilastyöissä on hieman kasvanut. Uutena työskentelytapana on tullut laboratorioluokan käyttäminen.⁸

Vuoden 2008 tutkimuksessa kemian opettajien mielestä tärkein perustelu kokeelliseen työskentelyyn oli kemian oppiminen (36 prosenttia vastanneista).⁸ Sen jälkeen tulivat teoriayhteys (16 %), havainnollistavuus (12 %), motivointi (9 %) sekä taitojen oppiminen (6 %). Vuonna 1999 opettajien mielestä tärkeimmät perustelut kokeelliseen työskentelyyn olivat motivointi (40 %) sekä kemian oppiminen (29 %).⁹ Vastauksia

saivat myös olennainen osa kemian opetusta (10 %), taitojen oppiminen (6 %) sekä vaihtelu (3 %). Kymmenen vuoden aikana oppilaiden motivoimisen suosio kokeellisen työskentelyn perusteluna on laskenut 31 prosenttiyksikköä. Tämä suunta on hyvä, sillä aiheesta tehdyt tutkimukset tukevat kemian ymmärtämisen tärkeyttä kokeellisessa kemian opetuksessa (ks. luku 3).

Jotkut opettajat eivät käyttäneet kummassakaan tutkimuksessa oppilastoita opetuksessaan.⁸⁻⁹ Syitä siihen olivat aikapula, resurssien puute, ryhmäkoko ja luokkien ahtaus. Opettajien mukaan työt veisivät myös liian suuren ajan kurssista.

Kemian opettajien mielestä hyvä kokeellinen työ tukee kemian teorian oppimista sekä on selkeä.⁸⁻⁹ Hyvässä työssä havainnot ovat selvästi nähtävissä sekä työn tulee olla oppilaita motivoiva. Lisäksi hyvä kokeellinen työ on käytännössä yksinkertainen, helppo, turvallinen, sen tulee onnistua aina sekä viedä vähän aikaa. Aiheen tulee olla mieluiten arkielämästä. Hyvän kokeellisen työn määritelmässä ei ollut merkittäviä eroja eri vuosien tutkimuksissa.

Mittausautomaatioiden hyödyntäminen kokeellisessa opetuksessa on opettajille kohtalaisen vierasta. Molemmissa tutkimuksissa saatiin samankaltaisia tuloksia: reilusti yli puolet opettajista ei käytä mittausautomaatioita opetuksessaan.⁸⁻⁹ Tähän ovat syynä laitteiden, välineiden ja resurssien puuttuminen sekä opettajien heikko tieto- ja taitotaso käyttää laitteita. Kymmenesosan mielestä opetus on parempaa ilman tällaisia laitteita. Iso osa opettajista haluaisi oppia käyttämään mittausautomaatioita. Opettajien mielestä mittausautomaatioita käytetään, koska tuloksia on helppo käsitellä sekä graafiset esitykset ovat selkeitä ja havainnollisia.

Akselan ja Karjalaisen tutkimuksessa tehdään johtopäätöksiä Suomen kemian opetuksesta ja kemian opettajista.⁸ Ensinnäkin kokeellisuutta harrastetaan lähes kaikissa kouluissa, eikä pelkästään kokeellisilla työkurseilla. Tämä on hyvä asia, sillä opetussuunnitelmassa sanotaan, että kokeellisuuden tulee olla lähestymistapa kemian opetukseen.⁴ Tutkimuksen mukaan kemian opettajat ovat sisäistäneet kokeellisuuden merkityksen. Lisäksi työtavat ovat opetussuunnitelman mukaisesti melko monipuolisia.⁸ Kemian opettajien tulee tutkimuksen mukaan suunnitella ja kokeilla tehtävä oppilastyö tai demonstraatio etukäteen.⁸ Tällöin töiden tekeminen on luontevampaa ja tukee kemian oppimista paremmin. Lisäksi opettajakaan ei ole epävarma tekemisistään työn

aikana. Kemian opettajilla todetaan olevan liian vähän aikaa tulosten pohdintaan ja työselostuksiin. Pohdinnan merkitystä työn aikana sekä sen jälkeen painotetaan täydennyskoulutuksessa. Opettajien mielestä töiden tulee olla onnistuneita, vaikka epäonnistuneestakin työstä oppilaat oppivat. Töiden epäonnistuminen kehittää oppilaiden kriittistä ajattelua.

Opettajien mielestä kemian opetukseen tulisi edelleen lisätä kokeellisuutta.⁸ Tämä on opettajien yleisin kehittämisajatus. Resurssien puute on kuitenkin ongelmana lisättäessä kokeellisuutta entisestään. Akselan ja Karjalaisen mukaan resursseja voidaan korvata kekseliäisyydellä. Heidän mukaansa kokeellisuuden lisääminen opetuksessa on paljon opettajista itsestään kiinni, ei suinkaan resursseista.

2.3 Suomalaisen yläkoulujen kokeellinen opetus kansainvälisessä vertailussa

Kokeellinen opettaminen on yleistynyt Suomessa.⁸ Eri maita vertailtaessa keskenään, huomataan Suomen saaneen parhaat pisteet matemaattis-luonnontieteiden alalla vuoden 2006 PISA-tutkimuksessa.¹⁰ Tämän tutkimuksen sisällöllinen painopistealue oli nimenomaan luonnontieteissä. Uusimmassa PISA-tutkimuksessa (vuonna 2009) Suomi sai toiseksi parhaat pisteet luonnontieteiden osa-alueesta.¹⁴ PISA-tutkimuksessa tutkitaan oppilaita ympäri maailman 55:ssä eri maassa samalla kokeella. Tämän jälkeen oppimistuloksia voidaan vertailla eri maiden kesken.

Pääsyinä Suomen hyvään PISA-menestykseen luonnontieteissä pidetään korkeatasoista opettajankoulutusta, yleistä toimintatapaa opettaa sekä kokeellisesti että teoreettisesti, valtakunnallista opetussuunnitelmaa sekä sen toteuttamista luokkahuoneissa.¹⁵ Suomalaisen oppilaiden mielestä kokeellista lähestymistapaa käytetään melkein jokaisella tunnilla.¹⁰ Lisäksi opettajat näyttävät oppilaiden mielestä paljon demonstraatioita. Oppilaita miellyttävät erityisesti demonstraatioiden ja oppilastöiden runsas lukumäärä sekä opettajan antama mahdollisuus johtopäätöksien tekoon töiden jälkeen.¹⁶

Suomen koulut ovat erittäin heterogeenisiä, eikä Suomessa vertailla juurikaan yläkoulujen paremmuutta.¹⁷ Tästä saattaa johtua kemian luokissa vallitseva kannustava

ilmapiiri sekä oppilaiden itsetunnon kasvaminen. Myös heikommat oppilaat ottavat mallia paremmista oppilaista. Lisäksi luokkakoot ovat Suomessa pienempiä ja heterogeenisempia muihin maihin verrattaessa. Tämä edesauttaa opettajia antamaan oppilaille henkilökohtaista palautetta sekä rohkaisemaan heitä.

Kun Suomen opetusmenetelmiä verrataan muihin PISA-tutkimuksen maihin, huomataan sekä samankaltaisuuksia että poikkeavuuksia.¹⁶ Kaikissa tutkituissa maissa tehdään huomattava määrä oppilastöitä seuraamalla opettajan sanallisia ohjeita tai opettajan valitsemaa kirjallista työhjetta. Lisäksi oppilaille annetaan mahdollisuus tehdä johtopäätöksiä tehdystä kokeesta sekä selittää ideoita ja ajatuksia tehdystä työstä.

Suomessa tehdään opettajajohtoisia demonstraatiota vähemmän ja oppilastöitä enemmän kuin yleisesti muissa tutkituissa maissa.¹⁶ Tutkimuksien suunnitteleminen ja tekeminen on vähäisempää Suomessa kuin muualla. Oppilaatkaan eivät ole kiinnostuneita tutkimaan, vaan haluavat toimia johdetusti. Tämä tukee tutkimustuloksia, joiden mukaan yleisin pedagoginen lähestymistapa Suomen yläkouluissa on opettajajohtoinen ohjeistus, jonka jälkeen tehdään oppilastyö opettajan tukemana.¹⁸ Lopuksi opettaja esittää kysymyksiä tehtyyn työhön liittyen.

Tutkimuksen mukaan esimerkiksi Yhdysvalloissa kokeellisen kemian opetus on paljon huonommassa tilassa kuin Suomessa.¹⁹ Yhdysvalloissa oppilaiden laboratoriokokemus on vähäistä, sillä perusopetuksessa ei juurikaan käytetä kokeellista lähestymistapaa. Ongelmana on myös välineiden puuttuminen. Monissa kouluissa ei ole esimerkiksi laboratoriovälineitä, pöytiä, vesipisteitä tai laboratorioluokkia. Laboratoriosta voi löytyä vain yksi työturvallisuusväline, esimerkiksi jauhesammutin. Opettajat itse sanovat, että heillä ei ole valmiuksia opettaa kokeellista kemiaa niin hyvin kuin he haluaisivat. He eivät esimerkiksi tiedä, miten kehittää oppilaiden ajattelua ja loogista päättelyä laboratoriotöiden avulla.

3 Kokeellinen kemian opetus oppilaan näkökulmasta

Kokeellista lähestymistapaa kemian opetuksessa on tutkittu paljon.^{1-3,7} Tutkimuksissa on todettu kokeellisuuden olevan tärkeässä asemassa kemian opetuksessa. Näissä tutkimuksissa on havaittu kokeellisuuden kehittävän oppilaiden monia eri osa-alueita.

Kokeellisessa opetuksessa on myös joitain huonoja puolia. Näitä hyötyjä ja haittoja avataan seuraavissa luvuissa oppilaan näkökulmasta. Aluksi kuitenkin määritellään kokeellinen opetus.

3.1 Kokeellisuuden määritelmä ja tavoitteet

Kokeellisuutta on määritelty monella eri tavoilla ja sanoilla. Lavosen ja Meisalon määrittelevät sen seuraavasti: ”Kokeellisuus on perinteisesti demonstraatioita ja oppilastöitä tai työskentelyä laajempien projektien parissa.”¹² Kokeellisuus voidaan määrittää myös laajemmin. ”Se voi olla omakohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita, opintokäyntejä ja audiovisuaalisten apuvälineiden tai kerronnan avulla tapahtuvaa toimintaa.”

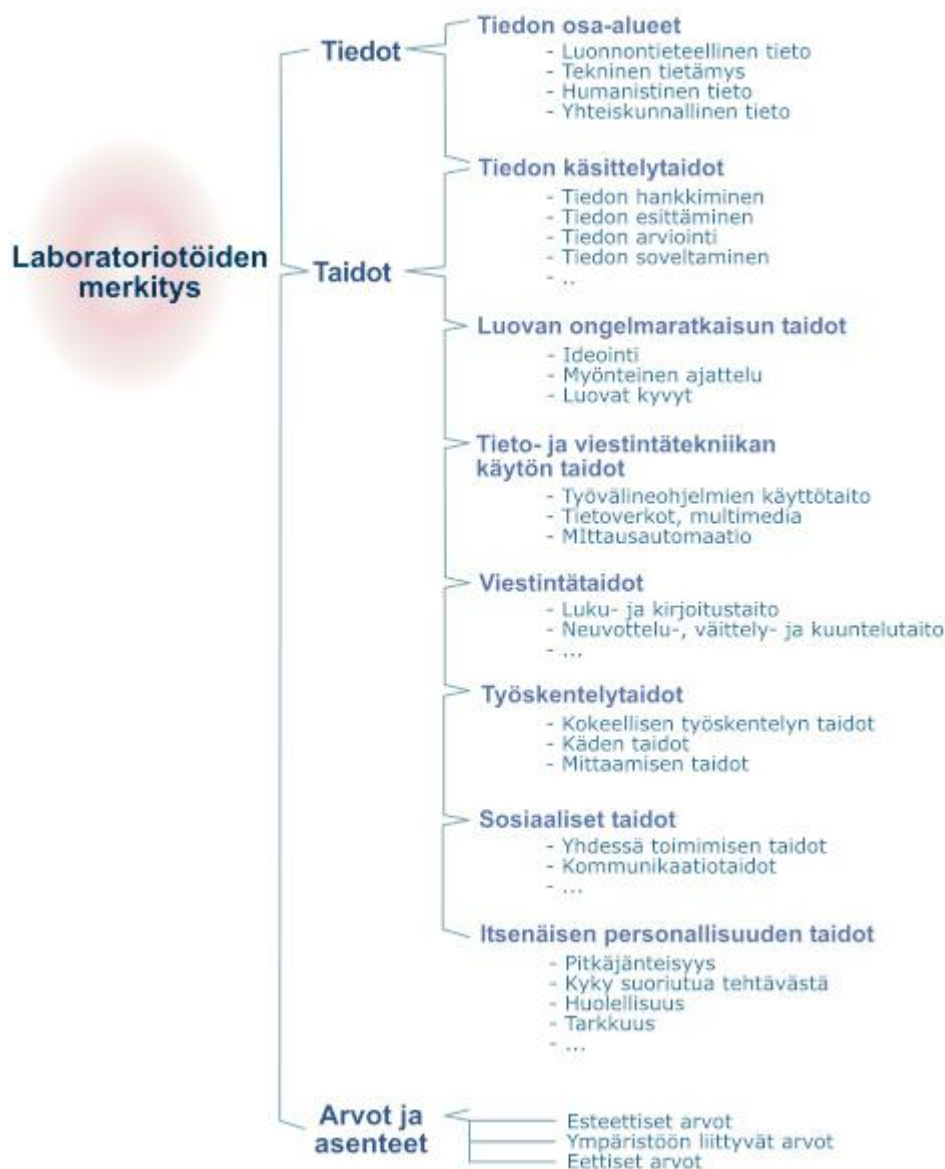
Lavosen ja Meisalon mukaan kokeellisuuden tulee olla osa jäsenneilyä kokonaisuutta sekä sillä pitäisi olla oppilaita motivoiva vaikutus.¹² Heidän mielestään kokeellisen työskentelyn tavoitteita ovat mm.

- ilmiön toteaminen
- ilmiön havainnollisuus
- ilmiöön liittyvien suureiden toteaminen tai mittaaminen
- ilmiötä koskevien lakien kvantitatiivinen tai kvalitatiivinen osoittaminen
- ilmiöön liittyvien käsitteen muodostuksen havainnollistaminen
- tehdyn ennusteen toteaminen
- mallin pätevyysalueen tunnistaminen
- ilmiön käytön tai sen sovelluksen esittely
- laboratorion välineiden käyttöön ja mittaamiseen harjaannuttaminen
- tutustuminen mittausvälineiden käyttöön ja mahdollisten mittausarvojen esitystapoihin
- mittausarvojen laskennallisen käsittelyn harjoittelu.

Nämä tavoitteet tähtäävät oppilaiden parempaan luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden ymmärtämiseen. Myös oppilaiden työskentely- ja viestintätaitojen harjaannuttaminen mainitaan usein. Seuraavaksi tutustutaan tarkemmin kokeellisen opetuksen hyötyihin oppilaille.

3.2 Kokeellisuuden hyödyt oppilaalle

Tutkijat ympäri maailman perustelevat kokeellisuuden ja kokeellisen työskentelyn merkitystä luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden omaksumisella, oppimaan oppimisella, taitojen harjaantumisella, asenteiden kehittämisellä ja laajemminkin koko oppilaan persoonallisuuden kehittymisellä.^{2,3,12,20} (ks. kuva 1)



Kuva 1. Kokeellisuuden ja kokeellisen työskentelyn merkitys.¹²

Kuvasta 1 nähdään kokeellisen työskentelyn kehittävän oppilaiden tietoja, taitoja sekä arvoja ja asenteita.¹² Wellington on luokitellut kokeellisen työskentelyn hyötyjä myös samankaltaisesti.²⁰ Hänen mukaansa oppilaan näkökulmasta on kolme pääargumenttia, jotka tukevat kemian opettamista kokeellisesti: kognitiivinen argumentti, tunteisiin

vetoava argumentti sekä taitoihin vaikuttava argumentti. Seuraavissa luvuissa kerrotaan tarkemmin näistä kemian tutkimuksista löydetystä hyödyistä kemian opetuksessa.

3.2.1 Kognitiivinen hyöty

Kokeellisuus kehittää oppilaiden kognitiivista eli tiedollista osa-aluetta.²⁰ Oppilaiden kemiallinen sekä käsitteellinen ymmärrys kehittyvät, kun kemian teoriat ja lait tulevat konkreettisesti esille kokeellisessa opetuksessa. Tällainen opetus valaisee, vakuuttaa ja varmistaa oppilaille, että opetettu teoria on oikeasti totta.

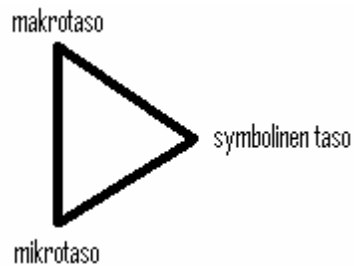
Kokeellinen lähestymistapa edesauttaa oppilaita ymmärtämään ja oivaltamaan luonnontieteiden käsitteitä sekä periaatteita.¹⁻³ Laboratoriotyöt muuttavat oppilaiden käsityksiä kemian ilmiöstä visuaalisten havaintojen kautta. Wrightin mukaan oppilastöiden aikana käytävä keskustelu sekä sen jälkeen pidettävä suullinen esitys ilmiöstä auttavat oppilaita ymmärtämään käsiteltävää asiaa.¹ Tämä taas on tärkeää oppilaiden tulevaisuuden kannalta, sillä uutta tietoa samasta ilmiöstä rakennetaan valmiiksi opitun tiedon päälle.

Meyer *et al.* toteavat opettajajohtoisten demonstraatioiden näyttävän oppilaille todellista kemiaa ja tätä kautta auttavan heitä yhdistämään todellista kemiaa koulukemiaan.² Kokeellisuus auttaa oppilaita luomaan yhteyden entuudestaan opitun ja uuden asian välille. Tämä on varsin tärkeää varsinkin abstraktien asioiden ymmärtämisessä.

Oppilaiden ajattelevuus kehittyy tutkimuslähtöisten oppilaslaboratorioiden avulla.²¹ Tällöin oppilaat ymmärtävät paremmin kemian tutkijoita ja oppivat ajattelevuutta heidän tavoin. Carillon *et al.* mukaan luentomaiset oppitunnit tai reseptimäiset laboratoriotyöt eivät kehitä yläkoulun oppilaiden ajattelua tai kemiallisten käsitteiden ymmärtämistä yhtä hyvin kuin mitä tutkimuslähtöiset oppilaslaboratoriot kehittävät.

Kokeellinen työskentely auttaa Johnstonen mukaan oppilaita ymmärtämään ilmiön kolmella eri tiedon tasolla.²² Johnstone on tutkinut kemiallisen tiedon kolmitasomallia ja todennut kemiallisen tiedon jakaantuvan kolmeen eri tiedon tasoon. Nämä tasot ovat makro-, mikro- ja symbolinen taso. Makrotasolla tarkoitetaan aisteilla havaittavia ilmiöitä. Mikrotasoksi luokitellaan atomi- ja molekyyli-tason asiat. Symbolinen taso

sisältää kemian merkkikielen. Hänen mukaansa kokeellinen työskentely auttaa oppilaita makrotasolla. Oppilastöiden aikana sekä niiden jälkeen käytävät keskustelut auttavat oppilaita mikro- ja symbolisella tasolla. Näiden kaikkien kolmen eri tason ymmärtäminen on oppilaalle tärkeää oppimisen kannalta. Deesen *et al.* mukaan demonstraatioiden jälkeiset kyselyt ja palautteet auttavat oppilaita löytämään yhteyden näiden kolmen eri tiedon tason välille.²³ Kuvassa 2 on esitetty näiden kolmen eri tiedon tason suhde toisiinsa.



Kuva 2. Kemiällisen tiedon kolmitasomalli.

Thompson ja Soyibo ovat tutkineet kokeellisen työskentelyn merkitystä elektrolyysin ymmärtämisessä.⁷ Tutkimuksen mukaan paras yhdistelmä abstraktien ja vaikeiden asioiden, kuten elektrolyysin, opettamiseen on käyttää opetusyhdistelmää, jossa on luentomaista opetusta, opettajajohtoisia demonstraatioita, keskustelua sekä käytännön oppilastöitä. Tätä opetusmetodien yhdistelmää suositellaan käytettävän muidenkin abstraktien asioiden, kuten moolin sekä kemiallisten reaktioiden kertalukujen opettamisessa. Tätä opetusyhdistelmää käyttämällä oppilaiden käsitteellinen ymmärtäminen kehittyy sekä heidän asenteet ja motivaatio muuttuvat positiivisesti abstrakteja käsitteitä kohtaan. Tällöin käsiteltävä aihe kiinnostaa oppilaita enemmän, jolloin opetettavan abstraktin ilmiön ymmärtäminen helpottuu.

Laboratoriotyöskentelyn on todettu auttavan myös termodynamiikan ymmärtämisessä.²⁴ Neton *et al.* mukaan oppilailla on mahdollisuus ymmärtää tämä teoreettinen aihe täydellisesti kokeellisuuden avulla. Teoreettinen tieto on hankittu suurimmaksi osaksi jo ennen laboratoriotyötä opettajan opetuksen avulla. Lisäksi oppilaat huomaavat yhteyden kokeellisuuden ja teorian välillä, mikä edesauttaa luonnontieteellisen ymmärryksen kehittymisessä.

3.2.2 Motivaation ja asenteiden muuttuminen

Kokeellinen työskentely vetoaa tunteisiin.²⁰ Tämän takia oppilaat ovat innostuneita ja motivoituneita oppimaan kemiaa kokeellisen opetuksen aikana. Oppilaiden kiinnostus auttaa heitä muistamaan asioita sekä siirtämään tietoa pitkäkestoiseen muistiin. Lisäksi oppilaiden esteettiset sekä eettiset asenteet muovautuvat töitä tehdessä. Opettajan tulee suunnitella tehtävät työt hyvin, jotta oppilaat ymmärtävät kokeellisen työn tarkoituksen. Jos näin ei käy, oppilaat voivat motivoitumisen sijasta passivoitua. Varsinkin tytöt voivat reagoida negatiivisesti, jos he eivät ymmärrä kokeellisen työn tarkoitusta.²⁵

Lavosen ja Meisalon mukaan oppilaslaboratorioilla tulisi olla selkeä oppilaita motivoiva funktio.¹² Heidän mukaansa oppilailla on kielteisiä asenteita kemiaa ja fysiikkaa kohtaan, toisin kuin muita luonnontieteitä kohtaan. Kokeellisella työskentelyllä on ”havaittu olevan myönteinen merkitys oppilaiden asenteiden kehittymiseen ja luonnontieteiden opiskelusta saatavaan mielihyvään”. Lavosen ja Meisalon mukaan motivointidemonstraatiot aloittavat usein tunnin ja ovat lisäksi kvalitatiivisia, sillä opettajan tarkoitus on havainnollistaa opittavaa ilmiötä sekä herättää oppilaiden kiinnostus opetettavaan aiheeseen.

Kokeellinen työskentely motivoi oppilaita.^{2,3,26} Piercen ja Piercen mukaan demonstraatiot motivoivat ja inspiroivat luentokeskeisessä oppimisympäristössä.³ Kokeelliset työt motivoivat etenkin niitä oppilaita, joilla on vain hieman kokemusta kemiasta sekä tietoa kemian ilmiöistä. Oppilaat pitävät demonstraatioiden katsomisesta sekä ovat keskittyneitä niiden aikana. Nimenomaan tässä asiassa piilee demonstraatioiden pedagoginen arvo (ks. luku 5.1).

Poganickin ja Cigicin mukaan oppilaiden motivaatiota oppilaslaboratorioissa voidaan parantaa pohjustamalla tehtävä työ hyvin ennen laboratoriotyön aloittamista.²⁷ Ennen oppilastöitä opetetaan työn teoriaa, työssä käytettäviä välineitä, työturvallisuutta, virhekäsityksiä ja mahdollisia virheitä, joita oppilaslaboratoriossa voidaan tehdä. Tällöin oppilailla on parempi perustieto suoriutua oppilaslaboratorioista, jonka lisäksi he ovat motivoituneempia tekemään kokeellisia töitä. Tärkeää motivaation ja ymmärtämisen kannalta ovat myös laboratoriotyön jälkeen käytävä keskustelu ja palautteen antaminen opettajalta oppilaille sekä toisin päin.

Cooperin mukaan pienissä ryhmissä tapahtuva avoin oppilastyö kohottaa oppilaiden motivaatiota.²⁸ Avoimella oppilastyöllä tarkoitetaan oppilastyötä, jossa oppilaalla on enemmän vapauksia päätöksenteossa sekä työhön liittyvissä valinnoissa. Myös oppilaslaboratorio, jossa oppilaat työskentelevät itsenäisesti, motivoi oppilaita kemian oppimisessa. Oppilaat nauttivat tällaisessa opetuksessa vapaudesta ja heidän asenteet kemiaa ja kemian opiskelua kohtaan paranevat. Motivaatio opetettavaan aiheeseen auttaa kemiallisen ilmiön käsittelyä työmuistissa.²⁹

3.2.3 Persoonallisuuden kehittyminen

Kokeellinen työskentely auttaa oppilaita kehittämään erilaisia taitoja.²⁰ Oppilaiden ongelmanratkaisu-, laboratorio- sekä sosiaaliset taidot kehittyvät opittaessa kemiaa kokeellisesti.¹² Lisäksi korkeamman tason ajattelun taidot (engl. Higher-order thinking skills), kuten soveltaminen sekä analysoiminen, kehittyvät kokeellisessa työskentelyssä.²⁰

Kokeellisuus kehittää oppilaan persoonallisuutta.¹² Varsinkin itse tehdyt oppilastyöt kehittävät itsenäisen persoonallisuuden osa-alueita sekä sosiaalisia taitoja. Lavosen ja Meisalon mukaan on tärkeätä, että ”oppilaat oppivat sisältöjen ohella myös niitä sosiaalisia käytäntöjä, joihin opiskelutilanteet perustuvat”. Sosiaalisia taitoja tarvitaan lähes jokaisessa työpaikassa. Yhdessä oppiminen ja työskenteleminen on hyvä tapa edesauttaa oppilaita kehittämään näitä taitoja. Heidän mukaansa kokeellisuuteen kuuluu sosiaalinen konstruointi, jossa kielellä on tärkeä asema. Tämän takia oppilaita tulisi rohkaista keskustelemaan käyttämällä oikeita kemiallisia käsitteitä sekä soveltamalla opittuja luonnonlakeja käytännön tilanteisiin. Tällöin opettajat saavat myös tärkeää informaatiota oppilaidensa ymmärryksen tasosta.

Laboratoriotöillä on selkeä yhteys oppilaiden kielelliseen kehittymiseen.¹ Wrightin mukaan oppilastöiden jälkeisissä keskusteluissa ja oppilaiden mahdollisissa esityksissä oppilaat kehittyvät ilmiöiden kielellisillä osa-alueilla. Tutkimuksessa tulee ilmi oppilaiden kielellinen kehittyminen. Esimerkiksi ennen oppilastyötä oppilaat sanoivat soodaa ja etikkaa sekoittaessa nousevia kuplia vain kupliksi, mutta oppilastyön jälkeen he kertoivat reaktiossa muodostuvan kaasua. Wright vertaakin oppilastöiden aikana

olevaa kanssakäymistä tieteelliseen kokoukseen, sillä oppilaiden puhutun kielen tulee koulussa olla tieteellistä.

Neto *et al.* toteavat tutkimuksessaan laboratoriotöiden kehittävän opiskelijoiden kommunikointikykyä, johtajuutta sekä ihmissuhdetaitoja.²⁴ Nämä taidot ovat nykyään tärkeämpiä kuin tekniset ja teoreettiset osaamiset insinööriksi valmistuvien keskuudessa. Lähes jokaisessa työpaikassa työntekijöiltä vaaditaan hyviä vuorovaikutus- sekä ihmissuhdetaitoja. Lisäksi oppilaiden visuaaliset taidot kehittyvät, varsinkin opetettaessa tietokoneavusteisesti. Virtuaalilaboratorio (ks. luku 5.6) on hyvä esimerkki tietokoneavusteisesta opetuksesta.³⁰

Oppilaslaboratorioissa oppilaiden voi antaa välillä työskennellä itsenäisesti.³¹ Tällöin oppilaat ovat itse vastuussa tehtävästä työstä. Onnistunut työ johtaa oppilaiden itsetunnon ja itseluottamuksen kehittymiseen. Oppilaille annettu autonomia auttaa oppilaita myös itsenäistymään. Lisäksi kokeelliset työt kehittävät oppilaiden aloitteellisuutta, luovuutta, neuvokkuutta sekä sitoutuneisuutta.³² Tällaisia taitoja ja asenteita työnantajat vaativat työntekijöiltään ja nykyään jopa olettavat, että koulunsa päättäneet omaavat nämä taidot.

Meyerin *et al.* mukaan demonstraatiot kehittävät erityisesti heikkojen oppilaiden ongelmanratkaisukykyä.² Lisäksi ne parantavat oppilaiden korkeamman tason ajattelemisen taitoja. Merkityksellinen oppiminen edellyttää oppilailta korkeamman tason ajattelua.³³

Korkeamman tason ajattelun taidot voidaan määritellä esimerkiksi käyttäen Bloomin taksonomian, joka kehitettiin vuonna 1956, uudistettua versiota.³⁴ Tämä Andersonin ja Krathwohlin versio koostuu kuudesta eri ajattelun tasosta ja taidosta. Ne ovat muistaminen, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja uuden tiedon rakentaminen. Näistä taidoista muistaminen ja ymmärtäminen luokitellaan alemman tason ajattelun taidoiksi. Soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja uuden tiedon rakentaminen ovat korkeamman tason ajattelun taitoja. Niiden käyttäminen vaatii oppilailta alemman tason ajattelun taitojen, esimerkiksi muistamisen, omaksumista ja käyttämistä.

3.3 Oppilaiden työturvallisuus kokeellisessa opetuksessa

Kokeellisuudessa ei ole oppilaan näkökulmasta juurikaan huonoja puolia. Työturvallisuus on kuitenkin asia, johon tulee kiinnittää jatkuvaa huomiota.

Kokeellisen työskentelyn tavoitteena on kehittää oppilaiden turvallisen työskentelyn taitoja.³⁵ Oppilaiden tulee noudattaa siisteyttä, täsmällisyyttä ja henkilökohtaisia turvaohjeita laboratoriotöissä. Heidän tulee huomioida myös opiskelutoverinsa turvallisuus. Lisäksi mittalaitteiden ja koko koejärjestelyn oikeanlainen käsittely tulee oppilaille kokeellisessa lähestymistavassa tutuksi. Högströmin *et al.* mukaan oppilaiden mielestä tärkeintä, mitä laboratoriotyössä voi oppia, on nimenomaan turvallinen työskentely sekä tietoisuus riskeistä.³⁶

Yohen ja Dunklebergerin tutkimuksessa oppilaan tulisi osata vaaditut ennakkotiedot ja -taidot ennen laboratoriotyöskentelyn aloittamista.³⁷ Opettajan tulee tietää oppilaiden olevan valmiita noudattamaan turvallisuusohjeita laboratoriotöissä. Opettajan kuuluu huolehtia lukuvuoden alussa, että laboratoriotöiden vaarat ja riskit ovat oppilaiden tiedossa. Opettajalla on vastuu oppilaistaan myös erillisessä laboratorioluokassa. Opettajan tulee tehdä laboratorion mahdollisimman turvallinen paikka opettaa. Meyer *et al.* painottavat, että opettaja voi näyttää vaarallisia töitä esimerkiksi videolta.² Tällöin oppilaiden turvallisuus säilyy.

Oppilaskeskeisessä laboratoriotyössä painottuu kommunikaation tarve hyvän työturvallisuuden takaamiseksi.³⁸ Niin oppilaiden välinen kuin opettajan ja oppilaan välinenkin kommunikointi edistävät oppilaiden turvallista työskentelyä. Nykyään kouluissa tehdään yhä enemmän laboratoriotutkimuksia sekä opitaan yhteistoiminnallisesti (ks. luku 5.5).

Uusille oppilaille on erittäin tärkeää opettaa työturvallisuutta ennen heidän ensimmäistä kokeellista työtänsä.³⁹ Myös vanhoille oppilaille työturvallisuuden kertaaminen tietyin väliajoin on suositeltavaa. Opettajan on huolehdittava, että kaikilla oppilailla on suojatakki päällä sekä suojalasit silmillä töiden aikana. Opettajan tulee myös näyttää esimerkkiä oppilaille pitämällä suojatakkia sekä -laseja laboratoriotöiden aikana. Syöminen sekä juominen ovat laboratoriossa ehdottomasti kiellettyä. Opettajan on hyvä painottaa oppilaille, ettei kemikaaleja saa maistaa, eikä silmiä saa hieroa pesemättömillä

käsillä. Pitkät hiukset on pidettävä kiinni. Oppilaille tulee painottaa, että työohjeita sekä opettajan antamia neuvoja on noudatettava tarkasti. Työn jälkeen jätteet käsitellään opettajan ohjeiden mukaisesti.

Seuraavassa luvussa käsitellään opettajan näkökulmasta kokeellista opettamista. Lisäksi tutkitaan, mitä opettajan on otettava huomioon opettaessaan laboratoriotöitä.

4 Opettajan näkökulma kokeelliseen työskentelyyn

Kokeellisen kemian opettaminen on opettajille joskus haastavaa. Kokeellinen opetus luo kemian luokkahuoneeseen paljon kaivattua vuorovaikutusta opettajan ja oppilaiden välille.² Lisäksi oppilaatkin ovat tällöin helpommin keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Opettajan vastuulla on luoda kokeellinen oppimisympäristö, joka tukee oppilaan kasvua sekä kehitystä.⁴ Oikeanlaisen oppimisympäristön opettaja pystyy luomaan, kun hänen pedagoginen sisältötietonsa sekä oppilaiden tunteminen on riittävää.² Kokeellisessa lähestymistavassa on myös joitakin haasteita opettajille, kuten suuret luokkakoot, resurssien puute ja opettajien vaillinaiset tiedot sekä taidot opettaa kokeellisesti.⁶

4.1 Opettajan rooli kokeellisessa opetuksessa

Opettajalla on tärkeä rooli kokeellisessa opetuksessa, jotta oppilaat oppivat kemiaa uudesta näkökulmasta.² Meyerin *et al.* mukaan vuorovaikutuksen puute on kemian opetuksessa suuri ongelma. Ratkaisuksi hän esittää laboratoriotöitä, jotka kiinnittävät oppilaiden huomion kemian ilmiöihin. Opettajan ja oppilaan välinen vuorovaikutus on keskustelua turvallisuudesta, riskeistä, laboratoriolaitteista sekä työssä esiintyvistä kemiallisista käsitteistä. Oppilaat ovat vuorovaikutuksessa myös toistensa kanssa kokeellisen työn aikana.³⁶ Useimmiten oppilaat keskustelevat keskenään käytettävistä laitteistoista sekä kokeellisen työn tekemisestä.

Vuorovaikutuksen lisäämiseksi Meyer *et al.* esittävät toimintatavan, jossa opettajan tulisi kannustaa oppilaita hypoteesien tekemiseen ennen varsinaista työtä.² Mahdollinen väärä hypoteesi tulee korjata oikeaksi johtopäätökseksi työn jälkeen keskustelemalla siitä oppilaiden kanssa. Tällöin oppilaat ymmärtävät paremmin käsiteltävän aiheen.

Ennen kokeellista työtä opettajan tulee keskustella yhdessä oppilaiden kanssa kokeellisen työn tavoitteista.³⁶ Opettajan tulee kuitenkin itse olla selvillä näistä tavoitteista, jotta hän voi johdatella keskustelua haluttuun suuntaan.

Opettaja voi opettaa monella eri tavalla kokeellisesti.⁴⁰ Opettaja voi halutessaan itse tehdä kokeellisen työ, jotta työ mallintaisi mahdollisimman hyvin todellista tiedettä. Vaihtoehtoisesti opettaja voi ohjata oppilaita kokeellisen työn aikana. Tällöin opettajan rooli on olla kriittistä palautettava antava asiantuntija, jolta oppilaat saavat kysyä neuvoa työhön. Opettajalla on myös kolmas vaihtoehtoinen tapa opettaa. Opettaja voi nimittäin antaa oppilaiden oppia itsenäisesti. Tällaisessa työtavassa oppilaat suunnittelevat sekä toteuttavat työn ilman opettajan apua.

Opettajat kokevat joskus epäonnistuneensa, jos kokeellisesta työstä ei tule toivottua lopputulosta.⁶ Tällöin opettajat voivat nolostua tai kokevat jopa joissain kulttuureissa menettävänsä oppilaiden kunnioituksen. Epäonnistuneessa kokeessa opitaan kuitenkin usein erilaisia asioita, mitä onnistuneessa kokeessa opitaan.⁵ Usein epäonnistuneet kokeet näyttävät oppilaille nimenomaan todellisen kemian tutkimuksen luonteen.

Kokeellisen opetuksen tarkoitus on Leachin mukaan opettaa oppilaille kemian sisältöjä sekä tieteen luonnetta.⁴¹ Opettajan tulee tietää, miten oppilaat käsittävät kemian luonteen ja opetettava heidän ymmärtämällään tavalla. Muuten oppilaiden ja opettajan välinen vuorovaikutus ei toimi, eivätkä oppilaat opi kemian sisältöjä läheskään niin hyvin kuin toimivan vuorovaikutuksen aikana. Opettajan on tärkeää muistaa, että koulussa tehtävät kokeelliset työt eivät voi olla malleja todellisesta tieteestä, varsinkaan yläkoulussa. Joskus opettajat yrittävät opettaa yhtä aikaa kemian sisältöjä sekä tieteen luonnetta.³² Woolnoughin mukaan nämä asiat olisi hyvä opettaa eri oppitunneilla helpottaakseen molempien asioiden ymmärtämistä.

Opettajan puheilla ja teoilla on tärkeä merkitys siinä, mitä oppilaat kokevat tärkeäksi oppia.³⁶ Erityisesti kokeellisen työn aikana opettajan tulee tarkoin harkita puhumisiaan ja tekemisiään. Högströmin *et al.* mukaan puheet ja teot auttavat oppilaiden laboratoriotaitojen kehittymisessä. Lisäksi opettajan on tärkeätä auttaa oppilaita kehittämään heidän havainnointikykyään. Opettajan on tehtävä oppilaille selväksi, miltä kemiallinen reaktio mahdollisesti näyttää ja kertoa heille, mitä ilmiössä tulee

havainnoida. Tällöin oppilailla on paremmat mahdollisuudet tehdä monipuolisia havaintoja työn aikana.

Oppilaiden on tärkeätä tietää, että kokeellisilla töillä on aina jokin pedagoginen tarkoitus.⁴² Opettajan tulee kertoa oppilaille, että kokeellisten töiden tarkoitus on laajentaa heidän ajatteluaan, kasvattaa heidän tietämystään sekä saada oppilaat toimimaan kemistien lailla. Tällöin passiivisista oppilaista voi tulla hieman motivoituneempia ja aktiivisempia oppijoita.

Opettajan ei tule antaa liian helppoja laboratoriotöitä oppilaille.⁴³ Varsinkin tutkimuslähtöisiä laboratoriotöitä (ks. luku 5.3) on kritisoitu siitä, että oppilaille annetaan liian helppoja tutkimuksia tehtäväksi. Opettajan on hyvä muistaa, ettei yläkoulun haasteellisten kokeellisten töiden tule kuitenkaan sisältää liian montaa eri näkökulmaa toimiakseen hyvänä pedagogisena työvälineenä.³⁶

Pogacnikin ja Cigicin mukaan opettajan tulee itse olla motivoitunut laboratoriotöitä tehdessään.²⁷ Näin opettaja motivoi oppilaita omalla positiivisella asenteellaan. Oppilaiden mielestä tylsät opettajat eivät tee kokeellisia töitä.⁴² Useimmiten tällaisista tylsistä opettajista myös oppilaiden vanhemmat saavat kuulla negatiivisia asioita, vaikka opettajien ammattitaito olisikin erinomainen. Oppimisympäristön tulee tukea oppilaan ja opettajan välistä sekä oppilaiden keskinäistä vuorovaikutusta.⁴ Seuraavassa luvussa kerrotaan enemmän kokeellisesta oppimisympäristöstä opettajan näkökulmasta.

4.2 Kokeellinen oppimisympäristö

Oppimisympäristö määritellään uusimmassa perusopetuksen opetussuunnitelmassa seuraavasti: "Oppimisympäristöllä tarkoitetaan oppimiseen liittyvää fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden kokonaisuutta, jossa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat."⁴ Oppimisympäristön tulee olla monipuolinen ja sen tulee tukea oppilaan kasvua ja kehitystä. Opettajan tulee kokeellisen kemian opetuksessaan käyttää monipuolisia työtapoja ja välineitä.

Oppimisympäristön laitteistojen tulee tukea oppilaan kehittymistä nykyaikaisen tietoyhteiskunnan jäseneksi ja mahdollistaa tietokoneavusteisen opettamisen.⁴ Lisäksi

kokeellisen oppimisympäristön täytyy tukea oppilaan oppimismotivaatiota, uteliaisuutta, aktiivisuutta, itseohjautuvuutta sekä luovuutta. Oppimisympäristön tulisi edistää myös oppilaan oman toiminnan arvioimista. Tavoitteena on siis avoin, rohkaiseva, kiireetön ja myönteinen ilmapiiri, jonka luominen kuuluu sekä opettajalle että oppilaille.

Tietokoneavusteinen kokeellinen opetus antaa oppilaille mahdollisuuden saada kokemusta monipuolisesta oppimisympäristöstä.³⁰ Tällaisessa oppimisympäristössä oppilaat näkevät, tekevät, tulkitsevat sekä ovat vuorovaikutuksessa oppilaiden ja tietokoneiden kanssa. Monipuolisessa oppimisympäristössä oppilaat oppivat kemian vaikeita käsitteitä paremmin kuin normaalissa oppimisympäristössä. Tietokoneavusteinen opetus tulee integroida muihin opetusmenetelmiin ollakseen tehokas apuväline oppimiseen.

Kemian opettamisessa painotetaan kokeellisten työtapojen käytön tärkeyttä.⁵ Monipuolisten ja erilaisten opetusmenetelmien käyttäminen kokeellisen kemian opetuksessa ohjaa oppilaita kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen. Opettajan tulee luoda oppimisympäristö, jossa oppilaiden on mahdollista prosessoida tietoa aktiivisesti. Tällaista oppimisympäristöä luodessaan opettajan on huomioitava oppilaiden aikaisemmat kokemukset, tiedot ja ennakkokäsitykset. Tämä antaa toteutuessaan oppilaille hyvät lähtökohdat uuden oppimiselle.

Bentleyn ja Wattsin mukaan opettajan tulee ottaa huomioon aktiivinen oppiminen, suunnittelu ja organisointi kokeellisen oppimisympäristön suunnittelussa.⁴⁴ Jo suunnitteluvaiheessa opettajan on tärkeää tietää, että kokeellisessa työssä oppilaille on mahdollisuus aloitteellisuuteen ja vastuun ottamiseen. Lisäksi aktiiviseen oppimiseen kuuluu Bentleyn ja Wattsin mukaan itsensä arvioiminen. Opettajien tulee ohjata oppilaita arvioimaan omia tuotoksiaan ja omaa työskentelyään.

Kokeellisen työn suunnittelussa opettajan tulee noutaa tarvittavat välineet ja tutustua työohjeisiin sekä laitteiden käyttöohjeisiin.⁴⁴ Kun opettaja testaa työn ennen oppituntia, hän voi parannella sitä ennen oppituntia. Tällöin opettaja pystyy myös oppitunnin aikana keskittymään paremmin oppilaisiin.² Mitä avoimempi kokeellinen työ on, sitä enemmän se vaatii suunnittelua.⁴⁴ Avoin työ tulee suunnitella hyvin, sillä se on hyvin

oppilasjohtoinen. Perusteellinen suunnittelu on tae onnistuneelle avoimelle kokeelliselle työlle.

4.3 Pedagoginen sisältötieto

Opetettavan aineen sisällön hallinta ei pelkästään takaa tehokasta opetusta.⁴⁵ Opettajan pedagoginen sisältötieto (Pedagogical content knowledge) ratkaisee opetuksen tehokkuuden. Pedagoginen sisältötieto käsittää Borkon ja Putnamin⁴⁶ mukaan neljä keskeistä osaa:

- Opettajan käsityksen oman oppiaineensa opettamisesta
- Opettajan tiedon valtakunnallisesta opetussuunnitelmasta sekä opetuksellisista materiaaleista
- Opettajan tiedon opettaa käsitteitä ja ilmiöitä eri menetelmillä ja strategioilla
- Opettajan oppilastuntemuksen.

Opettajan tulee hallita kemian sisällöt, tuntea monipuoliset työtavat, opettaa niitä oppilaille sekä hallita kemian osuus valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa.⁴⁶ Lisäksi opettajan tulee tuntea oppilaidensa kyvyt tehdä esimerkiksi oppilaslaboratorioita sekä tiedostaa ilmiöt, joissa oppilaille on oppimisvaikeuksia.

Yleensä kemian opettajat hallitsevat hyvin kemian opetettavat sisällöt.⁴⁷ Haasteena onkin muuntaa opettajien kemiallinen tieto pedagogiseksi sisältötiedoksi. Jotta opettajat voivat muuntaa tietoa pedagogiseksi sisältötiedoksi, tulee heidän tiedostaa, miten oppilaat prosessoivat ja ymmärtävät kemiaa. Lisäksi opettajien olisi hyvä ymmärtää, miten oppilaat ajattelevat kemiallisen prosessin ja huomioida se opetuksessa.

Opettajan kyky muuntaa opetettavat asiat oppilaille helposti omaksuttavaan muotoon edellyttää opettajalta hyvää oppiaineen sekä oppimisteorioiden hallintaa.⁴⁸ Pelkkä kemian teoreettinen hallinta ei takaa sitä, että opettaja osaisi opettaa kemiaa. Toisaalta tämä teoreettinen hallinta on hyvän opetustaidon välttämätön edellytys. Jos opettajan osaaminen painottuu pelkästään esimerkiksi kemian teoreettiseen hallintaan, tällöin oppilaat usein kokevat, ettei opettaja osaa opettaa. Jotta oppilaat kokisivat opettajan osaavan opettaa heitä, opettajalta vaaditaan hyvää oppimisteorioiden hallintaa. Tällöin

opettaja hallitsee havainnollistamisen, ilmiöiden erilaiset esitystavat, analogioiden käyttämisen, esimerkit sekä selitykset.

Kokeellisissa töissä opettajat haluavat oppilaiden oppivan ajattelemaan, analysoimaan ja soveltamaan.⁴² Jotta näin tapahtuisi, opettajan tulisi analysoida oppilaita opetuksensa aikana. Tällöin opettaja tietää enemmän oppilaidensa käyttäytymistä eri tilanteissa sekä heidän oppimistaidoistaan. Oppilaiden tutkimuksen kautta opettajan pedagoginen sisältötieto kehittyy ja hänen opetuksestaan tulee näin ollen laadukkaampaa. Opettajan pedagoginen sisältötieto kehittyy opetuskokemuksen kerääntyessä.⁴⁸ Clermontin *et al.* mukaan kokeneemmilla opettajilla on tietoa ja taitoa havainnollistaa samaa ilmiötä useammalla erilaisella demonstraatiolla.⁴⁹ Kokeneemmat opettajat suosivat usein yksinkertaisia demonstraatioita, jotta oppilaiden huomio kiinnittyisi oppimisen kannalta kaikkein olennaisimpaan. Kokeneet opettajat tietävät, että pienet variaatiot demonstraatioissa tehostavat usein käsitteellistä oppimista.

Kokeellisten töiden suunnitteleminen opettajakollegoiden kanssa parantaa opettajien pedagogista sisältötietoa sekä pedagogista tietoa.⁵⁰ Kun opettajat tekevät yhteistyötä, he kehittyvät opettamaan paremmilla ja tehokkaammilla kokeellisilla menetelmillä. Giganten ja Firestonen mukaan monet opettajat käyttävät opettajien yhteistyön ansiosta monipuolisia työtapoja kokeellisen kemian opettamisessa. Opettajien yhteistyö sekä täydennyskoulutus auttavat opettajia muuttamaan heidän kemian ainehallintaansa pedagogiseksi sisältötiedoksi kemiasta.⁴⁵

Kun opettaja tuntee oppilaansa hyvin (ikä, laboratoriokokemus ja -taidot), hänen on helpompi valita oikeanlainen kokeellinen työ.² Tutkimuksen mukaan kokeellisen työn tulee olla mielenkiintoinen, turvallinen, yksinkertainen, halpa, helposti toistettavissa ja aiheiden tulee liittyä mielellään oppilaiden elämään. Kun pedagogisen sisältötiedon hallitseva opettaja valitsee laboratoriotyön, josta löytyy nämä edellä mainitut hyvän kokeellisen työn tunnusmerkit, opettaja inspiroi oppilaita ja auttaa heitä opetettavan asian ymmärtämisessä.

4.4 Haasteet kokeellisessa opetuksessa

Jotkut opettajat ovat haluttomia tekemään kokeellisia töitä.⁶ Tässä luvussa kerrotaan haasteista, joita opettajat kokevat opettaessaan kemiaa kokeellisesti. Toiset opettajat luopuvat valitettavasti kokeellisesta opettamisesta kohdatessaan näitä haasteita. Suurimpia haasteita opettajille ovat suuret luokkakoot, resurssien puute, aikapula, ahtaat luokkahuoneet, laboratorioluokkien puute sekä opettajien vaillinaiset taidot opettaa kokeellisesti.^{6,8} Osa opettajista kokee turvallisuussääntöjen rajoittavan kokeellista työskentelyä tai uskoo kokeellisen työskentelyn olevan turvatonta.⁵¹

Jos luokassa on paljon oppilaita, Maurerin *et al.* mukaan opettajien tulee organisoida kokeellinen työskentely siten, että jokaisella oppilaalla on mahdollisuus itse työn tekemiseen.⁵² Lisäksi opettajan tulee suunnitella työ siten, että jokainen oppilas voi tehdä työtä annettujen aikarajoitusten sisällä.

Suurin haaste opettajille kokeellisen kemian opettamisessa on Bradleyyn *et al.* mukaan sen kustannukset.⁵¹ Kemikaalit, laboratoriolaitteistot sekä jätteiden hävittäminen on kallista eikä kouluilla ole useinkaan varaa niihin. Kokeellinen opetus maksaa enemmän kuin moni muu opetettava aine itsessään. Opettajien on löydettävä ratkaisu, jossa kokeellisuutta opetetaan tehokkaasti koulujen resurssien mukaan. Tähän esitetään ratkaisuksi mittakaavan pienentämistä eli mikrokemiaa (ks. luku 5.7) tai demonstraatio-opetusta (ks. luku 5.1). Opettajille ongelmaksi on noussut myös opetusmateriaalien saatavuus esimerkiksi mikrokemian opetuksessa.⁴²

Opettajat kokevat ajanpuutteen kokeellisen kemian opetuksen haasteeksi.⁴² 45 minuuttia on heidän mielestään liian lyhyt aika, jotta oppilaat siirtäisivät ajatukset muista aineista kemiaan, opettaja kertoisi työturvallisuudesta sekä aloittaisi kokeellisen työn pienen alustuksen jälkeen. Opettajat joutuvat usein ajanpuutteen vuoksi luopumaan työhön liittyvistä keskusteluista, jotka edesauttaisivat oppilaita syvempään ajatteluun.

Kokeellisen kemian opetukseen ei tarvita erillistä laboratorioluokkaa.⁴² Tavallisessa luokassa kokeellisen kemian opetusta edesauttavat isot pöydät yksittäisten pulpettien sijasta. Tällöin pöytiä on myös helpompi puhdistaa. Hohlockin *et al.* mukaan kokeellista opettamista ei tule välttää, vaikka opettajilla ei olisi siihen annettua erillistä luokkaa. Tutkimuksessa ehdotetaan esimerkiksi pesualtaiden puuttuessa käyttämään vesikannua

vedenjakeeluun. Opettajat kuitenkin kokevat kokeellisen opetuksen tavallisissa luokissa lähes mahdottomaksi luokkahuoneen siivouksen sekä sen ahtauden vuoksi.

Oppilaiden tuottamat äänet sekä kokeellisuudesta aiheutuva liike korostuvat ahtaissa luokkahuoneissa.⁶ Opettajat ovat usein haluttomia kokeelliseen opetukseen ahtaissa luokkahuoneissa. Tällainen luokkahuone on usein epäsiisti, äänekäs sekä turvallisuusriski. Opettajien mielestä tällainen luokkahuone ei sovi hyvän opettajan imagoon. Joissain kulttuureissa tämä on ylitsepääsemätön este. Esimerkiksi Etelä-Korean kulttuurissa korostetaan opettajan itsehallinnollisuutta, asiantuntijuutta sekä autonomisuutta. Etelä-Koreassa opettaja on oppilaille jakamaton ja virheetön tiedon lähde. Lisäksi luokkahuoneissa tulee olla tarkka järjestys. Tällaisissa kulttuureissa on mahdotonta opettaa kokeellisesti ahtaissa luokkahuoneissa.

Oppilaille voi olla vaikeata hahmottaa, mikä kokeellisessa työssä on olennaista ja mikä ei.⁵³ Opettajille onkin haastavaa opettaa kokeellisesti siten, että oppilaat tiedostavat työn tarkoituksen sekä sen pedagogisen merkityksen. Lisäksi opettajan tulee yrittää yhdistää abstraktit asiat kokeelliseen opetukseen. Kun opettaja onnistuu yhdistämään nämä asiat, oppilaat ymmärtävät paremmin abstraktit sisällöt.

Opettajien haluttomuus tehdä kokeellisia töitä johtuu joskus opettajien puutteellisesta osaamisesta.⁶ Varsinkin useat alkutaipaleella olevat opettajat eivät koe olevansa valmiita opettamaan kemiaa kokeellisesti kouluissa.⁴⁵ Opettajilla on virhekäsityksiä esimerkiksi sähkökemiasta, kemiallisesta tasapainosta sekä suhteellisesta atomimassasta. Tämä heijastuu kokeellisen opetuksen epävarmuuteen näitä aiheita käsiteltäessä. Tällöin opettajalla on epämukava olo selittää työn taustalla olevaa kemiaa oppilaille.⁴² Oppilaat eivät opi ilman opettajan apua kokeellisen työn ja todellisen elämän yhteyttä. Cheungin mukaan tämänkaltaiset opettajat hakeutuvat täydennyskoulutukseen.⁴⁵ Kokeellisuutta painottavan täydennyskoulutuksen jälkeen opettajat päättävät usein nojautua omassa opetuksessaan laboratoriotöihin.

Masonin mukaan opettajat haluavat uusia ideoita opetukseensa.⁵⁴ Opettajat etsivät uusia ja parempia tapoja opettaa vanhoja aiheita. Täydennyskoulutuksessa opettajille opetetaan uusien kokeellisten menetelmien käyttämistä opetuksessa. Tutkimuksen mukaan opettajat opettavat kollegoitaan jonkin verran. Esimerkiksi lukio-opettajat kertovat yläkoulun opettajille hyviä tapoja opettaa kokeellisesti.

Opettajat opettavat usein samalla tavalla ja samoilla menetelmillä, miten heitä on aikoinaan opetettu.⁴² Tällöin opettajankoulutuksessa tulisi keskittyä opettamaan tulevia kemian opettajia erilaisilla kokeellisilla menetelmillä, jotka eivät välttämättä ole perinteisiä tapoja. Näistä kokeellisista menetelmistä kerrotaan seuraavassa luvussa.

5 Kokeellinen opettaminen erilaisia menetelmiä käyttäen

Kokeellinen lähestymistapa on kemian opetuksen didaktinen periaate, jossa nojaututaan ympäristöstä kokeellisesti hankittuun tietoon.¹² Kokeellisuutta voi olla monenlaista: opettajajohtoisia demonstraatioita, luonnossa tehtyjä oppilastöitä tai avoimia tutkimuksia. Näiden menetelmien määrittelyt menevät kuitenkin osittain limittäin. Seuraavissa luvuissa kerrotaan erilaisista kokeellisista opetusmenetelmistä.

5.1 Demonstraatio

Demonstraatio-opetus on vuorovaikutusprosessi, jossa on aina esittäjä ja havainnoitsija.⁵ Demonstraatio on useimmiten opettajajohtoinen tapa opettaa kokeellisesti, mutta sen voi toteuttaa hyvin oppilaskeskeisestikin. On olemassa erilaisia tapoja luokitella demonstraatioita. Kanerva *et al.* luokittelevat demonstraatiot opettajajohtoiseen demonstraatioon, opettaja-oppilas demonstraatioon, oppilasryhmädemonstraatioon, oppilaskohtaiseen demonstraatioon ja vierailijademonstraatioon.

Opettajajohtoisessa demonstraatiossa opettaja valmistelee ja esittää demonstraation itse.⁵ Tällaista työtapaa opettajan on helppo organisoida. Tällöin työssä voidaan käyttää hyvinkin monimutkaisia laitteistoja. Opettajan rooli opettajajohtoisessa opetuksessa on haastava, sillä hänen tulee kuunnella tarkasti oppilaiden havaintoja, analyysyjä sekä tulkintoja.¹⁶ Oppilaiden tulee luottaa opettajaan ollakseen aktiivisia oppijoita. Opettaja-oppilas demonstraatiossa osa oppilaista on opettajan apuna demonstraatiota valmisteltaessa tai sen esittämisessä.⁵ Tällainen työtapa lisää oppilaiden mielenkiintoa työtä kohtaan ja on yhteistoiminnallisempi kuin opettajajohtoinen demonstraatio. Oppilasryhmädemonstraatiossa oppilaat suorittavat demonstraation itse omilla laitteillaan opettajan antamien ohjeiden mukaisesti. Opettaja voi tehdä työn itsekin yhtä

aikaa oppilaiden kanssa. Tällöin oppilaat ottavat mallia opettajasta. Tämän työtavan etu on oppilaan roolin korostamisessa. Oppilaskohtainen demonstraatio esitetään yhdelle oppilaalle. Tällainen työtapa sopii ujolle oppilaalle, joka ei uskalla esittää kysymyksiä tunnilla. Vierailijademonstraatioissa koulun eri opettaja tai vieraileva asiantuntija esittää demonstraation. Myös toisen luokan oppilaat voivat tehdä vierailijademonstraation. Tämä on hyvää vaihtelua tavanomaiseen työskentelyyn.

Induktiivisessa demonstraatioissa painotetaan tutkimuksellista työskentelyä.⁵ Siinä opettaja esittää oppilaille paljon kysymyksiä demonstraation aikana, mutta antaa vain harvoin vastauksia. Tällainen työtapa rohkaisee oppilaita analysointiin sekä hypoteesien tekemiseen. Lisäksi oppilaat pitävät työn arvoituksellisuudesta, jolloin oppilaiden motivaatio paranee.

Demonstraatioissa on paljon hyvää oppilaiden kannalta.² Ne auttavat oppilaita näkemään todellista kemiaa ja yhdistämään sitä koulussa opittavaan kemiaan. Lisäksi demonstraatiot kehittävät oppilaiden korkeamman tason ajattelua sekä erityisesti heikkojen oppilaiden ongelmanratkaisukykyä. Demonstraatiot kehittävät myös oppilaiden luovaa ja kriittistä ajattelua sekä syvällisempiä luonnontieteen filosofian periaatteita.⁵ Demonstraation jälkeiset kysymykset kehittävät oppilaita yhteisvastuullisemmiksi. Opettaja pakottaa oppilaita ajattelemaan yhteisvastuullisemmin kysyessään esimerkiksi demonstraation vaikutusta luontoon. Oppilaat pystyvät keskittymään demonstraatioon hyvin, sillä heidän ei tarvitse miettiä, miten käytettävät menetelmät ja laitteet toimivat.²⁶

Demonstraatiot auttavat sekä lahjakkaita että heikkoja oppilaita, vaikkakin visuaaliset oppijat ovat etulyöntiasemassa oppimisessa.³ Opettajan tulee esittää kysymyksiä työn jälkeen oppilaille, jolloin oppimiskokemuksesta tulee tehokas.² Lisäksi on hyvä keskustella työssä ilmaantuneista uusista kemian periaatteista ja niiden vaikutuksista saatuihin tuloksiin.

Meyer *et al.* jakavat demonstraatiot kahteen ryhmään: toisaalta näyttäviin ja motivoiviin, toisaalta tehokkaisiin oppimiskokemuksiin.² Näyttävä demonstraatio on usein mitätön oppimiskokemuksen kannalta, mutta sillä on selvä motivoiva vaikutus oppilaisiin. Tällaisella demonstraatiolla on paikkansa oppitunneilla, kunhan sitä käytetään oikeissa tilanteissa. Demonstraatioiden on todettu motivoivan oppilaita.^{2,26}

Demonstraatiota käyttämistä tukee moni asia. Ensinnäkin demonstraatiota tekee useimmiten vain yksi henkilö, jolloin säästetään niin materiaalikustannuksissa, jätekustannuksissa kuin ajassakin.² Kun aikaa säästyy laboratoriotyössä, oppitunnilla voidaan käyttää enemmän aikaa työn pohdintaan.⁵ Demonstraatiot mahdollistavat myös kalliimmat työt, sillä reagensseja tai laitteita ei tarvita kuin yhdelle. Lisäksi onnettomuusriski pienenee demonstraatiota käytettäessä. Opettajat suosivat demonstraatiota, sillä se opettaa oppilaille mittalaitteiden, työmenetelmien ja reagenssien käyttämistä. Opettajille tärkeää on myös se, että he voivat kontrolloida oppimista. Opettaja voi ohjata oppilaiden oppimista kysymyksillä hänen haluamaansa suuntaan. Meyerin *et al.* mukaan monet koulut ovat heikosti varusteltuja työturvallisuuden osalta.² Tällöin demonstraatioita on hyvä käyttää. Demonstraatiota huono puoli on se, ettei oppilaille ole mahdollisuutta oppia laboratoriotaitoja, joita opitaan normaaleissa laboratoriotöissä.²⁶

Opettajan tulee olla huolellinen demonstraatiota suunniteltaessa.^{2,8} Demonstraatiota toimivuus tulee kokeilla ehdottomasti etukäteen, sillä epäonnistuneessa kokeessa opitaan usein jotain muuta, kuin mitä alkuperäisellä kokeella on ollut tarkoituksena oppia. Epäonnistuneessa kokeessa opitaan kuitenkin usein tärkeitä asioita, kuten millaista kemian tutkimus oikeasti on.⁵ Opettajan on muistettava, että demonstraatio on tarkoitettu havainnollistamaan luonnonilmiön sekä sen teoreettisen perusteluiden välistä yhteyttä oppilaille, eikä todistamaan sitä opettajalle itselleen. Demonstraatiota tehdessään opettajan tulisi tehdä sellainen demonstraatio, joka kiinnittää oppilaiden huomion oppimisen kannalta kaikkein olennaisimpaan.⁴⁸ Tällöin esimerkiksi opettajalle tylsä ja yksinkertainen demonstraatio saattaa edesauttaa oppilaita kaikista parhaiten oppimaan.

Demonstraatiota käyttämällä opettaja tekee opettamisen nautittavammaksi itselleen.²³ Kokeelliset työt rikkovat monotoniset luentomaiset tunnit. Laboratoriotöissä oppilaat näkevät paremmin teorian ja kokeellisuuden yhteyden kemian näkökulmasta. Opettajat saavat henkilökohtaisemman suhteen oppilaisiinsa kokeellisen työskentelyn aikana.

Demonstraatiota tehdessä opettajan tulee puhua kuuluvalla ja selkeällä äänellä.⁵ Taitava demonstraatiota esittäjä on myös hyvä näyttelijä, joka saa oppilaatkin innostumaan ilmiöstä. Työ kannattaa aloittaa kysymyksillä, jolloin demonstraatio kiinnittää oppilaiden huomion ensi hetkistä alkaen. Vuorovaikutus opettajan ja oppilaiden välillä

on hyvä säilyä koko työn aikana. Kysymykset ovat hyvä tapa ylläpitää tätä vuorovaikutusta.

Meyerin *et al.* mukaan opettajat eivät halua tehdä demonstraatioita, koska heillä on pulaa ajasta ja energiasta.² Tällöin opettajat eivät ehdi tai jaksaa suunnitella demonstraatioita. Opettajat valittavat myös kalliita materiaaleja ja välineitä kemian opetuksessa. Lisäksi nämä kalliit välineet vievät resursseja muilta opetusmateriaaleilta ja -välineiltä.

Seuraavissa luvuissa kerrotaan, kuinka demonstraatioita voidaan toteuttaa luokkahuoneessa eri tavoin. Opettaja voi tehdä demonstraation myös ilman puhetta tai arvioida demonstraation aikana ja jälkeen oppilaita. Nämä vaihtoehdot opetusmenetelmät tuovat piristystä oppitunteihin.

5.1.1 Hiljainen demonstraatio

Hiljaisessa demonstraatioissa opettaja esittää demonstraation ilman puhetta.⁵ Tällainen esitystapa minimoi opettajan roolia ja korostaa oppilaiden osuutta havaintojen ja johtopäätösten tekemisessä. Opettajan tulee suunnitella hiljaiset demonstraatiot perinteisiä demonstraatioita huolellisemmin, sillä työssä tehtyjä havaintoja erilaisista kemiallisista muutoksista opettaja ei voi täydentää sanoilla.

Hiljaisessa demonstraatioissa oppilaat joutuvat itse keksimään työn tarkoituksen sekä sen merkityksen.⁵ Sitä helpottaakseen oppilaat tekevät muistiinpanoja demonstraation aikana. On tärkeätä, että opettaja tarkastaa muistiinpanot työn jälkeen. Tällöin opettaja arvioi havaintojen ja johtopäätösten oikeellisuuden. Opettaja voi tarvittaessa toistaa työn myöhemmin.

Opettajan tulee selvittää oppilaille työn tarkoitus ennen hiljaista demonstraatiota.⁵ Opettajan tulee valita käytettävät laitteet ja reagenssit huolellisesti välttääkseen demonstraation aikana tapahtuvia yllätyksiä. Silloin kun oppilaille on käsiteltävästä asiasta tarpeeksi määrällistä ja laadullista tietoa, opettajan tulee aloittaa demonstraatio. Ennen oppituntia opettajan tulee miettiä oppilaiden oppimisen kannalta hankalimmat kohdat demonstraatiosta. Lisäksi opettajan tulee pohtia, miten nämä asiat saadaan

paremmin oppilaille ymmärrettäväksi. Tämän jälkeen demonstraatiota tulee harjoitella näitä hankalia asioita silmälläpitäen.

Jokaisen oppilaan tulee nähdä hyvin demonstraatio, joka esitetään ilman puhetta.⁵ Opettaja voi jakaa oppilaille lyhyen muistilistan ennen työtä, jossa on kirjoitettuna demonstraation eri vaiheet. Hiljaisen demonstraation tulee olla yksinkertainen, johdonmukainen sekä ilmiön tapahtumien muutokset selkeitä. Opettajan ei kannata käyttää tällaista demonstraatiota usein, sillä tällainen tapa tuo piristystä käytävään kurssiin ja antaa oppilaille lisäkiinnostuksen työtä kohtaan.

5.1.2 Demonstraation arvioiminen

Demonstraation arvioimisessa (engl. Demonstration assessment) opettaja suorittaa demonstraation aikana sekä sen jälkeen arviointia oppilaistaan.^{3,23} Demonstraation aikana opettaja arvioi oppilaiden havaintoja, joita oppilaat kirjoittavat työn aikana ylös. Demonstraation jälkeen oppilaat kirjoittavat huomioita ja jopa selityksiä työstä. Tämän jälkeen opettaja kerää kirjoitetut huomiot sekä selitykset ja johdattelee oppilaita työhön liittyvään keskusteluun. Arviointia voidaan toteuttaa esimerkiksi pitämällä pieni testi kokeellisen työn jälkeen kyseisestä työstä ja antaa sen jälkeen oppilaille palautetta.

Pierce ja Pierce³ sekä Deese *et al.*²³ ovat tutkineet kokeellisen työn arvioimisen hyötyjä ja haasteita. Piercen ja Piercen mukaan demonstraatioiden arvioiminen antaa välittömän palautteen oppilaille omasta oppimisestaan.³ Myös opettajat tietävät välittömästi, ovatko oppilaat omaksuneet työn sisällön. Oppilaiden kemian ilmiöiden ymmärtäminen kehittyy demonstraatioita arvioimalla. Työn jälkeisen testin tulee tähdätä aiheisiin ja käsitteisiin, joita ei suoranaisesti demonstraatiossa käsitellä, vaan jotka vaativat oppilailta soveltamisen taitoja. Myös sellaiset kysymykset ja päättelyt ovat hyviä, joita ei voida toteuttaa työn aikana esimerkiksi luokkakoon, turvallisuuden tai työn kustannusten vuoksi. Opettajan tulee tarkoin tuntea oppilaansa ja valita kaikista tehokkain muoto opettaa heille, sillä demonstraatioita arvioimalla ja oppilastöillä saavutetaan samankaltaisia pedagogisia tuloksia.

Deesen *et al.* mukaan demonstraatioiden arvioimisella opettettujen oppilaiden käsitteellinen ymmärrys on parempi kuin oppilaiden, joille järjestetään viikoittaisia

kysymyksiä tehdyistä kokeellisista töistä.²³ Demonstraatioiden arvioiminen harjoituttaa oppilaiden seuraamistaitoja, kommunikointia sekä päättelykykyä. Välitön testi havainnoista ja selityksistä auttaa oppilaita kirjoittamaan kemian ilmiöt omin sanoin. Tämä auttaa oppilaita rakentamaan uutta tietoa ja ymmärrystä jo opitun tiedon päälle.

Demonstraatioiden arvioimisessa on paljon hyötyä oppilaalle.²³ Se auttaa oppilaita todella ymmärtämään käsiteltäviä asioita. Arvioinnin jatkuva harjoittaminen aktivoi oppilaita käyttämään korkeamman tason ajattelua. Tällainen opetusmetodi auttaa erilaisia oppijoita: visuaaliset oppijat oppivat näkemällä, auditiiviset oppijat oppivat taas keskustelemalla, kuulemalla sekä lukemalla. Lisäksi demonstraatioiden arvioiminen tukee oppilaita, jotka oppivat parhaiten kirjoittaessaan yksin vastauksia.

Opettajalta demonstraatioiden arvioiminen vaatii enemmän aikaa niin työn valmistamiseen kuin sen toteuttamiseenkin.³ Tällainen toimintamalli helpottaa opettajia oppilaiden arvioimisessa.

5.2 Oppilastyö

Oppilastöiden tekeminen on demonstraatio-opetuksen ohella käytetyin tapa opettaa kemiaa kokeellisesti.¹² Oppilastöissä oppilaat osallistuvat aktiivisesti käytännön kokeelliseen työskentelyyn, tekevät havaintoja luonnonilmiöistä, suunnittelevat ja tekevät kokeita erilaisilla laitteilla sekä tulkitsevat tuloksia. Oppilas tekee oppilastyön joko itsenäisesti, parin kanssa tai ryhmässä. Oppilastyöt kohottavat oppilaiden luonnontieteellistä yleissivistystä sekä kehittävät heidän tarvitsemiaan valmiuksiaan tulevaisuuden jatko-opinnoissa.

Lavonen ja Meisalo ovat luetteloineet oppilastöiden tavoitteita.¹² Heidän mukaansa nämä tavoitteet ovat:

- oppilastyö tekee abstrakteista luonnontieteiden käsitteistä ja käsitejärjestelmästä konkreettisemmän
- työskentely oppilaslaboratoriossa tuo esille kemian luonteen kokeellisena tieteenä
- oppilastyö tarjoaa konkreettisia kokemuksia ja keinoja, jotka tukevat oppilasta vaihtamaan virheelliset ennakkokäsitykset tieteen käsitysten mukaisiksi

- oppilastyö tarjoaa mahdollisuudet tietotekniikan hyödyntämiseen tiedon hankkimisessa luonnosta, tiedon käsittelyyn, esittämiseen ja arviointiin
- oppilastyö tarjoaa ympäristön kehittää oppilaiden kognitiivisia taitoja kuten ongelmanratkaisun, analysoinnin, yleistämisen, kriittisen ajattelun, soveltamisen, synteesin tekemisen, arvioinnin, päätöksenteon ja luovuuden taitoja
- oppilastyö tarjoaa ympäristön kehittää oppilaan luonnon tutkimisen, organisoinnin, yhdessä toimimisen ja keskustelun taitoja
- oppilastyö tarjoaa ympäristön kehittää oppilaan loogista päättelyä luonnontieteellisten ja teknologisten ongelmien parissa
- oppilastyö tarjoaa mahdollisuuksia kehittää oppilaiden luonnontieteitä ja ympäristöä kohtaan kokemia arvoja
- oppilastyö tarjoaa ympäristön kehittää oppilaan persoonallisuuden ominaisuuksia kuten rehellisyyttä, epäonnistumisen sietoa, riskinottoa, objektiivisuutta, vastuuntuntoa ja kompromissintekoherkkyyttä
- oppilastyö tarjoaa miellyttävän ja motivoivan ympäristön oppia luonnontieteitä
- oppilastyössä voidaan osoittaa tutkimusaiheita sopivasti valitsemalla todellisen elämän tilanteista luonnontieteiden merkitys yhteiskunnassa ja tekniikassa.

Tavoitteena on siis auttaa oppilaita ymmärtämään paremmin luonnontieteellisiä käsitteitä ja periaatteita.¹² Oppilastyön toivotaan avaavan oppilaille todellisen tieteen luonnetta. Lisäksi tavoitteena on kehittää oppilaiden monia eri osa-alueita, kuten motivaatiota, kognitiivisia taitoja sekä persoonallisia ominaisuuksia.

Tiedon käsittelytaidot kehittyvät oppilastöitä tehtäessä.¹² Oppilastöissä oppilas ottaa enemmän vastuuta oppimisestaan. Oppilas kehittyä myös itse suunnittelemaan, ohjaamaan ja arvioimaan omaa oppimistaan. Tällöin oppilastyöt kehittävät voimakkaasti oppilaan metakognitiotaitoja. Lisäksi oppilastyöt motivoivat oppilaita, parantavat heidän luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden ymmärrystä sekä kehittävät oppilaiden sosiaalisia taitoja.^{2,3,12,22}

Ryhmässä tehtävien oppilastöiden ongelmana on se, että osa ryhmän jäsenistä on usein passiivisia tarkkailijoita.⁵⁵ Oppilaiden mielestä yksin tai parin kanssa tehty oppilastyö auttaa heitä ymmärtämään työssä käytettäviä käsitteitä ja periaatteita paremmin kuin isossa ryhmässä tehty työ.

Krystyniakkin ja Heikkisen mukaan perinteisesti tehdyissä oppilastöissä oppilaat keskittyvät enemmän kysymysten esittämiseen laboratoriovälineistä tai tehtävän suorittamisesta kuin ymmärtämään työssä tapahtuvaa luonnontieteellistä prosessia.⁵⁶ Perinteisissä oppilastöissä oppilaat keskittyvät tulemaan tutuksi oppimisympäristön kanssa. Opettaja toivoisi tietenkin oppilaiden keskittyvän työhön ja sen tuloksiin sekä vastausten käsittelemiseen. Högströmin *et al.* mukaan oppilaat eivät useinkaan kysy oppilastöissä mitään, mitä opettaja ei olisi jo ohjeistuksessa kertonut tai neuvonut.³⁶ Kysymykset kohdistuvat useimmiten käytettäviin laitteistoihin ja reagensseihin.

Oppilastöiden ongelmana ovat työkirjat.¹² Työkirjoissa on paljon reseptimäisiä ohjeita oppilastöihin ja valmiita vastaustiloja sekä kysymyksiä. Useimmiten tällaisissa töissä oppilaat eivät käytä monipuolisia mittaamisen, luonnon tutkimisen, mittalaitteiden käytön hallinnan tai tulostenkäsittelytaitoja. Havaintojen kirjoittaminen tai yksinkertaiset kysymykset eivät kehitä oppilaiden kriittistä ajattelua tai korkeamman tason ajattelua.⁵⁷

Opettajan tulee olla oppilastöissä asiantuntija ja ohjata ryhmien ja pariin toimintaa työn aikana.⁵⁸ Useimmiten opettajan tehtävänä on auttaa oppilaita ratkaisemaan asiasisältöjä tai käynnistämään oppimisprosessi. Opettaja voi tehdä pienillä muutoksilla perinteisestä oppilastyöstä esimerkiksi tutkivan oppilastyön. Tällaisista oppilastöistä kerrotaan seuraavassa luvussa.

5.3 Tutkimuslähtöinen laboratoriotyö

Tutkimuslähtöisellä (engl. Inquiry-based) opettamisella tarkoitetaan pedagogista metodologia, joka yhdistää kokeellisen työskentelyn oppilaskeskeiseen keskusteluun ja käsitteiden tutkimiseen.⁵⁹ Tutkimuslähtöisiä laboratoriotöitä on olemassa monia erilaisia. Tässä luvussa käsiteltävät tutkimuslähtöiset pedagogiset menetelmät ovat:

- Avoin tutkimus (engl. Open-inquiry)
- Ohjattu tutkimus (engl. Guided-inquiry)
- Yhteisön tekemä tutkimus (engl. Community-based inquiry lessons)
- Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus (engl. Science writing heuristic, SWH).

Perinteisissä laboratoriotöissä oppilaat seuraavat keittokirjamaisia ohjeita.⁶⁰ Niissä ei saavuteta niin syvää ymmärrystä kuin tutkimuslähtöisissä laboratoriotöissä. Lisäksi laboratoriotutkimuksen jälkeen oppilaiden suositellaan tekemään suullinen esitys käydystä työstä. Opettajan kysymykset ovat tärkeitä esityksen aikana.

Tutkimuslähtöinen kokeellinen opettaminen kehittää oppilaiden tutkimustaitoja sekä luovuutta.¹⁶ Lisäksi oppilaiden sosiaaliset taidot kehittyvät ja he ymmärtävät paremmin tieteen luonnetta. Maurerin *et al.* mukaan oppilaat pitävät tutkimuslähtöisemmistä laboratoriotöistä.⁵² Kokeellinen työ voi olla hyvinkin tutkimuspainotteinen, vaikkei opettaja sitä luokalle sanoisikaan.¹⁶ Tutkimuslähtöisissä oppilastöissä on tärkeää, että opettaja antaa oppilaille mahdollisuuden tehdä kysymyksiä, suunnitella koetta, oppia havainnoimaan, keskustella tuloksista kriittisesti sekä tehdä omia johtopäätöksiä.³⁶

Samanlaisen tutkimuksen voi tehdä eritasoisille oppilaille.⁶¹ Jokaisen oppilaan luonnontieteellinen ajattelu kehittyy, sillä oppilaat voivat oppia samasta työstä oman tasoisia asioita. Keskitasoiset ja tätä heikommats oppilaat ymmärtävät aiheeseen liittyvän ongelman ja saavuttavat syvempää ymmärrystä opetettavasta aiheesta. Oppilaat, jotka ovat keskitasoa parempia, kysyvät laitteistoista ja metodeista, joita tutkimuksessa käytetään. Nämä oppilaat tietävät jo ratkaisun ongelmaan, joten he syventävät ajatteluaan näin. Erinomaiset oppilaat syventävät ajatteluaan kysymällä, kuinka tutkimuksen ongelma on yhteydessä heidän omaan arkielämäänsä. He tietävät jo ennen koetta ratkaisun kysytyyn ongelmaan ja tuntevat käytettävät laitteistot. Blonderin *et al.* mukaan erinomaiset oppilaat saavat tutkimuslähtöisissä laboratoriotöissä tietoa, jota he eivät saisi perinteisissä laboratoriotöissä. Tavoitteena on, että keskitason ja keskitason alla olevat oppilaat kysyvät joskus, miten ilmiö on yhteydessä heidän arkielämäänsä. Seuraavissa luvuissa kerrotaan lisää avoimesta tutkimuksesta, ohjatusta tutkimuksesta, yhteisön tekemästä tutkimuksesta sekä kirjoittamista painottavasta laboratoriotutkimuksesta.

5.3.1 Tutkimuksen avoimuus

Avoimessa tutkimuksessa (engl. Open-inquiry) oppilaat suunnittelevat ja suorittavat itse suunnittelemansa työn tutkiakseen annettua tehtävää.⁶⁰ He tunnistavat ja määrittelevät oman tutkimusongelmansa sekä suunnittelevat siihen tarvittavan laboratoriovälineistön.

Lisäksi oppilaat tekevät johtopäätöksiä ja tulkitsevat kerättyä tietoa. Avoimessa tutkimuksessa opettajan rooli on tukea oppilaita löytämään tietoa muualta kuin opettajalta kysymällä.⁵⁶

Oppilaat, joille opetetaan kemiaa avoimen tutkimuksen kautta, turvautuvat vähemmän opettajan ohjaukseen kuin perinteisiä menetelmiä käyttävät oppilaat.⁵⁶ Kun oppilaiden persoonalliset taidot kehittyvät, heidän vuorovaikutuksensa muiden oppilaiden kanssa paranee. Avoimessa tutkimuksessa oppilaat tukeutuvat ongelmissaan, kuten laitteistoissa ja tiedonkeräyksessä, mieluummin muihin oppilaisiin kuin opettajaan. Tällainen opetusmenetelmä rohkaisee oppilaita itsenäisemmiksi. Useimmiten oppilaat kysyvät opettajalta työturvallisuuteen liittyviä kysymyksiä. Verbaalinen vuorovaikutus toimii enemmän ryhmän ja muiden oppilaiden kesken kuin opettajan ja oppilaiden välillä. Oppilaat kuitenkin juttelevat keskenään perinteisiä laboratoriotöitä vähemmän kemiallisista käsitteistä.

Avoin tutkimus kehittää oppilaille tieteeseen tarvittavia taitoja, kuten tiedon analysointia, laskutaitoa, päättelykykyä sekä taitoa muodostaa hypoteeseja.⁵⁶ Lisäksi verbaalinen vuorovaikutus sekä korkeamman tason ajattelemisen kehittyvät. Myös korkeamman tason kysymysten muodostaminen sekä tutkimustaidot, kuten laitteiston suunnittelutaito, paranevat.⁶² Posterien ja esitysten tekeminen avoimen tutkimuksen jälkeen parantaa oppilaiden käsitteellistä ymmärrystä aiheeseen. Posterien teko kehittää oppilaiden ajattelua ja muovaa heidän ennakkokäsityksiään kemiaa kohtaan.

Oppilaat arvostavat avoimessa tutkimuksessa sitä, että työn tähtäin on opettaa oppilaille arkielämän kemiaa.⁵² Oppilaat pitävät avoimessa tutkimuksessa varsinkin siitä, että he saavat itse päättää, miten he tekevät kyseisen työn. Perinteisissä oppilastöissä oppilaat tekevät työn valmiin keittokirjamaisen reseptin mukaan ennalta valitulla laitteistolla. Oppilaat pitävät siis valinnanvapaudesta sekä vapaudesta tehdä itsenäisiä päätöksiä.

Avoin tutkimus ei ole kaikille oppilaille paras menetelmä opettaa kokeellisesti.⁵⁹ Tällaiset laboratoriotyöt vaativat oppilailta vahvan pohjatiedon asiasta. Avoimessa tutkimuksessa vaaditaan oppilailta riittäviä laboratoriotaitoja ja itsenäisyyttä tehdä laboratoriotöitä. Oppilaiden mielestä avoimet tutkimukset ovat vaikeampia kuin perinteiset laboratoriotyöt, varsinkin ensimmäisillä kerroilla.

Tällaiset laboratoriotyöt vaativat opettajalta enemmän kuin perinteiset laboratoriotyöt.⁵⁹ Opettajien tulee muuttaa tutkimuksia aluksi helpommaksi, sillä oppilaiden on vaikea oppia uusi työskentelytapa. Opettajien tulee ohjata oppilaita kehittämään heidän omia tutkimuskysymyksiä ja analyyseja. Lisäksi opettajan tulee kertoa oppilaille selvästi hänen odotuksistaan. Oppilaiden tulisi mieluummin ymmärtää työ täysin kuin vain saada vastaus heidän kysymäänsä kysymykseen ilman asian ymmärtämistä.

5.3.2 Ohjattu tutkimus

Ohjatussa tutkimuksessa (engl. Guided-inquiry) oppilaat seuraavat kokeellisia ohjeita, keräävät tietoa ja hankkivat tutkimukseen liittyvää materiaalia esimerkiksi Internetistä tai kirjoista.⁶³ Tällaisessa opetusmenetelmässä on usein konkreettinen tavoite, joka tulisi saavuttaa tutkimuksen teon aikana. Ohjatussa tutkimuksessa oppilaille annetaan tutkimuskysymys sekä kerrotaan yksityiskohtaisesti laboratoriovälineet ja turvallisuusohjeet.⁵⁶ Lisäksi oppilaille annetaan kysymyksiä, jotka vaativat tiedon keräämistä ja analysointia. Oppilaille ei siis kerrota yksityiskohtaisesti, kuinka koe tehdään. Tämä vaatii oppilailta aktiivista suunnittelua.⁶⁴ Oppilaat eivät välttämättä tunne tutkimuksessa käytettäviä käsitteitä entuudestaan.⁵⁶

Ohjatussa tutkimuksessa oppilaat tekevät itse olettamuksen, suunnittelevat olettamusta testaavan työn, keräävät tietoa, havainnoivat koetta sekä luovat yhteyden havaintojen ja perusolettamuksien välille.⁶⁴ Ohjattu tutkimus kehittää oppilaiden käsitteellistä ymmärrystä.⁶⁵ Ohjattu tutkimus antaa oppilaille mahdollisuuden harjoituttaa, käyttää ja kehittää heidän kemian ymmärrystään.⁶¹ Lisäksi oppilaat ovat kiinnostuneempia kemiasta kuin perinteisissä laboratoriotöissä. Tämä johtaa oppilaiden oppimiseen ohjatussa tutkimuksessa.⁶⁵ Tutkimuslaboratoriossa oppilaat kokevat olevansa menestyksekkäitä tutkijoita.⁶⁶ He tulevat luottavemmiksi oppilaskeskeisiä töitä kohtaan sekä saattavat haluta tehdä niitä jopa itsenäisesti. Oppilaiden mielestä ohjattu tutkimus on vaikeampaa kuin perinteiset laboratoriotyöt.⁵⁹

Oppilailta on positiivisempi asenne ohjattuun tutkimukseen kuin avoimeen tutkimukseen.⁶³ He uskovat oppivansa enemmän ohjatussa tutkimuksessa ja tekevät mielellään töitä ohjatusti. Ohjatut tutkimukset ovat oppilaille helpompia, hausempia ja vievät vähemmän aikaa. Opettajien tulee miettiä käytettäviä opetusmenetelmiä sekä

opetustekniikoita oppilaiden ymmärryksen ja oppimisen kannalta, ei oppilaiden mielipiteitä kuunnellen.

Kemian opettajien mielestä ohjatut tutkimukset ovat haasteellisia opettaa.⁶⁰ Syinä tähän ovat ajanpuute, suuret luokkakoot sekä sopivien välineiden ja materiaalin puute. Tutkimuksissa kuluu enemmän aikaa kuin normaaleissa töissä, sillä oppilaat tarvitsevat paljon aikaa töitä suunniteltaessa. Ohjattuja tutkimuksia on kuitenkin erilaisia, toiset vievät enemmän aikaa kuin toiset. Opettajan tulee tutustua erilaisiin ohjattuihin tutkimuksiin ja valita niistä oppimistavoitteita tukeva työ. Jos oppilaita on luokassa paljon, tulee töitä tehdä hieman isommissa ryhmissä. Materiaalien ja välineiden puute vaatii opettajalta enemmän aikaa ja perehtymistä suunnitteluvaiheessa.

Ohjattua tutkimusta voidaan tehdä monessa eri paikassa pitkällä aikavälillä.⁴⁴ Joskus ohjatussa tutkimuksessa voidaan joutua käyttämään välineitä ja reagensseja, joita koululta ei löydy. Tällöin työskentelyä voi mahdollisuuksien mukaan aloittaa tai jatkaa koulun ulkopuolisissa tiloissa. Tällainen vaatii opettajalta hyvää organisoimistaitoa.

Opettajat luulevat, että vain erityisen lahjakkaat oppilaat selviytyvät ohjatuista tutkimuksista.⁶⁰ Heitä arveluttavat myös heikkojen oppilaiden taidot sekä motivaatio kyseisiä laboratoriotöitä kohtaan. Opettajat eivät usko pystyvänsä kontrolloimaan luokkaa tutkimuksen aikana. Opettajat ovat huolissaan työturvallisuudesta, sillä kaikki oppilaat tekevät itse suunnittelemaansa töitä.

Ohjattua tutkimusta voidaan käyttää esimerkiksi reaktiomekanismin opettamiseen.⁶⁵ Opettaja voi myös muokata perinteisiä oppilastöitä ohjatuiksi tutkimuksiksi. Töissä, joissa tehdään esimerkiksi orgaaninen reaktio, voidaan jättää reaktioyhtälöstä lopputuote oppilailta paljastamatta. Tämän he joutuvat itse työssä selvittämään, jolloin työstä tulee ohjattu tutkimus.

5.3.3 Yhteisön tekemä tutkimus

Yhteisön tekemässä tutkimuksessa (engl. Community-based inquiry lessons) oppilaat ratkaisevat yhteisön kesken opettajalta saadun ongelman.⁶⁷ Yhteisönä toimivat luokkahuoneessa useimmiten kaikki luokan oppilaat. Opetusmenetelmässä on oppilas-

johtoinen tieteellinen yhteisö, joka yrittää etsiä yhdessä vastauksia ongelmiin. Oppilaat tarvitsevat opettajalta ohjausta ja vastauksia heidän kysymyksiinsä.

Gallagher-Bolos ja Smithenry antavat opettajalle keinoja koko luokan tutkimuksen toteuttamiseen onnistuneesti.⁶⁷ Opettajan tulee valita luokasta 2 oppilasta luokkamanagereiksi, jotka organisoivat luokkaa ja kuuntelevat opettajan ideoita auttaakseen luokkaa. Kaikkien oppilaiden tulee osallistua ja ottaa aktiivinen rooli tutkimuksessa. Tavoitteena on, että jokainen oppilas ymmärtää projektin etenemisen. Jokaisen oppilaan pitää kerätä tutkimukseen jotain tietoa, eikä opettaja saa antaa kenellekään oppilaalle liian vaikeata tehtävää tehtäväksi. Oppilaiden tulisi osata ratkaista kaikki ongelmat vähintäänkin yhteistyöllä. Lisäksi jokaisen oppilaan tulee kirjoittaa laboratoriovihkoon tutkimuksen eteneminen. Tutkimuksessa ei saa olla aikarajoja. Opettajan tulee korostaa turvallisuutta oppilaille. Arvioinnissa arvosana jakautuu kahteen osaan: henkilökohtaiseen arvosanaan sekä koko luokan saamaan arvosanaan. Opettaja itse voi päättää, kumpaa arvosanaa hän painottaa enemmän.

Tällainen opetusmenetelmä auttaa oppilaita ymmärtämään kemiallisia käsitteitä sekä perehtymään materiaaliin.⁶⁸ Oppilaat kehittyvät paremmiksi ajattelijoina sekä luottavat enemmän omaan laboratoriotyöskentelyynsä. Lisäksi oppilaat ymmärtävät hieman tutkijana olemista, sillä tutkijat eivät työskentele yksin ratkaistakseen ongelmia, eivätkä seuraa tarkkoja ohjeita työssään. Koko luokan tutkimuksen todetaan syventävän oppilaiden tieteellistä tietoutta. He oppivat rakentamaan uutta tietoa jo opitun tiedon päälle. Oppilaista tulee luottavaisempia ja itsenäisempiä ongelmanratkaisijoita.

Song *et al.* toteavat koko luokan tutkimuksen kehittävän oppilaiden yhteistyötaitoja.⁶⁸ Oppilaat tulevat paremmiksi kuuntelijoiksi sekä kommunikoivat muiden oppilaiden kanssa kunnioittavasti. He keskustelevat tieteellisistä merkityksistä, jotka perustuvat heidän omiin kokemuksiin, toisten oppilaiden kanssa. Useimmiten hiljaisemmista oppilaista tulee myös melko aktiivisia. Opettaja oppii kuuntelemaan oppilaiden ideoita ja ymmärtämään paremmin oppilaiden väärinkäsityksiä. Toistettaessa koko luokan tutkimusta oppilaiden aktiivisuus kasvaa sekä tutkimukseen käytettävä aika pienenee.

5.3.4 Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus

Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus (engl. Science writing heuristic, SWH) auttaa itsenäisen kirjoittamisen kautta oppilaita ymmärtämään kemiallista ilmiötä.⁵⁷ Se on osittain ohjattu menetelmä, joka tukee tieteellisten perustelujen oppimista oppilaiden tekemissä laboratoriotutkimuksissa.⁶⁹ Tällaisessa menetelmässä oppilaiden on tarkoitus muodostaa kysymyksiä, väitteitä, todistuksia ja havaintoja niin kirjallisesti kuin keskustelemallakin. Kirjoittamista painottavassa laboratoriotutkimuksessa keskustellaan sekä ennen kokeellista työtä että sen jälkeen.⁵⁷ Ennen työtä käytävässä keskustelussa oppilaat keksivät ja kirjaavat itsenäisesti tutkimuskysymyksiä keskustelun ohella. Työn jälkeisessä keskustelussa oppilaat kirjoittavat ideoitaan, väitteitään, todistuksiaan sekä pohdiskelujaan ja heijastavat niitä omiin kokemuksiinsa itsenäisesti sekä opettajan johdolla keskustelemalla. Burke *et al.* toteavat tutkimuksessaan, että kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus yhdistää ohjatun tutkimuksen, yhteistyön sekä kirjoittamisen.⁶⁴ Tällaisessa oppimisessa keskustellaan työn aikana käsitteistä ja kirjoitetaan työn lopuksi pohdintoja sekä ideoita.

Laboratorioraportteja kirjoitetaan tällaisessa tutkimuksessa eri tavoin kuin tavallisesti.⁶⁹ Raporttiin vaaditaan monipuolista kuvailua työstä sekä johtopäätöksistä. Myös kerätyn tiedon tieteellisyydestä tehdään selvitys. Raporttiin toivotaan oppilailta kysymyksiä, väitteiden, todistuksien ja pohdinnan välille kirjoitettu yhteys. Kirjoittamisen tulee mieluummin olla ”writing-to-learn” -tyylistä, jossa yhdistellään työssä käytyjä ideoita sekä opittua teoriaa.⁶⁴ Perinteisesti oppilaat kirjoittavat muistiinpanoja omista havainnoistaan tai sanatarkkoja kopiointeja kirjasta opettajan laatimiin kysymyksiin. ”Writing-to-learn”-tyylinen kirjoittaminen vaatii oppilailta käsitellyn tiedon, tieteen harjoittamisen ja teorian yhdistämistä. Tällöin oppilaiden ymmärrys asiasta on parempaa kuin tavallisesti kirjoitettaessa. Laboratorioraporttien kirjoittaminen tällä tavalla auttaa oppilaita rakentamaan uutta tietoa jo opitun tiedon päälle.⁵⁷

Oppilaiden tutkivan oppimisen taidot sekä kriittinen ajattelu kehittyvät opetettaessa kirjoittamista painottavan laboratoriotutkimuksen avulla.⁵⁷ Lisäksi oppilaat rohkaistuvat osallistumaan aktiivisesti oppimiseensa, pohtimaan omaa oppimistaan ja sitä kautta oppimaan kemian käsitteitä. Oppilaat uskaltavat paremmin myös keskustella ja puhua kyseisestä aiheesta.⁶⁴ Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus auttaa teorian ja

laboratorion yhteyden ymmärtämisessä.⁵⁷ Lisäksi korkeamman tason ajattelutaidot, kuten analysointi ja asioiden yhdistäminen kehittyvät.

Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus kehittää kolmea eri oppimisen modaalista osa-aluetta: verbaalista, symbolista ja visuaalista.⁶⁹ Verbaalinen osa-alue kehittyy kirjoitettaessa kokonaisuuksia ja yhdistämällä niitä opittuihin asioihin. Symbolinen osa-alue kehittyy kirjoittamalla ja käyttämällä kemiallisia symboleja, kaavoja, yhtälöitä sekä matemaattisia lausekkeita. Visuaalinen osa-alue kehittyy diagrammeja ja piirustuksia tehtäessä.

Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus parantaa oppilaiden käsitteellistä ymmärrystä.⁵⁷ Oppilaat pitävät ennen työtä sekä työn jälkeen käytäviä keskusteluja erittäin tärkeinä oppimisen kannalta. Laboratorioraporttien ja teorioiden lukeminen sekä pohtiminen auttavat oppilaita luomaan aiemman tiedon ja kyseisen työn välille yhteyden.

Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus on vaihtoehtoinen opetusmenetelmä.⁶⁹ Kun perinteisesti opettamalla passiivisilta oppilaita kysytään työn tarkoitusta, menetelmiä, havaintoja, tuloksia ja johtopäätöksiä, niin kirjoittamista painottavassa laboratoriotutkimuksessa oppilaita rohkaistaan tuomaan esiin tutkimuskysymyksiä, tunnistamaan kerätyn tiedon toimintamalleja, muodostamaan väitteitä, edesauttamaan todistusten löytämistä väitteille sekä heijastamaan edellä mainitut asiat heidän tutkimukseensa.

Opettajan rooli on helpottaa oppilaiden tekemiä prosesseja.⁷⁰ Opettajan ei tule kuitenkaan antaa suoria vastauksia oppilaiden kysymyksiin eikä sanella oppilaiden tekemisiä. Opettajan tulee ohjata työtä, mutta ei johtaa sitä. Mitä enemmän oppilaat tekevät päätöksiä ja ratkaisuja, sitä enemmän oppilaat ovat työlle omistautuneita, kokevat vastuuta laboratoriotutkimusta kohtaan, motivoituvat ja ovat kiinnostuneita lopputuloksista.

5.4 Ongelmalähtöinen opetus

Ongelmaperustaisessa oppimisessa (engl. Problem based learning, PBL) on keskeistä ryhmätyöskentelyn kautta tapahtuva oppiminen, ryhmässä tapahtuva vuorovaikutus sekä yhteisöllinen tiedonmuodostus.⁷¹ Ongelmaperustainen oppiminen korostaa postmodernin tietoyhteiskunnan tuomia vaatimuksia eli vuorovaikutus-, tiedonkäsittely- ja ongelmanratkaisutaitojen kehittämistä. Lisäksi teorian ja käytännön välille luodaan kiinteä yhteys. Oppimisen lähtökohtana on todellisesta maailmasta nousevat ongelmatilanteet.

Ongelmalähtöinen kokeellinen työ vaatii kokeen suunnittelua oppilailta.⁶⁵ Opettaja esittää ryhmälle ongelman, jonka jälkeen oppilaat suunnittelevat kyseiseen ongelmaan ratkaisun. Tämä kehittää oppilaiden kriittistä ajattelua, ongelmanratkaisukykyä, korkeamman tason ajattelua, laboratoriotaitoja sekä kommunikointitaitoja.^{65,72} Lisäksi oppilaiden kiinnostus kemiaa kohtaan kasvaa sekä oppilaiden itseohjautuminen, oman oppimisen arvioiminen sekä tiedonhankintataidot kehittyvät.⁶⁵ Itseohjautumisella tarkoitetaan oppilaan kykyä omatahtoiseen työskentelyyn eli taitoa toimia ja opiskella ilman toisten ihmisten aikaan saamaa painetta. Ryhmässä oppiminen vaatii jokaiselta ryhmän jäseneltä aktiivisuutta.⁷¹ Oppilailta tällainen opetusmuoto vaatii vastuun ottamista heidän omasta oppimisestaan.

Oppilaiden tietotaso ja ymmärtäminen paranevat ongelmalähtöisessä opetuksessa.⁷² Tämä näkyy oppilaiden kirjoittaessa tutkittavasta ilmiöstä. He kirjoittavat tällaisen opetuksen jälkeen omin sanoin sekä ymmärtävät kirjoituksensa. Lisäksi ongelmalähtöinen opetus vaatii oppilaiden aivotyöskentelyä eri lailla kuin perinteinen opetus.⁷³ Tällöin oppilaiden ymmärtäminen kehittyy.

Opettajan rooli ongelmalähtöisessä opetuksessa on ohjaava.⁷² Opettajan tehtäviin kuuluu valita oppilaiden tieto- ja taitotasoon sopiva ongelma, joka sisältää kokeellisuutta. Opettajan tulee taata oppilaiden turvallisuus sekä seurata, että laitteistoja sekä kemikaaleja käytetään asianmukaisesti. On tärkeätä, että opettaja ohjaa oppilaita uusiin ideoihin sekä menetelmiin. Oppilaiden onnistuessa ja suoriutuessa ongelmasta, opettajan tulee iloita heidän kanssaan onnistumisista. Lisäksi opettajan kysymyksillä on suuri merkitys, sillä ne johtavat keskusteluun. Varsinkin ryhmän sisällä syntyvät keskustelut ovat oppimisen kannalta tärkeitä. Tällainen keskustelu opetettavasta

ilmiöstä johtaa luultavasti opettajalle esitettyyn kysymykseen, jossa ryhmäläiset haluavat täydellisen selityksen kyseiseen ilmiöön. Opettajan ei tule säikähtää oppilaskeskeistä oppimista tai pientä kontrollintunteen katoamista.

Arvioinnilla on oppimisprosessissa keskeinen merkitys.⁷¹ Opetusmenetelmien muuttuessa arviointimenetelmienkin on muututtava. Kyse ei ole ainoastaan oppimistulosten arvioinnista, vaan oppimisen eri vaiheisiin liittyvästä prosessi-, itse- ja ryhmäarvioinnista. Oppilaat itse ovat myös aktiivisesti mukana arvioinnissa.

Oppimisen tueksi tarvitaan usein uudenlaisia resursseja, kuten tiloja ja materiaaleja tehokkaan ryhmätyöskentelyn toteuttamiseksi.⁷¹ Ongelmaperustainen oppiminen vaatii oppilailta aikaisempaa tietoa aiheesta.⁶⁵ Lisäksi tällainen oppiminen on aikaa vievää, varsinkin ensimmäisillä kerroilla. Suuret luokkakoot tuottavat opettajalle ongelmia, sillä ryhmiä tulisi luokassa olla vain muutama, ei esimerkiksi kymmentä.⁷²

5.5 Yhteistoiminnallinen opetus

Yhteistoiminnallista oppimista (engl. Co-operative learning) käytetään usein kokeellisessa opetuksessa.⁹ Yhteistoiminnallinen ryhmä koostuu 2-6 oppilaasta sekä on koostumukseltaan useimmiten heterogeeninen.⁵⁸ Ryhmässä tapahtuu yksilöllistä työskentelyä, parityöskentelyä sekä ryhmäkeskustelua. Tällainen oppiminen korostaa yksilöllisen vastuun kantamista ja yhteisvastuuta, jolloin passiivisia sivustakatsojia ei ryhmissä tulisi olla. Yhteistoiminnallisessa ryhmätyöskentelyssä jokainen ryhmänjäsen kantaa vastuuta yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi.⁷⁴ On tärkeää, että jokainen oppilas on ymmärtänyt, miten yhteistoiminnallisessa opetuksessa toisia ryhmäläisiä autetaan sekä työskentelyssä että oppimisessa. Jokaisen oppilaan aktiivinen osallistuminen takaa onnistuneen ja hyödyllisen yhteistyön. Kuitenkaan mikä tahansa ryhmätyö ei ole yhteistoiminnallista.⁷⁵

Parhaimmillaan yhteistoiminnallinen työskentely luo oppimisen iloa, positiivista sosiaalista kanssakäymistä sekä tukee oppimisprosessia.⁷⁵ Oppilailla kehittyvät tällaisessa työskentelyssä vuorovaikutustaidot, sosiaaliset taidot sekä tiedolliset taidot.⁵⁸ Lisäksi ryhmä hyötyy yksilöiden erilaisista taidoista ja tiedoista.⁷⁵ Tällöin opiskelu muuttuu mielekkääksi ja oppimistulokset paranevat. Yhteistoiminnallinen työskentely

tarjoaa yksilöille mahdollisuuden harjoitella päätöksentekoa, suvaitsevaisuutta sekä erilaisiin rooleihin liittyviä taitoja, kuten johtamista, ongelmanratkaisua ja keskinäistä kommunikointia. Lisäksi yhteistoiminnallisen oppimisen on todettu motivoivan oppilaita.⁷⁶

Yhteistoiminnalliselle oppimiselle on tyypillistä ryhmän jäsenten välillä oleva positiivinen riippuvuus sekä monipuolinen ja avoin vuorovaikutus heidän kesken.⁵⁸ Jokainen ryhmän jäsen on vastuussa oppimisestaan ja on tilivelvollinen tekemisistään muille ryhmän jäsenille. Tyypillisesti oppilaat kannustavat toisia ryhmäläisiä yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Ryhmän työskentelyyn tulisi sisältyä tehtävän suorittamisen lisäksi ryhmän sisäistä oman toiminnan pohtimista ja arviointia sekä mahdollisesti jokaisen yksilön oman oppimisen arviointia.⁷⁵

Kaikentasoiset oppilaat hyötyvät yhteistoiminnallisesta oppimisesta.⁷⁷ Heikot oppilaat oppivat paremmin, kun he ovat vuorovaikutuksessa lahjakkaiden oppilaiden kanssa. Lisäksi lahjakkaat oppilaat opettavat tiedostamattaan heikompia oppilaita ryhmätöissä. Lahjakkaat oppilaat hyötyvät kertoessaan ideoitaan ja havaintojaan heikommille oppilaille. Tällöin lahjakkaat oppilaat ymmärtävät ideansa syvällisemmin ja muistavat ne pidempään.

Opettajalla on tärkeä ja erilainen rooli opettaessa yhteistoiminnallisesti verrattuna perinteiseen opettamiseen.⁵⁸ Opettajan tulee luopua perinteisestä opettajan roolista ja tarkkailla oppilaita taka-alalta. Näin ollen opettaja tukee oppilaiden itseohjautuvuuden kehittymistä. Opettajan tulee olla valmis aktiiviseen yhteistyöhön oppilaiden kanssa. Vaikka oppimisprosessi on yhteistoiminnallisesti opettamalla hidas, opettajan tulee olla kärsivällinen ja luottaa menetelmään. Pääasiallisesti opettajan työ on ennakkovalmistelussa, sillä hänen on tarkoin pohdittava työ- ja ryhmäjakoja sekä ajankäyttöä.⁷⁵

Kirjallinen ohje on hyvä laatia oppilaille, varsinkin ensimmäistä kertaa opettaessa yhteistoiminnallisesti.⁷⁵ Oppilaita tulee myös valmentaa ja ohjeistaa yhteistoiminnalliseen opiskeluun. Pienissä ryhmissä opiskelu vaatii opettajan sekä oppilaiden laatimat pelisäännöt. Opettajan on myös seurattava, että sääntöjä noudatetaan.

5.6 Luonnossa tehtävä kokeellinen työ

Luonnossa voidaan oppilaiden kanssa tehdä tutkimuksia tai oppilastöitä.^{78,79} Ennen luontoon siirtymistä suunnitellaan koe, tutustutaan välineisiin ja läpikäydään teoria luokkahuoneessa.⁸⁰ Kasvivärjäys on hyvä esimerkki oppilastyöstä, joka tehdään luonnossa tai työssä käytettävät aineet haetaan oppilaiden kanssa luonnosta. Luonnossa tehtävässä tutkimuksessa tutkitaan esimerkiksi vettä tai maaperää.

Palmbergin ja Kurun mukaan luonnossa tehtävät oppilastyöt ja erilaiset tutkimukset kehittävät oppilaiden itseluottamusta, turvallisuuden tunnetta, sosiaalisia taitoja sekä oppilaiden suhtautumista luontoon.⁷⁸ Lisäksi luonnossa tehdyt työt motivoivat oppilaita, antavat oppilaille kokemuksia luonnosta sekä tutustuttavat heitä eri yhteistyötahoihin heidän yhteisössään.⁸¹ Luonto-ohjelmat kehittävät luokan yhteishenkeä ja oppilaiden ryhmätyötaitoja.⁷⁸

Luonnossa tehtävä tutkimus tai oppilastyö auttaa opetettavan aiheen konkretisoitumisessa oppilaille.⁸¹ Tällöin opetettava aihe opetetaan realistisessa viitekehyksessä. Nämä kokeelliset työt kehittävät oppilaiden havainnointikykyä ja oppilaat saavat kokemusta käyttäessään tieteellisiä laitteistoja. Luonnossa toteutetun tutkimuksen tehtävänä on todistaa opetettu teoria todeksi.

Luonnossa tehtävillä tutkimuksilla on monenlaisia tavoitteita, joita opettajat toivovat oppilaiden saavuttavan.⁷⁹ Eräs tavoite on oppilaiden ympäristöön liittyvien arvojen kehittyminen sekä heidän aito välittäminen luonnosta. Luonnossa tehtävä tutkimusprojekti voi olla yhteydessä oikeaan tieteeseen, jolloin oppilaat saavat kokea olevansa apuna luonnolle sekä tieteelle. Helmsin mukaan tällaista yhteistyötä tehdään paikallisen tiedeyhteisön kanssa.

Luontoa vältelleet oppilaat eivät uskalla tehdä tutkimuksia luonnossa.⁷⁸ Varsinkin ”kaupunkikouluissa” luonnontieteiden opettajien tulee viedä oppilaita luontoon tekemään kokeellisia töitä ja havainnoimaan luontoa. Oppilaat, jotka ovat viettäneet aikaa luonnossa, osaavat nimetä paremmin luontoa uhkaavia ongelmia. Luonnossa havaittavien ekologisten ongelmien näkeminen isommassa mittakaavassa sekä niiden yhdistäminen oppilaiden omaan elämään tuottaa monelle oppijalle vaikeuksia.⁷⁹ Tällaisissa tilanteissa opettajan esittämällä kysymyksillä ja johdetuilla keskusteluilla on

keskeinen pedagoginen rooli, jotta oppilaat ymmärtävät oman merkityksensä luonnonsuojelemisessa.

Opettajan systemaattinen ja opettajajohtoinen toiminta edesauttaa luonnossa tehtävän oppilastyön onnistumista.⁷⁸ Työskentelymenetelmää suunniteltaessa opettajan tulee päättää työn avoimuudesta.⁸¹ Lisäksi opettajan tulee valita, tehdäänkö työssä yhteistyötä koulun ulkopuolisten tahojen kanssa. Useimmat opettajat pitävät luontoa ainutlaatuisena oppimisympäristönä.

5.7 Mikrokemia

Mikrokemian (kutsutaan myös mikromittakaavan kemiaksi) lähtökohtana on opettaa kemiaa kokeellisesti pienentämällä kemikaalien määriä.⁸² Tämän takia myös käytettävät välineet ovat pienempiä kuin perinteisessä laboratoriotyössä. Kemikaalien määrien pienentämisellä tarkoitetaan yleensä mittakaavaa, jossa grammasta siirrytään milligrammaan tai jopa mikrogrammaan.⁸³ Mikrokemiaa voidaan soveltaa kaikkiin edellä mainittuihin kokeellisiin opetusmenetelmiin.

Mikrokemia antaa turvallisemman vaihtoehdon kokeelliseen opetukseen, sillä töissä käytetään pienempiä määriä kemikaaleja.⁵⁵ Tämä taas vähentää esimerkiksi myrkyllisten liuottimien haihtumista luokkahuoneilmaan.⁸² Ainemäärien pienentäminen vähentää kemikaalien kulutusta sekä kemikaalijätteiden määrää.⁵¹ Näin kokeellisen kemian kustannukset vähenevät dramaattisesti. Lisäksi töissä säästyy aikaa, sillä reaktioihin kuluvat ajat lyhenevät. Luonto ei rasitu, eikä tilaakaan tarvita yhtä paljon kuin suuremmilla määrillä työskenneltäessä. Välineinä mikrokemiassa käytetään usein halpoja muovivälineitä, jolloin hankinta- ja käyttökustannukset ovat halvempia kuin helposti särkyvissä lasivälineissä. Muoviesineet ovat lisäksi turvallisempia kuin lasiesineet. Muoviesineitä ei voi kuitenkaan lämmittää eikä niillä voi käsitellä vahvoja kemikaaleja.

Oppilaat tekevät töitä huolellisemmin sekä heidän laitteiden käsittelytaidot kehittyvät opettaessa mikrokemian avulla.⁵⁵ Abdullahin *et al.* mukaan kemian käsitteiden ymmärtäminen paranee mikrokemian opetuksessa. Motivaatioon tai asenteisiin mikrokemialla ei ole vaikutusta.

Oppilaiden mielestä mikrokoon laitteita on mukava käsitellä sekä helpompi ja nopeampi koota kuin normaalikokoisia laitteistoja.⁵⁵ Toisaalta joitakin mikrokoon välineitä on suhteellisen vaikea koota, esimerkiksi mikrobyrettiä. Kaikki oppilaat kokevat Abdullahin *et al.* mukaan oppivansa jotain uutta sekä ymmärtävänsä käsiteltävän aiheen. Oppilaiden mielestä mikrokemian laitteistot ovat kevyitä eivätkä mene helposti rikki. Näiden takia oppilailla on turvallinen olo tehdä töitä. Koska käytettävät määrät ovat pieniä sekä aikaa menee vähän, oppilaat pystyvät toistamaan työn. Oppilaat pitävät mikrokemiaa helpompana, mukavampana sekä turvallisempana vaihtoehtona kuin normaaleja laboratoriotöitä, vaikkakin oppilaiden mielestä käytettävät laitteet ovat välillä liian pieniä sekä mittaustarkkuus kärsii liikaa.

Mikrokemiaa on hyvä soveltaa sähkökemian sekä happojen ja emäksien opettamisessa.⁵⁵ Opettajien mielestä mikrokemia on loistava vaihtoehto opettaa kokeellisesti, sillä se säästää kemikaalikuluja sekä kemikaalijätteiden määrää. Lisäksi mikrokemia säästää aikaa, motivoi oppilaita sekä pienet laitteistot ovat helposti siirreltävissä.

Opettajien mielestä mikrokemian opetus on hyvin oppilaskeskeistä.⁵⁵ Heidän mukaansa oppilaat tarvitsevat aikaa totutella mikrokokoon, jotta oppilaat tulevat tutuiksi ja tuntevat olonsa mukavaksi mikrolaitteiden kanssa. Ongelmia mikrokemiassa on opettajien mielestä joidenkin laitteiden käsiteltävyydessä. Osa laitteista on liian pieniä käsiteltäväksi sekä turhan vaikeita pestäväksi. Tällaisia laitteita on myös helppo tiputtaa sekä hävittää. Opettajien mielestä tilavuuden sekä massan tarkkuudet kärsivät liikaa mikrokemiaa käytettäessä.

5.8 Virtuaalilaboratorio

Virtuaalilaboratoriossa oppilaat tutustuvat tietokoneen välityksellä laboratorioon sekä siellä tehtäviin töihin.⁸⁴ Tällaiseen työtapaan tarvitaan oppilaalle tietokone sekä virtuaalilaboratorioon suunniteltu ohjelma. Oppilaat voivat vapaasti tutkia, koota laitteistoja sekä löytää informaatiota laboratoriovälineistä virtuaalimaailmassa. Virtuaalilaboratorion tavoitteena on saada tietokoneteknologian kehityksen edut käyttöön yhdistettynä kemiallisien ilmiöiden teorian opetukseen.⁸⁵

Virtuaalilaboratoriota käytetään Dalgarnon *et al.* mukaan kahdesta eri syystä.⁸⁴ Sen avulla esitetään oppilaille visuaalisesti kemiallisia käsitteitä sekä valmistetaan oppilaita tulevia laboratoriotöitä varten. Virtuaalilaboratorion tulee tällöin olla samantyylinen kuin tuleva laboratoriotyö. Jos virtuaalilaboratoriolla on harjoiteltu ennen laboratoriotyötä, oppilaat tuntevat olonsa laboratoriossa luottavamemmiksi ja rennommiksi. Laitteiden kokoamiseen kuluu vähemmän aikaa sekä oppilaat pystyvät keskittymään enemmän kokeellisen työn kemiallisiin käsitteisiin.

Oppilaiden käsitteellinen ymmärrys paranee, kun virtuaalilaboratoriota käytetään opetuksessa.⁸⁵ Oppilaat pitävät tästä työtavasta. Virtuaalilaboratorio tarjoaa vaihtoehdoisen tavan kemian oppimiseen. Tämä työtapa on joillekin oppijoille parempi kuin perinteinen työtapa. Lisäksi oppilaat tutustuvat käsiteltävän aiheen materiaaleihin helposti ja nopeasti.

Virtuaalilaboratoriossa oppilas on aktiivinen oppija, sillä hän tekee aktiivisesti valintoja.⁸⁶ Oppilas ei voi vain seurata reseptimäisiä ohjeita. Turvallisuus, eettisyys ja todenmukaisuus ovat virtuaalilaboratorion hyviä puolia.⁸⁵ Lisäksi oppilaiden kriittinen ajattelu kehittyy harjoiteltaessa virtuaalisesti. Virtuaalilaboratoriossa oppilaat pystyvät tutkimaan lyhyessä ajassa opetettavaa aihetta laajasti. Esimerkiksi happamuutta voidaan muuttaa hetkessä ja tutkia muutoksen vaikutusta. Ohjelmien ja tietokoneiden ostamiseen kuluu rahaa, mutta virtuaalilaboratorion todetaan silti olevan halvempi vaihtoehto kuin perinteinen laboratorio-opetus.⁸⁶ Virtuaalisesti opetettaessa ei tule kemikaali- eikä jätekuluja.⁸⁵ Perinteisessä laboratoriotyössä käytettäviä laitteistojakaan ei tarvitse uusia. Virtuaalilaboratoriossa käytettävä ohjelma maksaa melko paljon, mutta ohjelman päivityksistä koulun ei tarvitse enää maksaa.

Dalgarnon *et al.* mukaan perinteisen laboratoriotyön avulla saavutetaan hieman parempia oppimistuloksia kuin virtuaalilaboratorion avulla.⁸⁴ Ilman laboratoriokokemusta olevat oppilaat saavat eniten hyötyä virtuaalisesti, sillä simulaatio tuo oikeata laboratoriota oppilaille tutuksi. Oppilaat kokevat virtuaalilaboratorion hyväksi vaihtoehdoksi, hyödylliseksi, valmistavaksi apuvälineeksi, tulevaisuuden työmuodoksi sekä varmuuden kasvattajaksi. Tutkimuksen mukaan oppilaat, jotka ovat käyttäneet virtuaalilaboratoriota ennen oikeata laboratoriota, kokevat ensimmäisellä laboratoriokerralla olleensa ennenkin laboratoriossa. Kuitenkin oppilaat kokevat

laboratorio-ohjeiden läpikäynnin, esitehtävät tai tekstikirjan lukemisen tärkeämmäksi valmistautumiseksi laboratoriotöihin kuin virtuaalilaboratorion.

Opettajan rooli virtuaalilaboratorion aikana voi olla auttaja, ohjaaja tai ATK-tukihenkilö.⁸⁶ Opettajan täytyy olla valmiina oppilaiden henkilökohtaiseen neuvomiseen virtuaalilaboratorion aikana. Opettaminen on usein oppilaiden kysymyksiin vastailemista sekä työn jälkeistä keskustelua työssä tapahtuvista kemiallisista ilmiöistä. Virtuaalisesti opettamalla oppilaille voi jäädä jotain virhekesityksiä opetettavasta aiheesta, jolloin opettajan tulee huomata ja korjata nämä käsitykset. Virtuaalilaboratorio sopii hyvin esimerkiksi liukoisuuden, kiehumispisteen sekä kaasunpaineen tutkimiseen.⁸⁵

5.9 Mittausautomaatio

Mittausautomaatio (engl. Microcomputer-based laboratory, MBL) on opetuksen apuväline, joka käyttää tietokonetta tiedon keräämiseen, esittämiseen ja analysoimiseen.⁸⁷ Mittausautomaatio sisältää laitteiston sekä ohjelmiston, jotka ovat yhteydessä tietokoneeseen. Erilaisten mittaustekniikoiden käyttäminen alkaa olla yhä suositumpaa kemian opetuksessa.¹² Mittausautomaatio ja -järjestelmä soveltuvat sekä avoimien että suljettujen laboratoriotöiden tekemiseen. Tieto- ja viestintäteknikan käyttäminen laboratoriotöissä vaatii oppilaiden tutustumista käytettävään laitteistoon ennen kokeellisia töitä. Mittausautomaatio antaa oppilaan kontrolloida omaa tutkimustaan ottamalla reaaliaikaisia mittaustuloksia ja esittämällä tulokset graafisessa muodossa.⁸⁸ Mittausautomaatioiden integroiminen kokeellisen kemian opetukseen on tehokkaampi tapa käsitteiden oppimiseen kuin perinteiset opetusmenetelmät.⁸⁹

Tietokoneavusteinen oppilastyö nopeuttaa huomattavasti esimerkiksi kuvaajien piirtämistä.⁵³ Oppilaat keskittyvät mittausautomaatiota tehdessään oikeisiin asioihin, kuten mittausautomaation ruudulla tapahtuviin kemiallisiin tapahtumiin. Kuvaajien seuraaminen auttaa oppilaita yhdistämään kemian abstrakteja ilmiöitä luonnossa tapahtuviin konkreettisiin asioihin.⁸⁸ Koulutasosta riippumatta mittausautomaatiolla tehdyt oppilastyöt kehittävät oppilaiden käsitteellistä ymmärtämistä sekä havainnointikykyä. Lisäksi tällaisissa kokeellisissa töissä päästään helpommin käsiksi

kerättävään tietoon. Tällöin oppilaille jää enemmän aikaa käsitellä työssä käytäviä käsitteitä ja keskustella niistä opettajan kanssa.

Akselan mukaan monipuolinen oppimisympäristö tukee korkeamman tason ajattelua ja ymmärtämistä.³³ Monipuolisella oppimisympäristöllä Aksela tarkoittaa normaalin oppimisympäristön lisäksi käytettävän esimerkiksi mittausautomaatiota. Tutkimuksen mukaan mittausautomaatiot innostavat oppilaita keskustelemaan ja kysymään opettajalta. Mittausautomaatioiden käyttäminen auttaa oppilaita käyttämään korkeamman tason ajattelua. Lisäksi mittausautomaatiot kehittävät oppilaiden kriittistä ajattelua sekä heidän tietoteknisiä taitojaan.⁹⁰

Mittausautomaatiot auttavat oppilaita ymmärtämään ilmiön kolmella eri tiedon tasolla: mikro-, makro- sekä symbolisella tasolla.⁹¹ Kun oppilaat tutkivat graafeista eri suureiden yhtenäisyyksiä, auttaa se oppilaita ymmärtämään opetettavan ilmiön makrotasolla. Symbolisella tasolla liikutaan silloin, kun matemaattisia yhtälöitä käsitellään tietokoneella tai opettajan avustuksella. Oppilaat ymmärtävät käsittelyn ilmiön paremmin mikrotasolla, kun oppilaille näytetään ilmiöstä tarkka malli tietokoneelta tai jos he itse saavat mallintaa sitä tietokoneella.

Oppilaiden mielestä mittausautomaatiot ovat kiinnostavia sekä joidenkin mielestä jopa helppoja käyttää.³³ Toisten mielestä ne ovat liian vaikeita ja epäselviä. Lisäksi niiden käyttämisen aloittaminen tuntuu joillekin vaikealta ja haastavalta. Oppilaiden mielestä mittausautomaatio näyttää tulokset selvästi ja jättää positiivisen tunteen oppitunnista. Oppilaiden mielestä mittausautomaatioilla tehtävät oppilastyöt ovat paljon parempia kuin perinteiset laboratoriotyöt.⁸⁸ Heidän mielestään mittausautomaatioiden ehdoton hyöty on siinä, että samaan aikaan kun ilmiö tapahtuu, saadaan reaaliaikaisia mittaustuloksia mittausautomaation näytölle. Käyrien ja graafien piirtäminen vie oppilaiden mielestä liikaa aikaa perinteisissä laboratoriotöissä ja on lisäksi kyllästyttävää. Näytteiden lukumäärä sekä tarkkuus ovat myös syy mittausautomaation positiiviseen vastaanottoon. Useimmiten ne oppilaat, jotka ovat ennen laboratoriotöitä haluttomia tutkimaan opetettavaa ilmiötä mittausautomaation avulla, ovatkin työn aikana kiinnostuneita ilmiöstä ja osallistuivat työn jälkeiseen keskusteluun.

Opettajan tulee ohjata oppilaita tehtävän työn aikana aktiiviseen ajatteluun.⁵³ Osa oppilaista saattaa tuijottaa passiivisesti ruudulla olevan kuvaajan valmistumista, jolloin

opettajan tulee esittää tällaisille oppilaille kuvaajaan tai työhön liittyviä kysymyksiä. Tällöin opettaja haastaa oppilaansa aktiiviseen ajatteluun. Opettajan kannattaa käyttää mittausautomaatioilla säästetty aika työhön liittyvään keskusteluun. Ruudulla näkyvä kuvaaja on hyvä tapa nopeuttaa keskustelun aukeamista.

Mittausautomaatiota on helppo integroida kokeellisen kemian opetukseen esimerkiksi happo-emäs titrausta tehtäessä tai sulamis- ja jäätymispisteiden opettamisessa.⁸⁸ Pierrin *et al.* mukaan sulamis- ja jäätymispisteiden ymmärtäminen paranee mittausautomaatiota käyttämällä. Oppilaat ymmärtävät työssä mikrotason eli sisäenergian muutokset ja sen yhdistymisen makrotasoon eli sulamis- ja jäätymispisteisiin.

Mittausautomaatioiden käyttämisen haasteet ovat laitteiden käyttämisessä.⁵³ Oppilaat oppivat opettajia nopeammin uusien laitteiden käyttämisen. Suurimmaksi ongelmaksi nousee opettajien vähäinen osaaminen laitteistojen käyttämisessä. Sama asia todetaan opettajille tehdyssä kemian tutkimuksessa Suomessa (ks. luku 2.2). Nykyisin laitteet ovat kuitenkin helppokäyttöisempiä kuin ennen.⁸⁰ Koulujen resurssien vähyyden tai logististen vaikeuksien ei kerrota olevan merkittävä haaste mittausautomaatioiden käyttämiseen kouluopetuksessa.⁵³

6 Yhteenveto kirjallisesta osasta

Valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa painotetaan kokeellista lähestymistapaa kemian opetuksessa.⁴ Kokeellinen työskentely parantaa oppilaiden luonnontieteiden käsitteiden ja periaatteiden omaksumista huomattavasti.^{3,10} Kokeellisessa lähestymistavassa oppilaiden persoonallisuus kehittyy sosiaalisen kanssakäymisen seurauksena. Lisäksi oppilaat ovat innostuneita ja oppivat paremmin opetettavia ilmiöitä. Merkittävin hyöty oppilaille on tutkimusten mukaan nimenomaan oppilaiden luonnontieteellisen ajattelun kehittyminen sekä kemian käsitteiden ja periaatteiden omaksuminen.¹⁻³

Opettajalla on tärkeä rooli monipuolisen kokeellisen oppimisympäristön luomisessa, joka edesauttaa opettajan ja oppilaan välistä sekä oppilaiden keskinäistä vuorovaikusta luokkahuoneessa.⁴ Opettajan tulee sekä hallita kemian sisällöt että tuntea monipuoliset työtavat auttaakseen oppilaita oppimaan kemian periaatteita entistä paremmin.⁴⁶ Lisäksi

opettajan tulee tuntee oppilaidensa kyvyt tehdä oppilaslaboratorioita sekä tietää, miten oppilaat käsittelevät tieteellisiä käsitteitä.⁴⁷ Opettajan rooli kokeellisessa työskentelyssä on edesauttaa oppilaita ymmärtämään opetettavia ilmiöitä. Mitä paremmin opettaja on muuntanut tietonsa tieteellisestä kemiasta pedagogiseksi sisältötiedoksi, sitä enemmän oppilailla on mahdollisuus ymmärtää opetettavia sisältöjä.

Opettajan on tärkeää käyttää kokeellisessa opetuksessa monipuolisia kokeellisia opetusmenetelmiä.^{2,33} Erilaiset työtavat kehittävät oppilaiden eri osa-alueita. Demonstraatiot ja tietokoneavusteiset oppilastyöt kehittävät oppilaiden korkeamman tason ajattelua. Demonstraatioissa oppilaat näkevät lisäksi todellista kemiaa ja yhdistävät sitä oppimaansa kemiaan.² Oppilastyöt kehittävät oppilaiden kognitiivista osa-aluetta, motivoivat sekä kehittävät persoonallisuutta.¹² Yhteistoiminnallisesti opettaminen kehittää nimenomaan oppilaiden vuorovaikutus- ja sosiaalisia taitoja.⁵⁸ Tutkimuslähtöinen opetus kehittää oppilaiden tutkimustaitoja ja luovuutta sekä syventää heidän ajattelua.¹⁶ Monipuolisia kokeellisia opetusmenetelmiä käyttämällä varmistetaan oppilaiden kehittyminen kaikilla mahdollisilla osa-alueilla.

7 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millä eri tavoilla opettajat opettavat kokeellisesti yläkoulussa kemiaa. Lisäksi tavoitteena oli saada selville syitä, miksi opettajat opettavat juuri näillä kokeellisilla menetelmillä sekä minkä vuoksi opettajat eivät opeta monipuolisesti erilaisilla kokeellisilla menetelmillä. Tavoitteena oli myös selvittää valtakunnallisen opetussuunnitelman vaikutusta opettajien käyttämiin kokeellisiin työtapoihin. Tutkimuskysymyksinä olivat:

- Millä kokeellisilla menetelmillä opettajat opettavat kemiaa?
- Miksi opettajat opettavat heidän mainitsemillaan kokeellisilla menetelmillä?
- Miksi opettajat eivät käytä monipuolisia kokeellisia opetusmenetelmiä?
- Miten valtakunnallinen opetussuunnitelma vaikuttaa opettajien valitsemiin opetusmenetelmiin?

Kyseessä on laadullinen ja määrällinen tutkimus. Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella kriittisesti yläkoulujen kemian opettajien kokeellisen opettamisen valmiuksia sekä kokeellisen opetuksen toteutusta. Tarkastelu toteutettiin opettajan näkökulmasta. Seuraavassa luvussa kerrotaan lisää tutkimuksen toteutuksesta.

8 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus toteutettiin lomakekyselynä. Kyselylomake lähetettiin sähköpostitse 11 eri MAOL:n (Matemaattisten aineiden opettajien liiton) paikalliskerhojen sähköpostilistalle. Näitä paikalliskerhoja olivat: MAOL-Keski-Suomi ry, MAOL-Etelä-Pohjanmaa ry, MAOL-Kuopio ry, MAOL-Keski-Pohjanmaa ry, MAOL-Varkauden seutu ry, MAOL-Vaasa ry, MAOL-Oulun seutu ry, MAOL-Helsingin kerho ry, MAOL-Ylä-Savo ry, MAOL-Mikkeli ry sekä MAOL-Satakunta ry. Sähköpostiviestin vastaanotti arviolta muutama sata yläkoulun kemian opettajaa. Jokaisesta paikalliskerhosta saatiin kyselyyn vastauksia. Lisäksi tutkija pyysi muutamaa tuttua kemian opettajaa vastamaan kyselyyn. Liitteet 1-3 sisältävät opettajille lähetetyn sähköpostiviestin, kyselylomakkeessa esitetyt selitykset opetusmenetelmille sekä kyselylomakkeen.

Kyselylomakkeeseen saivat vastata vain yläkoulujen kemian opettajat. Tämä kerrottiin sähköpostiviestissä ja varsinkin sen otsikossa, jonka tutkija lähetti joko suoraan MAOL:n paikalliskerhojen sähköpostilistalle tai paikalliskerhojen puheenjohtajan tai sihteerin välittämänä. Kyselyyn oli helppo vastata, sillä se oli melko lyhyt Internet-pohjainen kysely. Se toteutettiin Korpissa, joka on Jyväskylän yliopistossa käytettävä monipuolinen opintotietojärjestelmä. Opettajia houkuteltiin vastaamaan myös antamalla heille informaatiota erilaisista kokeellisista opetusmenetelmistä. Kyselyn keskellä selitettiin kyselyssä esiintyvät kokeelliset opetusmenetelmät muutamalla lauseella. Lisäksi tutkijan lähettämässä sähköpostiviestissä kerrottiin tämän kaltaiselle tutkimukselle olevan erittäin paljon tarvetta, koska monipuolinen kokeellinen kemian opetus on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu todella tärkeäksi tavaksi opettaa kemiaa.

Kyselylomakkeessa toteutettiin sekä määrällistä että laadullista tutkimusta. Monivalintakysymyksissä käytettiin määrällistä tutkimusta ja avoimissa kysymyksissä laadullista tutkimusta. Avoimia kysymyksiä tutkittiin laadullisen aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin.

Kyselylomakkeella pyrittiin saamaan selville, millä kokeellisilla menetelmillä kemian opettajat opettavat yläkoulussa. Tutkijaa kiinnosti myös, kuinka usein opettajat opettavat näillä menetelmillä ja ovatko osa menetelmistä täysin vieraita heille. Lisäksi tarkoituksena oli saada selville syitä, miksi opettajat käyttävät heidän mainitsemiaan menetelmiä sekä mitä opetuksellisia haasteita tietyissä menetelmissä on.

Lomakkeen ensimmäisessä osassa tiedusteltiin opettajien taustatietoja. Seuraavassa osassa selvitettiin opettajien tottumuksia erilaisten kokeellisten menetelmien opettamiseen. Kyseessä oli monivalintaosio. Tämän osion jälkeen jokainen kokeellinen opetusmenetelmä kuvattiin muutamalla lauseella, jotta opettajat ymmärsivät, mitä kyseessä oleva menetelmä tarkoittaa luokkahuoneessa. Lisäksi opettajat, jotka eivät välttämättä ymmärtäneet, mitä kysytyy opetusmenetelmä tarkoittaa, pystyivät tarkistamaan ja oppimaan, millainen menetelmä oli kyseessä. Osalle menetelmistä tutkija keksi itse suomenkielisen nimen, joka parhaiten kuvasi käytettävää menetelmää, sillä vakiintunutta suomennosta ei tietyille menetelmille ollut valmiiksi. Esimerkiksi kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus (Science writing heuristic, SWH) oli tällainen menetelmä. Lisäksi osa menetelmistä on suomennettu eri tavoin eri lähteissä.

Viimeisessä osassa opettajilta kysyttiin avoimilla kysymyksillä syitä erilaisten kokeellisten menetelmien opettamiseen tai opettamatta jättämiseen. Kysymyksillä haluttiin saada selville opetussuunnitelman, koulun resurssien, kollegoiden, oppilastuntemuksen ja työturvallisuuden vaikutusta käytettäviin kokeellisiin opetusmenetelmiin. Lisäksi tarkoitus oli selvittää opettajien tarvetta täydennyskoulutukseen. Kyselylomakkeen avulla haluttiin tietää myös, miksi opettajat opettavat merkitsemillään opetusmenetelmillä säännöllisesti.

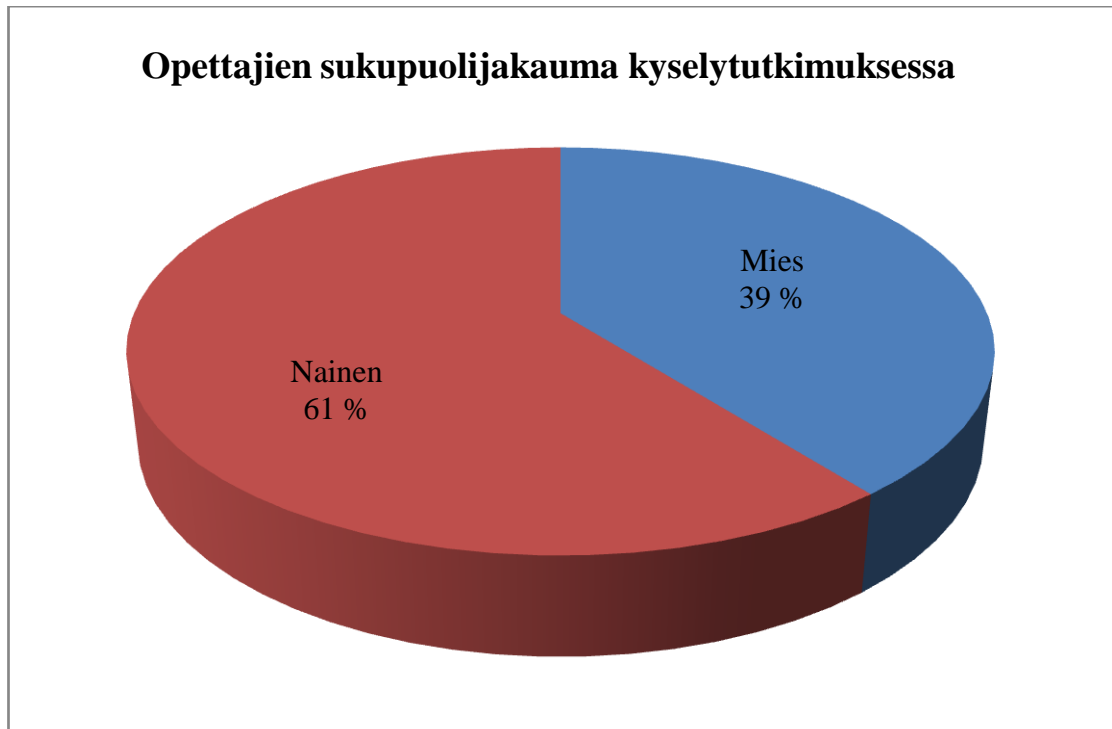
Kyselylomakkeen viimeisessä kysymyksessä kysyttiin opettajien halukkuutta tulla haastatelluksi tarkemmista yksityiskohdista liittyen tähän tutkimukseen. Opettajia pyydettiin laittamaan suostuessaan joko puhelinnumerosa tai sähköpostiosoitteensa, jotta tutkija voi ottaa myöhemmin yhteyttä mahdollisen haastattelun merkeissä. Kyselytutkimuksen tulokset olivat kuitenkin niin laajoja ja monipuolisia, että tutkija päätti olla haastattelematta opettajia.

9 Tutkimustulokset

Kyselylomakkeeseen vastasi 61 opettajaa. Yksi opettaja vastaa noin 1,6 % tuloksissa ja kuvaajissa. Seuraavissa luvuissa kerrotaan kyselytutkimuksen tuloksista.

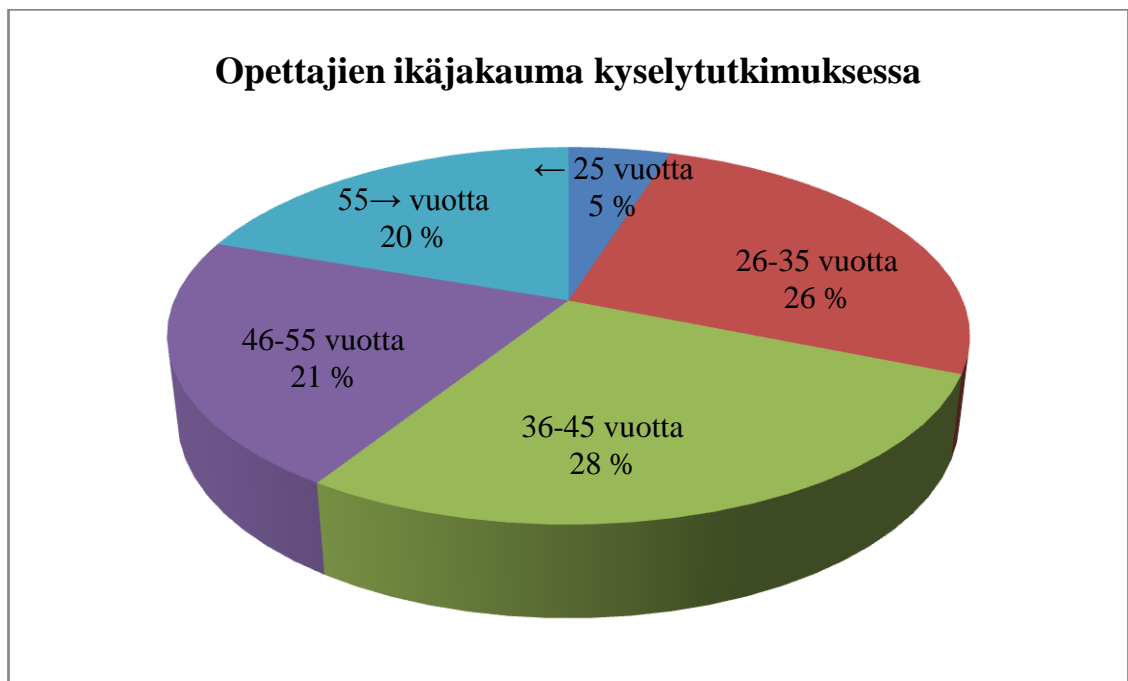
9.1 Opettajien taustatiedot kyselytutkimuksessa

Tutkimukseen vastanneista naisia oli hieman suurempi osa kuin miehiä. Opettajien sukupuolijakauma kyselytutkimuksessa on esitetty kuvassa 3. Tutkimuksen sukupuolijakauma ei kuvaa täysin opettajien jakaumaa työelämässä. Naiset vastasivat kyselytutkimukseen miehiä aktiivisemmin.



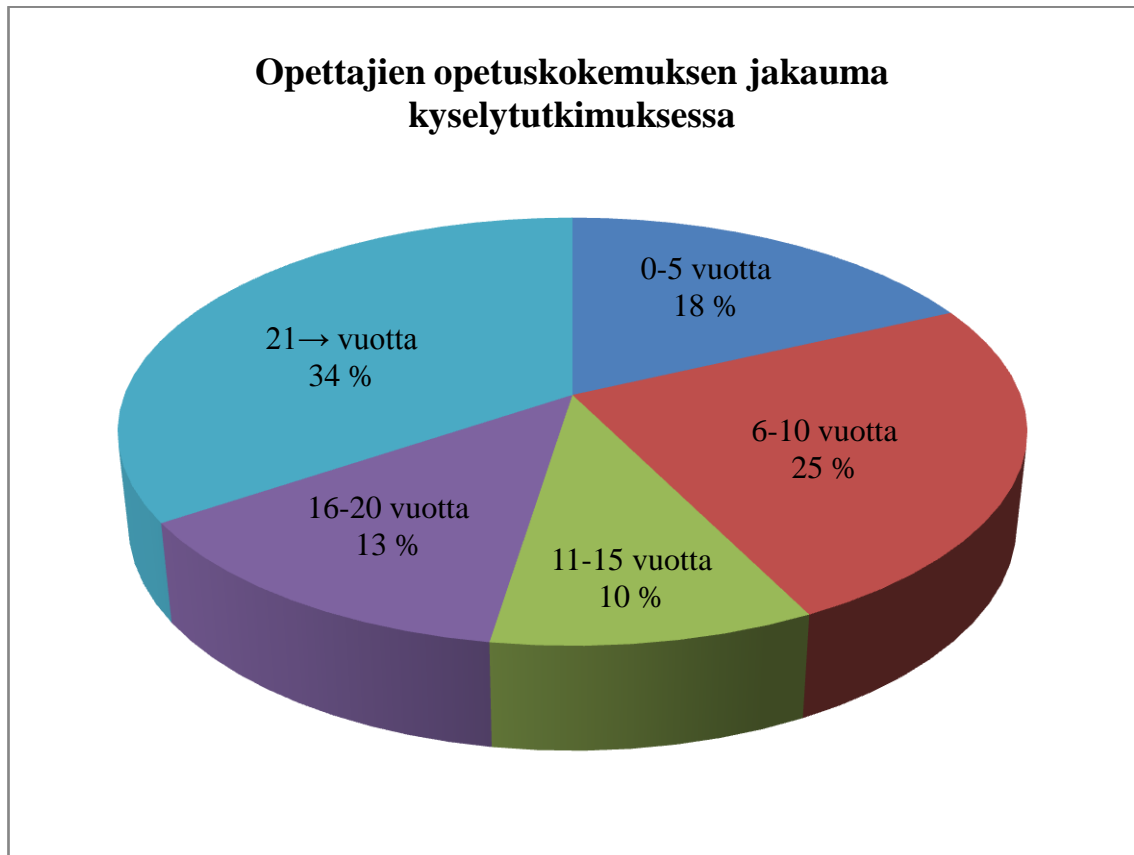
Kuva 3. Opettajien sukupuolijakauma kyselytutkimuksessa.

Opettajien ikäjakauman tasaisuus yllätti tutkijan positiivisesti. Vaikkakin ennakkoaavistus siitä, että alle 25-vuotiata tulee olemaan selvästi vähiten, kävi toteen. Vastanneiden ikäjakauma on esitetty kuvassa 4. Kyselytutkimukseen saatiin vastauksia laajasti eri-ikäisiltä ja siten myös eripituisten työkokemuksen omaavilta opettajilta.



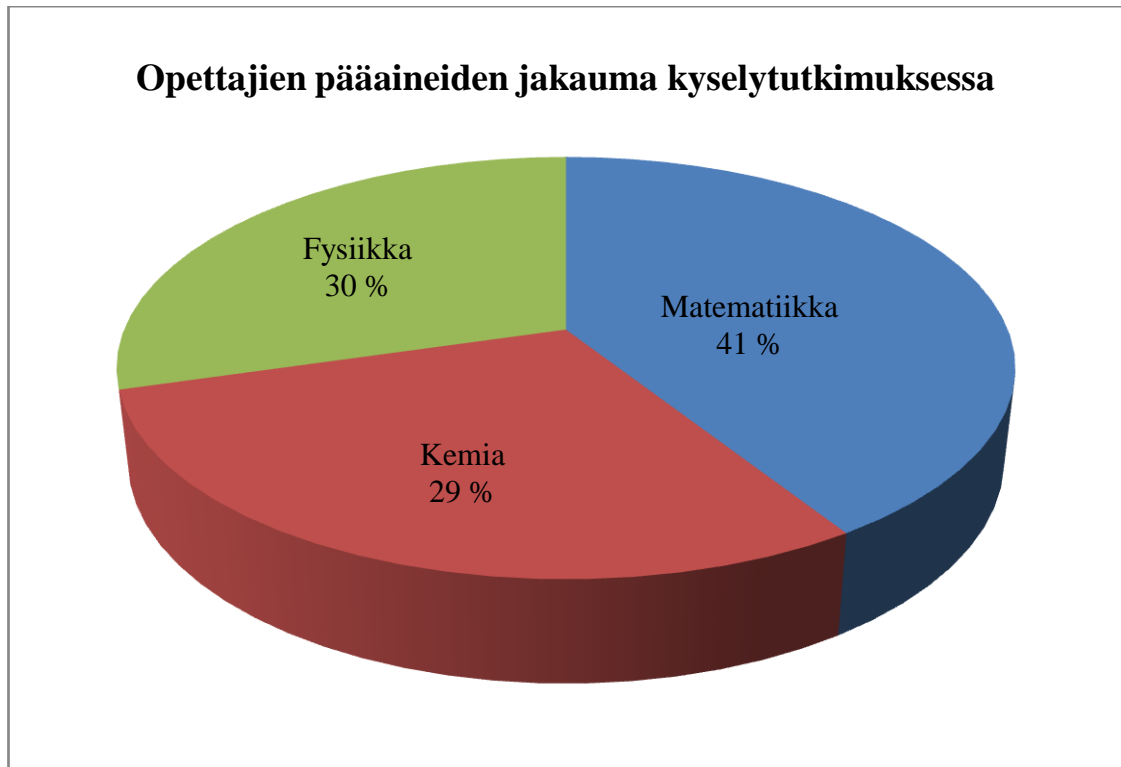
Kuva 4. Opettajien ikäjakauma kyselytutkimuksessa.

Kyselyyn vastanneiden opetuskokemus oli myös melko tasaisesti jakautunut. Varsinkin kokeneiden opettajien (opetuskokemus yli 21 vuotta) aktiivinen osallistuminen tutkimukseen oli tutkijalle positiivinen yllätys. Tutkimuksen kannalta myös juuri opettajaksi valmistuneiden (opetuskokemus 0-5 vuotta) aktiivisuus otettiin positiivisesti vastaan. Opettajien opetuskokemuksen jakautuminen tutkimuksessa on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Opettajien opetuskokemuksen jakautuminen kyselytutkimuksessa.

Matematiikan opettajia pääaineenaan oli pieni enemmistö tutkimuksessa. Heille kokeellinen työskentely saattaa tuottaa haasteita heidän pääaineensa vuoksi. Fysiikan ja kemian pääaineopettajia vastanneista oli lähestulkoon sama määrä. Tutkimukseen ei vastannut ketään, jonka pääaine olisi ollut tietotekniikka tai jokin muu. Opettajien pääaineiden jakautuminen on esitetty kuvassa 6. Näkemyksiä saatiin laajasti sekä kemiaa pääaineenaan että sivuaineenaan opettavilta.



Kuva 6. Opettajien pääaineiden jakautuminen kyselytutkimuksessa.

9.2 Yläkoulussa käytettävät erilaiset kokeelliset opetusmenetelmät

Tutkimuksessa selvitettiin opettajien käyttämiä opetusmenetelmiä. Taulukossa 1 on esitetty, miten usein opettajat opettavat erilaisilla kokeellisilla menetelmillä. Suluissa olevat numerot kuvaavat kyselyyn vastanneiden opettajien lukumäärää. Kaikki kyselyyn osallistuneet opettajat eivät vastanneet kaikkiin kohtiin. Siitä johtuu, ettei jokaisessa opetusmenetelmässä ole 61 vastausta.

Taulukko 1. Yläkoulussa käytettävät kokeelliset opetusmenetelmät. Suluissa olevat numerot kuvaavat kyselyyn vastanneiden opettajien lukumäärää.

	Viikoittain	Kuukausittain	Olen kokeillut	En koskaan	En ole kuullut
Demonstraatio	80 % (49)	16 % (10)	3 % (2)	0 % (0)	0 % (0)
Hiljainen demonstraatio	3 % (2)	10 % (6)	28 % (17)	17 % (10)	42 % (25)
Demonstraation arvioiminen	17 % (10)	10 % (6)	24 % (14)	29 % (17)	20 % (12)
Oppilastyö	93 % (57)	5 % (3)	2 % (1)	0 % (0)	0 % (0)
Avoin tutkimus	0 % (0)	27 % (16)	48 % (29)	25 % (15)	0 % (0)
Ohjattu tutkimus	3 % (2)	22 % (13)	60 % (36)	15 % (9)	0 % (0)
Yhteisön tekemä tutkimus	0 % (0)	2 % (1)	27 % (16)	50 % (30)	22 % (13)
Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus	5 % (3)	13 % (8)	42 % (25)	32 % (19)	8 % (5)
Yhteistoiminnallinen opetus	12 % (7)	8 % (5)	57 % (34)	23 % (14)	0 % (0)
Luonnossa tehtävä kokeellinen työ	0 % (0)	5 % (3)	62 % (37)	33 % (20)	0 % (0)
Virtuaalilaboratorio	0 % (0)	7 % (4)	33 % (20)	53 % (32)	7 % (4)
Ongelmalähtöinen opetus	0 % (0)	13 % (8)	49 % (30)	28 % (17)	10 % (6)
Mittausautomaatio	2 % (1)	2 % (1)	31 % (18)	61 % (36)	5 % (3)
Mikrokemia	8 % (5)	18 % (11)	30 % (18)	42 % (25)	2 % (1)

Selvä enemmistö vastanneista opettajista vastasi opettavansa viikoittain demonstraatioita sekä oppilastöitä käyttämällä. Yllätykseksi kuitenkin tuli, että noin 17 % opettajista opettaa viikoittain arvioimalla demonstraatioita ja noin 12 % yhteistoiminnallisesti. Lisäksi muutama prosentti opettajista käyttää laboratoriotutkimuksia (ohjattua tutkimusta ja kirjoittamista painottavaa laboratoriotutkimusta) viikoittain opetuksessaan.

Opettajat käyttävät kuukausittain melko tasaisesti kaikkia menetelmiä. Poikkeuksina ovat yhteisön tekemän tutkimuksen sekä mittausautomaatioiden vähäinen käyttäminen. Positiivinen yllätys oli, että opettajista noin 27 % käyttää avointa tutkimusta sekä 22 %

ohjattua tutkimusta kuukausittain. Pieniä viitteitä on, että tutkimuslähtöiset laboratoriotyöt olisivat pikkuhiljaa tulemassa Suomen yläkouluihin.

Merkittävän suuri osa opettajista ei ole käyttänyt koskaan suurinta osaa kysytyistä opetusmenetelmistä. Esimerkiksi mittausautomaatiota ei ole noin 59 % opettajista koskaan käyttänyt. Merkillepantavaa on myös se, että opettajista noin 41 % ei ole koskaan käyttänyt mikrokemiaa opetuksessaan tai ainakaan tiedostanut käyttävänsä. Lisäksi noin 33 % opettajista ei ole koskaan tehnyt kokeellisia töitä luonnossa.

Kaikki opettajat olivat kuulleet kuudesta kokeellisesta opetusmenetelmästä. Näitä olivat demonstraatio, oppilastyö, avoin tutkimus, ohjattu tutkimus, yhteistoiminnallinen opettaminen sekä luonnossa tehtävä kokeellinen työ. Hiljaisesta demonstraatiosta ei ollut kuullut noin 41 % opettajista eikä yhteisön tekemästäkään tutkimuksesta ollut kuullut noin 21 %.

9.3 Kokeellisten opetusmenetelmien hyödyt

Tutkimuksessa selvitettiin myös syitä opettajien käyttämiin kokeellisiin opetusmenetelmiin. Opettajat käyttävät kokeellisia opetusmenetelmiä hyvin erilaisista syistä, mutta kaksi syytä nousi opettajien keskuudessa selvästi esiin. Opettajat käyttävät kokeellisia menetelmiä motivoivakseen oppilaita sekä auttaakseen heitä ymmärtämään luonnontieteellisiä käsitteitä ja periaatteita.

Taulukoon 2 on kerätty opettajien vastauksia, miksi he käyttävät opetuksessaan kokeellisia opetusmenetelmiä. Kysymys oli siis avoin, jolloin yksi opettaja voi olla montaa eri mieltä käyttämiensä opetusmenetelmien hyödyistä.

Taulukko 2. Kokeellisten opetusmenetelmien käyttämisen syyt.

Kokeellisten opetusmenetelmien käyttämisen syyt	Lukumäärä
Oppilaiden motivointi	21
Luonnontieteellisten käsitteiden ja periaatteiden ymmärtäminen	18
Havainnollisuus ja havainnointikyvyn kehittyminen	10
Aikaa säästyy (usein demonstraatio)	7
Demonstraatioiden turvallisuus	6
Oppilaat pääsevät itse tekemään	6
Teorian perustelevuus	5
Työskentelytaitojen kehittyminen	4
Yhteistyö- sekä sosiaalisten taitojen kehittyminen	4
Oppilaille tuttu toimintamalli	3
Koulussa löytyy resursseja käytettyihin kokeellisiin menetelmiin	3
Takuu töiden onnistumisesta	3
Opettajan on helppo hallita oppilaita (oppilastyö)	2
Kemia on kokeellinen tiede	2
Ympäristöystävällisyys (mikrokemia)	2
Työaika käytetään tehokkaasti	2
Oppilaat ymmärtävät, että kemiaa on kaikkialla arjessa	2
Hyvää vaihtelua	1
Työselostusten kirjoittaminen	1
Opettajan ei tarvitse liikaa valmistella tuttuja oppilastöitä tai demonstraatioita	1
Töiden selkeys	1
Opettajan sekä oppilaiden helppo toteuttaa	1
Oppilaiden vastuu omasta oppimisesta (tutkimuslaboratorio)	1

Opettajien mielestä kokeelliset työt, varsinkin demonstraatiot, ovat havainnollisia, jolloin oppilaiden havainnointikyky kehittyy. Opettajat suosivat demonstraatio-opetusta lisäksi sen turvallisuuden vuoksi. Demonstraatioiden ansiosta opettajat voivat näyttää hieman vaarallisempiakin töitä oppilaille. Lisäksi monet opettajat olivat sitä mieltä, että demonstraatiot säästävät kallista oppituntiaikaa.

Muutamit opettajat mainitsivat kokeellisten opetusmenetelmien parantavat oppilaiden taitoja. Laboratoriotaitojen parantuminen koettiin tärkeäksi. Niin ikään muutama opettaja koki yhteistyö- sekä sosiaalisten taitojen kehittymisen tärkeäksi syyksi opettaa kokeellisesti.

Opettajien mielestä oppilastöissä on tärkeätä, että oppilaat pääsevät itse tekemään kokeellisia töitä. Tällöin oppilaat huomaavat, että kemiaa löytyy heidän arkipäivästään. Oppilastöissä on myös helpompi hallita oppilaita, koska kaikki tekevät samaa työtä melkein samaan tahtiin. Opettajat suosivat tuttuja oppilastöitä ja demonstraatioita. Tällöin opettajilla menee vähemmän aikaa töiden valmisteleminen. Oppilastyöt ovat selkeitä ja tuttuja oppilaille ja ne ovat helppoja toteuttaa.

Opettajat suosivat mikrokemiaa opetuksessaan. Mikrokemia on opettajien mielestä ympäristöystävällistä, siinä käytetäänkin pieniä reagenssimääriä sekä jätteiden määrä on vähäinen. Opettajat tekevät laboratoriotutkimuksia, sillä oppilaat oppivat olemaan vastuussa niissä omasta oppimisestaan.

Opettajilta saatiin siis monipuolisia vastauksia, miksi he opettavat kokeellisesti. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä opettajien vastauksista tähän kysymykseen.

Taulukko 3. Kokeellisten opetusmenetelmien käyttämisen syyt - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Oppilaiden motivaatio ja innostuneisuus säilyy. Vain itse toimimalla ja tekemällä laboratoriotyöskentely tulee tutuksi. Lisäksi ne tukevat hyvin teoriankin oppimista.</i> • <i>Sopivat omaan opettamistyyliini.</i> • <i>Tällaiset menetelmät ovat vain tulleet tavaksi.</i> • <i>Useimmille oppilaille omakohtaiset työt jäävät parhaiten mieleen. Oma kouluhistoria tietysti vaikuttaa melko paljon siihen, miten opetan.</i> • <i>Saadaan opetustilanteesta ja -kokonaisuudesta kompakti paketti, joka ei rönsyile liikaa moneen suuntaan. Lisäksi hommasta tulee selkeä ja vähän heikommat ja hitaammatkin oppilaat ymmärtävät edes jotain.</i>

9.4 Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet

Toisessa avoimessa kysymyksessä tiedusteltiin kokeellisten opetusmenetelmien haasteista. Tässäkin kysymyksessä erilaisia vastauksia tuli erittäin paljon kysymyksen avoimuudesta johtuen. Taulukkoon 4 on kerätty kokeellisen kemian opetuksen haasteita. Avoimesta kysymyksestä johtuen yksi opettaja voi kokea monia erilaisia haasteita opetuksessaan.

Taulukko 4. Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet.

Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet	Lukumäärä
Erilaiset ajankäytölliset haasteet	20
Koululla ei ole resursseja	13
Uuden työtavan opetteleminen on liian työlästä opettajalle	13
Oppilasaines	10
Opettajan urautuminen	7
Opettajalle ei ole tullut mieleen tai ei ole tiennyt erilaisista menetelmistä	6
Työohjeiden puute	5
Tietyt menetelmät eivät toimi yläkoulussa	3
Mittausautomaatio ja tietokone vievät tekniikan päärooliin oppimisen sijasta	3
Suuret luokkakoot	2
Ahtaat luokkatilat	2
Puutteelliset valmistelutilat	2
Kunnalla ei ole rahaa täydennyskoulutukseen	2
Kollega on uusia menetelmiä vastaan	1
Aikaa kuluu liian vähän tietyissä menetelmissä	1
Opettajalla ei ole tietämystä oppilaan roolista	1

Isoimman haasteen opettajille muodostavat kokeellisessa kemian opettamisessa erilaiset ajankäytölliset haasteet. Koulussa on liian vähän aikaa tehdä isoja projekteja tai mennä luontoon, koska kemialle on varattu opettajien mielestä liian vähän tunteja yläkoulussa. Lisäksi kaksoistuntien puute vaikeuttaa suurempien tutkimuksien toteuttamista.

Koulujen vähäiset resurssit vaikeuttavat opettajien mielestä harvinaisempien kokeellisten menetelmien käyttämistä. Tietokoneiden ja välineiden puuttuminen on merkille pantavaa opettajien vastauksissa. Lisäksi oppilaiden heterogeisuus sekä suuret tasoerot ovat haaste opettajille. Muutamit opettajat kokevat suurien luokkakokojen, ahtaiden luokkien sekä puutteellisten valmistelutilojen rajoittavan kokeelliset kemian opettamista.

Opettajat myöntävät uusien opetusmenetelmien opettelemisen olevan liian työlästä sekä aikaa vievää. Lisäksi opettajien urautuminen vanhoihin toimiviin kokeellisiin opetusmenetelmiin on huomattavaa. Monet opettajat pitävät perinteisiä oppilastöitä sekä demonstraatioita parhaana tapana opettaa kemiaa yläkoulussa. Useimmiten nämä opettajat eivät ole edes halukkaita tutustumaan uusiin erilaisiin opetusmenetelmiin.

Osa opettajista kertoo oppikirjojen tukevan vain perinteisten oppilastöiden sekä demonstraatioiden opettamista. Nämä opettajat eivät ole löytäneet sopivia töitä erilaisten projektien tai tutkimuksien opettamiseen. Muutaman opettajan mielestä esimerkiksi yhteistoiminnallinen oppiminen ei sovi yläkouluun. Heidän mielestään

oppilasjohtoiset menetelmät eivät toimi yläkoulussa, sillä siellä oppilaat eivät osaa kantaa vastuuta omasta oppimisestaan.

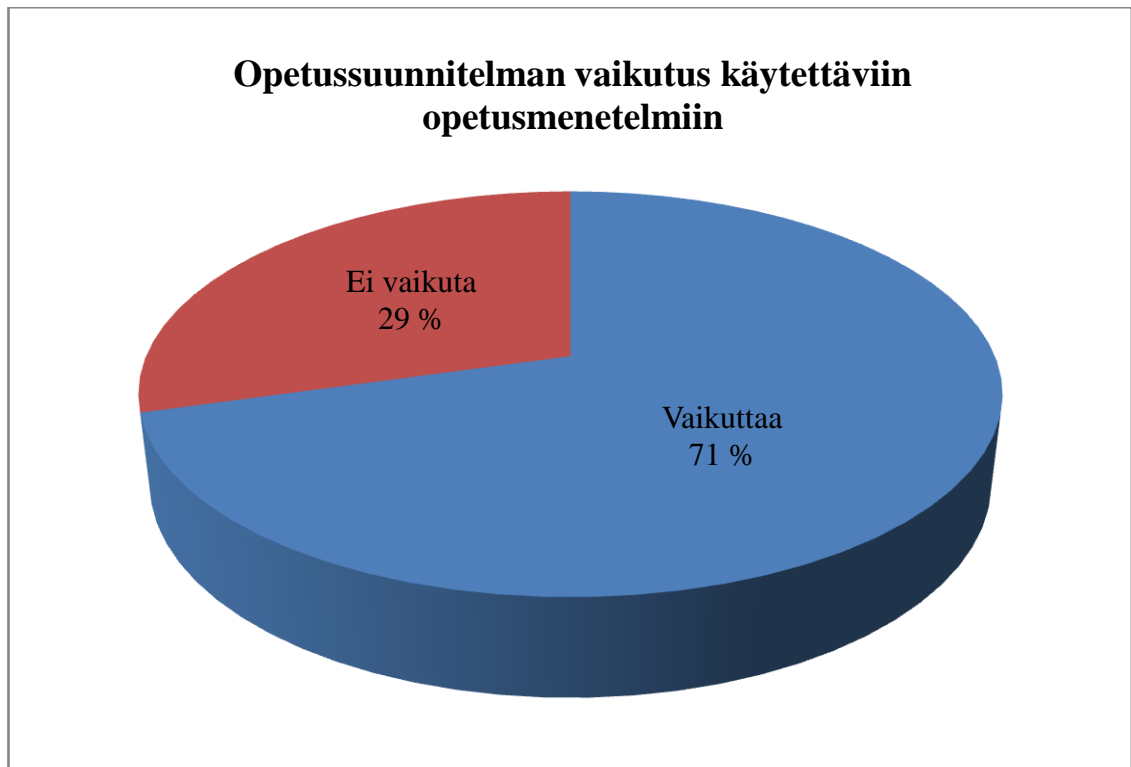
On huomioitavaa, että täydennyskoulutuksissa saa apua moneen opettajien mainitsemaan haasteeseen. Esimerkiksi uuden työtavan opettelemiseen, opettajan urautumiseen ja työohjeiden saamiseen suositellaan täydennyskoulutusta. Täydennyskoulutuksessa opettajat saavat myös uutta tietoa monesta uudesta kokeellisesta opetusmenetelmästä. Taulukossa 5 on esitetty esimerkkejä opettajien vastauksista tähän kysymykseen.

Taulukko 5. Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Isoihin projekteihin ei ole aikaa tarpeeksi. Kun olen kokeillut jotakin suuritöistä ja aikaa vievää menetelmää, olen aina tullut siihen tulokseen, ettei käytetty aika ole järkevässä suhteessa opittuun. Voi tietysti olla opettajan vika.</i> • <i>En ole muihin menetelmiin perehtynyt. Laiskuutta?</i> • <i>Välillä on aika pula. Unohtuu vanhoihin hyviksi havaittuihin kaavoihin, vaikei minulla mitään uusia kokeiluja vastaanakaan ole.</i> • <i>Opetusryhmissä on paljon integroituja, hyvin eritasoisia oppijoita, toisille jokin avoin tehtävän asettelu on vielä 7. ja 8. luokalla liian haasteellista. Tuntuu, että aikaa mene hukkaan kirjoittellessa. Teemme mieluummin töitä ja pohdimme niitä yhdessä.</i> • <i>Useimmiten ne opetusmenetelmät, joita en itse käytä, ovat joko täysin sellaisia, joita en ole itse koskaan päässyt kokeilemaan oppilaan roolissa, tai joista en ole löytänyt sopivaa valmista materiaalia. Esim. tietokoneella tehtävien töiden ohjelmat ovat usein kalliita ja niiden käytön opettelu vaatii paljon vapaa-aikaa opettajalta eikä ylimääräistä aikaa useinkaan ole. Koulun tarjoamat varat ovat myös rajallisia. Esim. ATK-luokan käyttöaste on melko suuri ja sinne on vaikea päästä, koska luokka ei ole vapaana.</i>

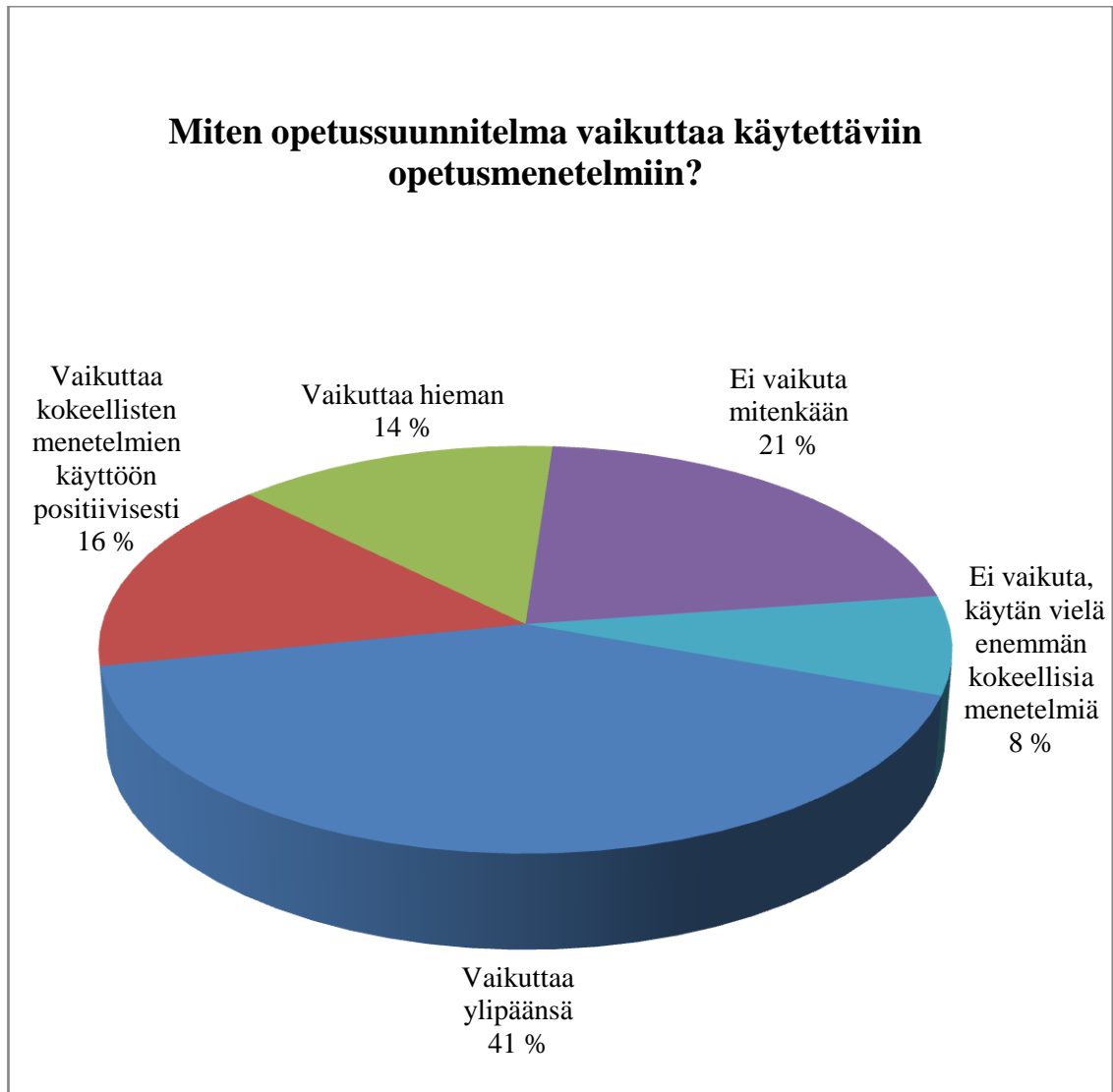
9.5 Opetussuunnitelman vaikutus käytettyihin opetusmenetelmiin

Kolmannessa avoimessa kysymyksessä tiedusteltiin opetussuunnitelman vaikutusta käytettyihin opetusmenetelmiin. Tutkijan yllätykseksi jopa reilu neljännes vastanneista vastasi, ettei opetussuunnitelma vaikuta heidän käyttämiinsä opetusmenetelmiin. Opetussuunnitelman vaikutus käytettyihin opetusmenetelmiin on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Opetussuunnitelman vaikutus käytettäviin opetusmenetelmiin.

Tarkemmin tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että osa opettajista käyttää kokeellisia menetelmiä enemmän kuin opetussuunnitelmassa suositellaan. Osalle opettajista opetussuunnitelma toimii innoittajana kokeellisten menetelmien käyttämiseen. Opettajat voivat kokea varsinkin uran alkuvaiheessa, että kokeellista opetusta täytyy pitää mukana opetuksessa. Kuitenkin opettajat kokevat kokeellisen opetuksen olevan mielekästä kokemuksen karttuessa. Opettajat ovat tietoisia opetussuunnitelman suosituksista kokeelliseen opetukseen. Kuitenkaan jotkut opettajat eivät osaa kertoa, opettavatko he kokeellisesti opetussuunnitelman takia vai siksi, että he ovat kokeneet kokeellisen opetuksen olevan perusta hyvälle opetukselle. Kuvassa 8 on esitetty tarkemmin, miten opetussuunnitelma vaikuttaa käytettäviin menetelmiin.



Kuva 8. Miten opetussuunnitelma vaikuttaa käytettäviin opetusmenetelmiin?

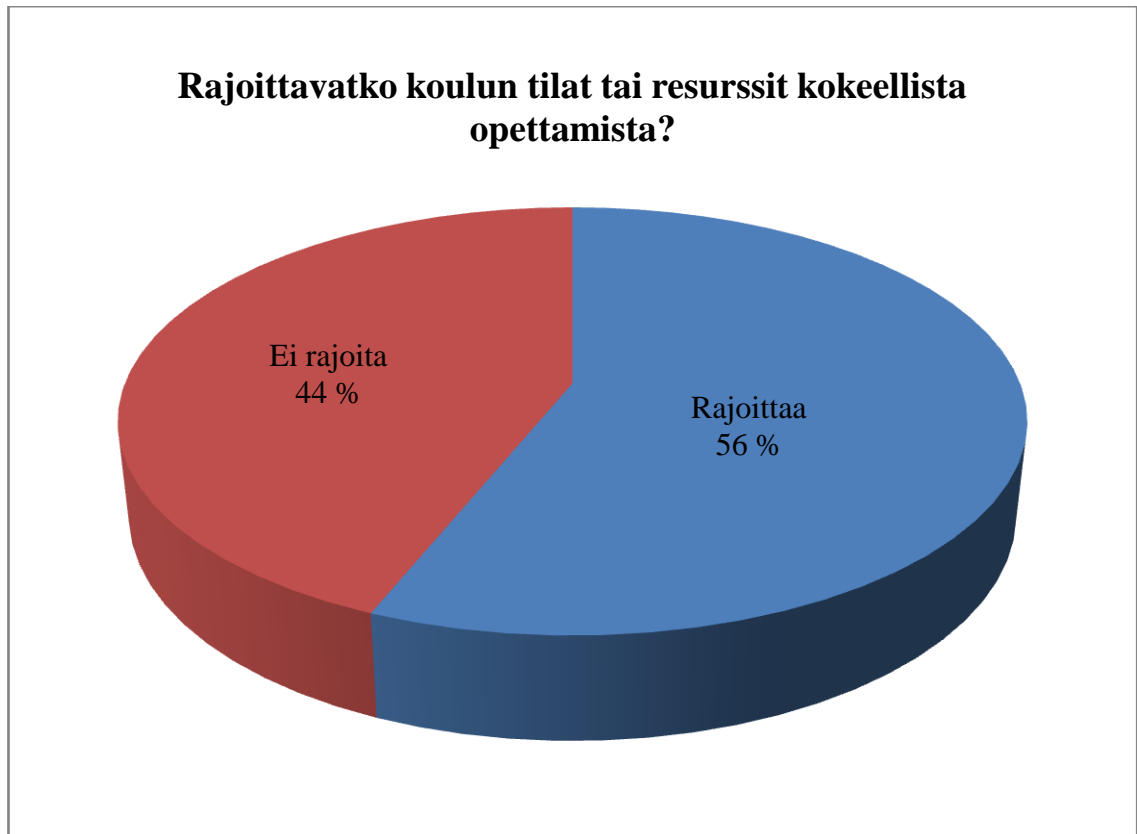
Opettajat kritisoivat melko voimakkaasti sitä, että valtakunnallisessa opetussuunnitelmassa on aivan liian paljon käsiteltäviä kemian sisältöjä. Tällöin varsinkin enemmän aikaa vievien opetusmenetelmien käyttäminen tuntuu mahdottomalta. Esimerkkejä opettajien vastauksista esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Opetussuunnitelman vaikutus käytettäviin opetusmenetelmiin - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vaikuttaa asiasisältöihin. Uran alkuvaiheessa vaikutti siihen, että kokeellisuus oli pidettävä mukana opetuksessa. Tällä hetkellä kokeellisuuden mukana olo opetuksessa tuntuu jo mielekkäältä.</i> • <i>Laboratoriotöitä tehdään viikoittain, mutta niitä voisi tehdä enemmänkin, jos ei olisi niin kiire seuraavaan asiaan.</i> • <i>Opetussuunnitelma antaa raamit, eli se määrää mitä opetan. OPS:ssa on myös vaatimus laboratoriotyöskentelylle, mutta en tiedä juontaako kokeellisuus oppitunneillani tiedostetusti OPS:sta vai enemmänkin halusta opettaa hyvin.</i> • <i>Tietysti sen pitäisi mutta sanoisin että tavallinen arki on tavallista arkea ja useimmiten luokkatilanteessa OPS pääsee unohtumaan kun sattuu sitä ja tätä. Tietysti pyrin siihen, että silloin tällöin muistuttelen itselleni mikä on tärkeää kemian oppimisessa ja opettamisessa.</i> • <i>Pitäähän ne tietyt asiat opetussuunnitelmasta käydä lävitse mutta eipä se hirveästi vaikuta opetustapaan.</i> • <i>Eipä vaikuta. Opetan oppilaiden tasolla, jotta he ymmärtäisivät parhaiten.</i>

9.6 Koulun sekä kollegoiden vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin

Seuraavassa kahdessa kysymyksessä tiedusteltiin, millainen vaikutus koululla ja kollegoilla on käytettäviin opetusmenetelmiin. Näistä ensimmäisessä avoimessa kysymyksessä kysyttiin, rajoittavatko koulun tilat tai resurssit jotenkin kokeellisuuden harjoittamista. Reilut puolet vastanneista ilmoitti koulun tilojen tai resurssien rajoittavan kokeellista opettamista. Kuva 9 esittää koulujen tilojen sekä resurssien rajoitukset kokeellisessa opettamisessa.



Kuva 9. Rajoittavatko koulun tilat tai resurssit kokeellista opettamista?

Opettajia kokevat kouluissa monen eri tekijän rajoittavan opetusta. Taulukossa 7 on esitetty asioita, joita opettajat kokevat rajoittavan kokeellisessa opettamisessa. Opettajat ovat voineet mainita monta rajoittavaa tekijää, sillä kysymys oli avoin.

Taulukko 7. Kokeellisen opetuksen rajoittavat tekijät kouluissa.

Kokeellisen opetuksen rajoittavat tekijät kouluissa	Lukumäärä
Suuret luokkakoot	12
Kokeellisten välineiden puute	10
Puutteellinen työturvallisuus	6
Koulussa peruskorjaus	5
Tietokoneiden puute	4
Ahtaat luokkatilat	3
Laboratorioluokat usein täynnä	3
Kemikaalien vähäinen määrä	3
Ahtaat varastotilat	1
Oppitunnit liian lyhyitä	1

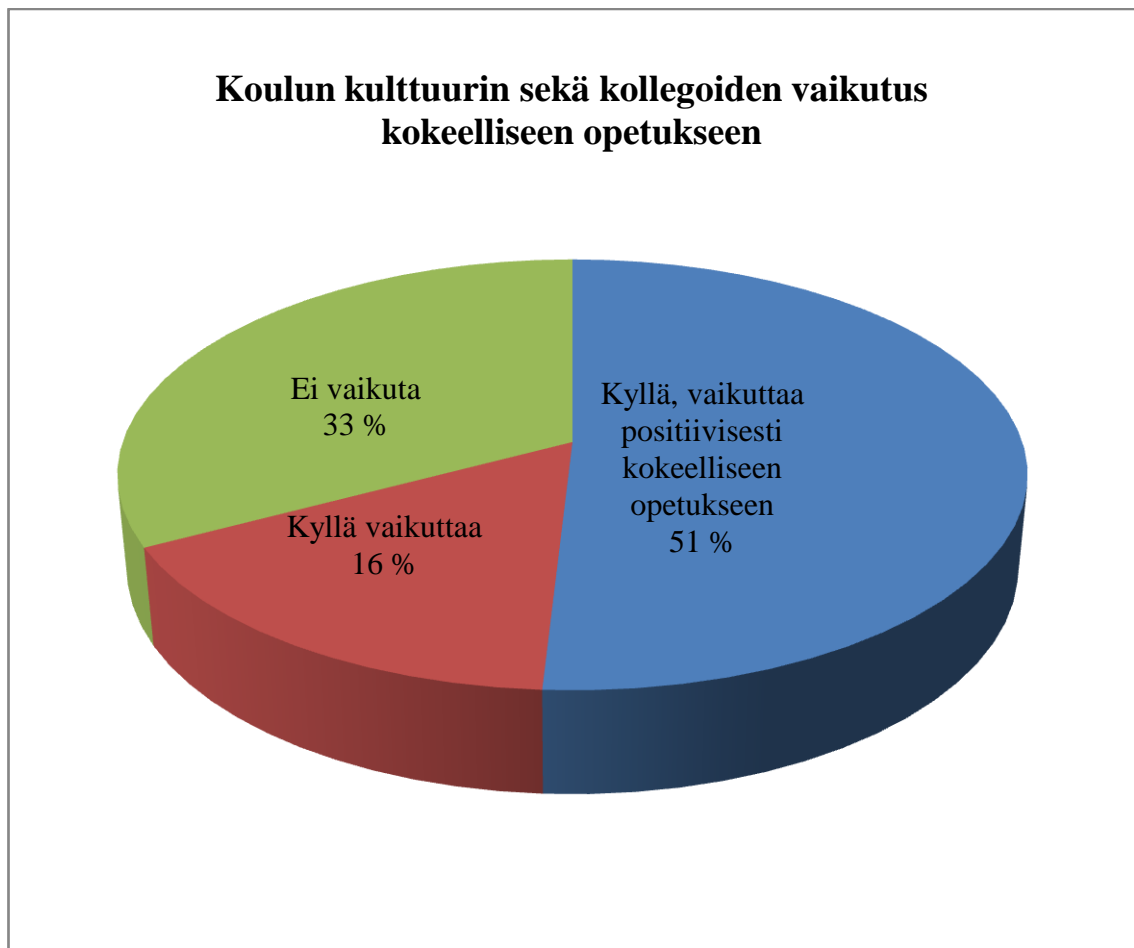
Suurimmaksi rajoitukseksi opettajat kokivat suuret luokkakoot. Kun oppilaita on luokassa paljon, on vaikeata opettaa kokeellisesti ilman turvallisuusriskejä. Joissain kouluissa eivät myöskään käytettävät välineet riitä kaikille oppilaille. Osassa kouluissa välineitä ei riitä edes pienille oppilasryhmille. Neljä opettajaa eritteli nimenomaan tietokonealuokkien puuttumisen rajoittavan, jolloin he eivät voi opettaa virtuaalilaboratoriota oppilaille.

Kuusi opettajaa koki työturvallisuuden olevan puutteellinen heidän koulussaan, jolloin kokeellinen opettaminen on lähes mahdotonta. Myös kouluissa kesken oleva peruskorjaus rajoittaa kokeellista opettamista, sillä tällöin kemian opettaminen tapahtuu harvoin kemian luokissa. Peruskorjaus on kouluissa vain väliaikaista. Lisäksi luokkatilojen ahtaus, kemikaalien vähäinen määrä sekä laboratorioluokkien täysinäisyys rajoittavat kokeellista opettamista. Esimerkkejä opettajien vastauksista esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8. Kokeellisen opetuksen rajoittavat tekijät kouluissa - esimerkkejä opettajien vastauksista kysymykseen, rajoittavatko koulun tilat tai resurssit kokeellista opettamista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kyllä. Vanhoista 16 oppilaan ryhmistä olen joutunut opettamaan pääsääntöisesti. 20–24 oppilaiden ryhmiä. Näin suurilla ryhmillä on turvallisuussyistä pakko karsia tutkimustöitä.</i> • <i>Laboratorioluokkaan pääsee vain n. 3/5 tunneilla. Työturvallisuus esim. ilmastointi laboratoriossa on puutteellinen.</i> • <i>Eivät rajoita. Välineitä on ja tilat ovat hyvät.</i> • <i>Välineitä ei aina riitä kaikille. Tietokoneita ei ole. Luokka on vanha eikä tue modernia kemian opetusta. Kaikkia kemikaaleja ei ole vara ostaa tai ei ole saatavilla.</i> • <i>Kyllä, luokan ahtaus ja kalustus ovat 1970-luvulta, sekä remontti tulossa keväällä. Turvallisuus etenkin kaipaa tuhdisti parannusta. 16 oppilaalle suunnitellussa luokassa opetetaan 22 oppilasta parhaimmillaan työtunneilla.</i> • <i>Rajoittavat. Reagenssivarastot ja määrärahat ovat pieniä. Ryhmäkoot turvalliseen kokeelliseen työskentelyyn ovat liian suuria. On esimerkiksi vain yksi vetokaappi. Ahtaat varastot estävät suurten välinemäärien kuljettamisen tunnille ja pois.</i>

Seuraavassa kysymyksessä kysyttiin koulun kulttuurin ja kollegoiden vaikutusta käytettyihin opetusmenetelmiin. Suuri osa opettajista kokee koulun kulttuurin tai kollegoiden vaikuttavan käytettäviin opetusmenetelmiin. Iso osa heistä kertoo koulun kulttuurin sekä kollegoiden vaikuttavan nimenomaan positiivisesti kokeellisiin opetusmenetelmiin. Opettajat kokevat kollegoiden neuvovan uusista oppilastöistä sekä demonstraatioista. Opettajakollegat keskustelevat paljon oppilastöistä ja jakavat tietämystään työhön liittyvistä opetustavoista. Suuri osa opettajista, jotka eivät koe kollegoiden vaikuttavan lainkaan heidän kokeelliseen opetukseen, haluaisivat suunnitella kollegoiden kanssa oppilastöitä ja tehdä heidän kanssaan enemmän yhteistyötä. Kuvassa 10 on esitetty koulun kulttuurin sekä kollegoiden vaikutusta käytettäviin opetusmenetelmiin. Taulukossa 9 on esitetty esimerkkejä opettajien vastauksista tähän kysymykseen.



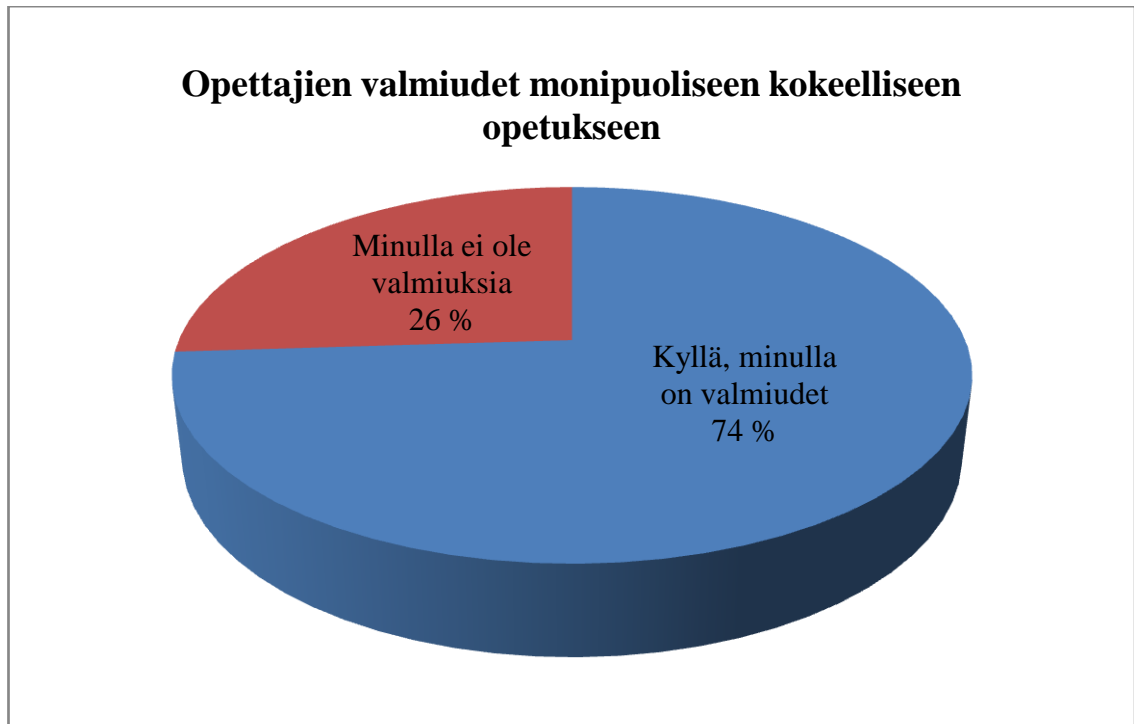
Kuva 10. Koulun kulttuurin sekä kollegoiden vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin.

Taulukko 9. Koulun kulttuurin sekä kollegoiden vaikutus kokeelliseen opetukseen - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sekä koulun kulttuuri että kollegat ovat vaikuttaneet siihen, että kokeellisuutta on opetuksessa paljon.</i> • <i>Saan kollegoilta joskus vinkkejä hyvistä oppilastöistä, joita sitten itsekin kokeilen.</i> • <i>Sanoisin, että kollegat vaikuttavat vain positiivisesti. Vaihdamme aika paljon kommentteja töistä ja tavoista ja sillä tavalla voi laajentaa omaa tietämystään ja tapojaan opettaa. Koulussamme on mielestäni hyvä henki meidän kemian opettajien kesken tässä asiassa.</i> • <i>Eipä oikeastaan vaikuta. Pitkä työkokemus rohkaisee tekemään asiat parhaaksi katsomallani tavalla. Toisaalta kollegoiden ei niin innostunut asenne kemiaan hiukan latistaa kokonaisuutta. Olisi mukava suunnitella yhdessä kokeellista opetusta ja tehdä yhteistyötä kollegoiden kanssa. Omalla työpaikallani työkavereiden pääaine matematiikka ja heitä innostaa fysiikka enemmän kuin kemia.</i> • <i>Kollegat eivät paljoa vaikuta, sillä he ovat työhönsä hieman leipääntyneitä.</i>

9.7 Opettajien valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen

Kuudennessa kysymyksessä tiedusteltiin, onko opettajilla omasta mielestään valmiuksia monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen. Kolme neljästä opettajasta kokee omaavansa tällaiset valmiudet. Opettajien valmiuksia monipuoliseen kokeelliseen opetukseen havainnollistetaan kuvassa 11.



Kuva 11. Opettajien valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen.

Opettajat kokevat omaavansa valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen vahvan kokemuksen takia. 34 % vastanneista on ollut opettajina yli 20 vuotta, jolloin kokemus on antanut varmuutta kokeilla erilaisia kokeellisia menetelmiä. Lisäksi täydennyskoulutus sekä hyvä opettajakoulutus antavat opettajille valmiudet kokeelliseen opetukseen. Taulukossa 10 esitetään syitä, miksi opettajilla on omasta mielestään valmiudet kokeelliseen opettamiseen.

Taulukko 10. Miksi opettajilla on valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen?

Miksi opettajilla on valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen?	Lukumäärä
Kokemuksen takia	17
On ollut täydennyskoulutuksessa	5
Hyvä opettajakoulutus	3
Tausta kemistinä	2
Hyvät kollegat	2

Ajanpuute kokeellisten menetelmien valmistelussa sekä uusien menetelmien opettelussa ovat suurimpia ongelmia, miksi opettajilla ei ole valmiuksia monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen. Lisäksi muutama opettaja kokee, ettei opettajakoulutus antanut riittäviä valmiuksia. Myös mittaus- sekä tietotekniikka koettiin vieraaksi. Taulukossa 11 esitetään, miksi opettajilla ei ole omasta mielestään valmiuksia monipuoliseen

kokeelliseen opettamiseen. Opettajien esimerkkivastauksia tähän kysymykseen on kerätty taulukoon 12.

Taulukko 11. Miksi opettajilla ei ole valmiuksia monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen?

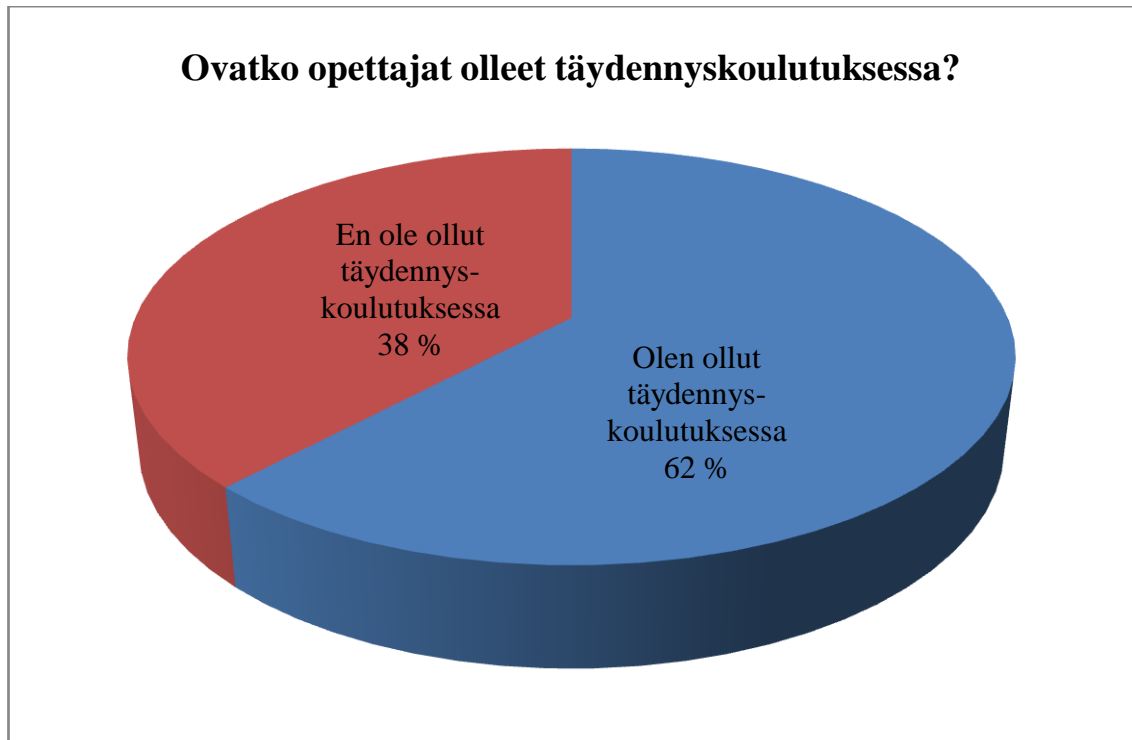
Miksi opettajilla ei ole valmiuksia monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen?	Lukumäärä
Ajanpuute valmistelussa	3
Uudet menetelmät vaativat liian paljon aikaa ja harjoittelua	2
Tietotekniikka ja mittaustekniikka vieraita	2
Ei ole valmiita ohjeita tai toimintamalleja	2
Opettajankoulutus ei antanut valmiuksia	2
Olisi hyvä nähdä uusi menetelmä, miten se toimii ja tehdään	2
Ei ole kiinnostusta uusiin työtapoihin	1

Taulukko 12. Opettajien valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Valmiuteni on hyvät. Perustiedot ja -taidot ovat opiskeluajoilta. Kokemus ja vanhemmat kollegat ovat aikanaan kartuttaneet lisää taitoja.</i> • <i>Olen tehnyt tätä riittävän kauan. Iän mukanaan tuoma etu.</i> • <i>Olen täydennyskouluttanut itseäni koko työurani ajan.</i> • <i>Ei todellakaan. Helposti tekee sillä vanhalla tutulla tyylillä, eikä ole edes kiinnostusta oppia mitään uutta. Kiire myös estää uusien menetelmien opettelua.</i> • <i>Joihinkin tarvitaan enemmän kekseliäisyyttä, mitä minulla on. Oppikirjat ja muu materiaali ei tue kaikkea mainitsemaasi vaan joutuisin tekemään itse kaiken materiaalin ja pohdinnan.</i> • <i>Kyllä valmiuksia saisi lisääkin olla. Opettajankoulutuksessa olisi voitu käsitellä enemmänkin.</i>

9.8 Täydennyskoulutus

Kyselyn kolmanneksi viimeisessä avoimessa kysymyksessä tiedusteltiin, ovatko opettajat olleet täydennyskoulutuksessa. Vastanneilta kysyttiin myös heidän tarvettaan täydennyskoulutukseen, jossa käsitellään erilaisia kokeellisia menetelmiä. Opettajista reilu puolet ilmoitti olleensa kokeellisuutta käsittelevässä täydennyskoulutuksessa. Kuvassa 12 havainnollistetaan, montako opettajaa on ollut täydennyskoulutuksessa.

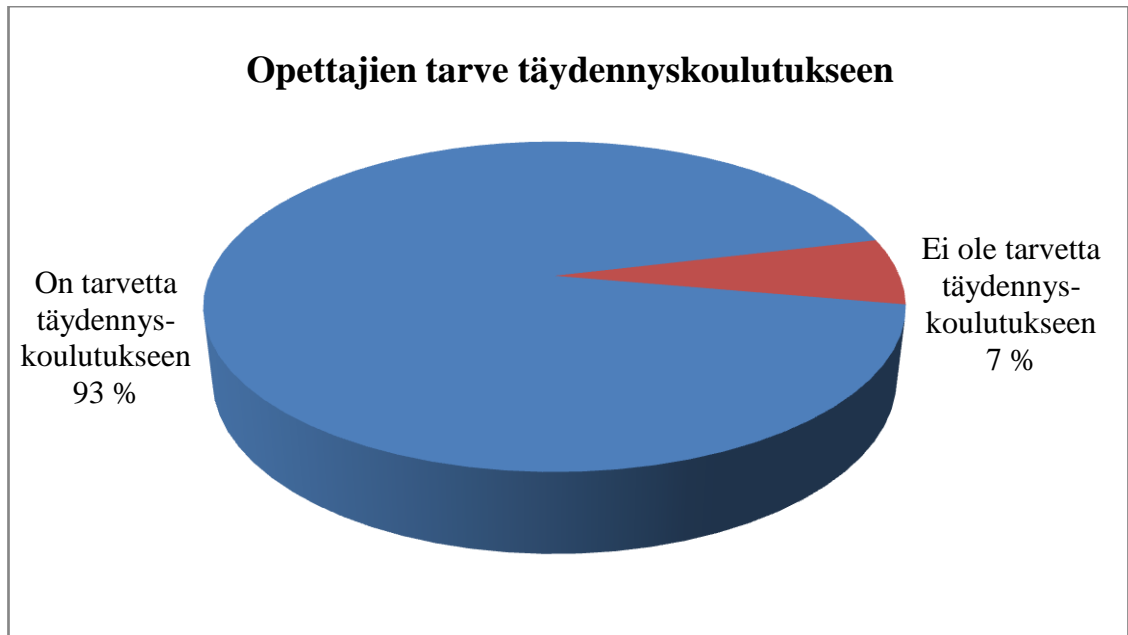


Kuva 12. Ovatko opettajat olleet täydennyskoulutuksessa?

Opettajat kirjoittivat joitakin mielipiteitä täydennyskoulutukseen liittyen. Muutamat opettajat haluaisivat täydennyskoulutuksen tapahtuvan mieluummin työaikana kuin viikonloppuna. Jotkut opettajat toivoivat kurssien perehtyvän nimenomaan yläkoulun kokeellisiin töihin. Käytännön esimerkit koettiin koulutuksessa parhaaksi anniksi.

Osa opettajista ei ole ollut täydennyskoulutuksessa, sillä heillä ei ole aikaa tai jaksamista siihen. Myöskään osa työnantajista ei kannusta opettajia kouluttamaan itseään. Jos täydennyskoulutus olisi opettajille ilmaista, he kouluttautuisivat paljon enemmän.

Lähes kaikki opettajat kokevat tarvetta kokeellisuutta käsittelevään täydennyskoulutukseen. Vain muutama opettaja ei koe tällaista tarvetta. Nämä opettajat olivat lähes kaikki pääsemässä juuri eläkkeelle, jolloin he halusivat mieluummin nuorien opettajien kouluttavan itseään. Kuvassa 13 on esitetty opettajien tarve täydennyskoulutukseen.



Kuva 13. Opettajien tarve täydenniskoulutukseen.

Opettajat menevät täydenniskoulutukseen, sillä he haluavat oppia uutta. Myös monet opettajat kokevat tietotekniikan sekä mittausautomaatioiden kehityksen olevan niin nopeata, että he tarvitsevat jatkuvaa koulutusta näistä aiheista. Valitettavasti muutamat opettajat kertoivat kaupungin rahojen puutteen olevan esteenä täydenniskoulutukselle. Esimerkkejä opettajien vastauksista esitetään taulukossa 13.

Taulukko 13. Täydenniskoulutus ja opettajien tarve siihen - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>En ole ollut täydenniskoulutuksessa, mutta se olisi tarpeen. Omat ja muiden työt on jo nähty, kiva olisi oppia uusia töitä.</i> • <i>Olen ollut erilaisilla lyhyillä kursseilla useita kertoja. Mittausautomaatiolaitteistojen käytössä tarvitsisin lisäopastusta, koska en osaa hyödyntää koulumme laitteistoja riittävästi.</i> • <i>Menneinä kesinä ja vuosina olen ollut koulutuksessa lukemattomia kertoja. Viimeiselle vuodelle en enää tarvitse koulutusta, vaan annan nekin rahat köyhässä kaupungissa nuoremmille.</i> • <i>Olen käynyt demokursseilla ja niistä on jäänyt jotain vinkkejä. Ovat tarpeellisia, mutta mielellään kävisi niillä työaikana, ei viikonloppuina.</i> • <i>Täydenniskoulutus olisi tarpeen, mutta en ole jaksanut mennä. Työelämä ja koti vievät muutenkin aikaa ja voimia sen verran, että jaksaminen on koetuksella.</i>

9.9 Oppilastuntemuksen vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin

Opettajilta tiedusteltiin oppilastuntemuksen vaikutusta heidän käyttämiinsä kokeellisiin opetusmenetelmiin. Ylivoimaisesti suurin osa opettajista vastasi oppilastuntemuksen vaikuttavan jollakin tavalla kokeelliseen opetukseen. Vain viidelle opettajalle oppilastuntemus ei vaikuttanut ollenkaan kokeelliseen opetukseen. He opettavat jokaiselle ryhmälle samalla tavalla. Taulukossa 14 on esitetty oppilastuntemuksen vaikutukset kokeelliseen opettamiseen. Opettajat ovat voineet mainita monta eri vaikutusta, sillä kysymys oli avoin.

Taulukko 14. Oppilastuntemuksen vaikutus käytettyihin kokeellisiin opetusmenetelmiin.

Oppilastuntemuksen vaikutus kokeelliseen opettamiseen	Lukumäärä
Kokeellinen opetusmenetelmä valitaan ryhmän tason mukaan	25
Oppilaiden asiaton käyttäytyminen rajoittaa kokeellista opettamista	11
Tutun ja luotettavan ryhmän kanssa kokeellista opetusta enemmän	6
Ei vaikuta ollenkaan, kaikille ryhmille opetan samoilla menetelmillä	5
Tietää paremmin kuka tai ketkä oppilaista tarvitsevat apua ja ohjausta	3
Vaikuttaa ryhmien ja parien valintaan	2
Ryhmän tasosta riippuu kokeellisuuden määrä	2
Oppilastuntemus helpottaa kokeellista opettamista	2
Pojat tarvitsevat tunneille käsillä tekemistä	1
Vaikuttaa teorian linkittämiseen sekä kuinka pitkälle opettaja esivalmistelee työt	1

Opetusryhmän taso vaikuttaa suurelle osalle vastanneista kokeellisen opetusmenetelmän valintaan. Mitä parempi ryhmä on oppimaan, sitä oppilasjohtoisemmin töitä voidaan tehdä. Hyville ryhmille voidaan teettää avoimia tutkimuksia. Jos oppilasryhmä on oppimistasoltaan heterogeeninen, opettajat teettävät oppilailla töitä, joissa opettaja toimii erittäin ohjaavassa roolissa.

Kun ryhmä on tuttu ja luotettava, opettajat uskaltavat antaa oppilaille enemmän vastuuta. Tällaisissa ryhmissä opettajat opettavat enemmän kokeellisin menetelmin sekä kokeelliset työt ovat laajempia. Vastanneet kertovat tällaisissa ryhmissä työturvallisuuden olevan hyvällä tasolla. Joissakin ryhmissä oppilaat käyttäytyvät asiattomasti, jolloin opettaja soveltaa kokeellista opetustaan. Tällaisille ryhmille vastanneet kertovat opettavansa oppilastöiden sijasta demonstraatioilla työturvallisuuden parantamiseksi.

Oppilastuntemus vaikuttaa opettajien mielestä myös parien sekä pienempien ryhmien kokoonpanojen valintaan. Lisäksi pieni osa opettajista vähentää kokeellista opetusta

määrällisesti, jos oppilaat ovat heikkoja oppijoita. Kun opettajat tuntevat oppilaidensa hyvät puolet sekä heikkoudet, opettajien on helpompi opettaa. Esimerkkejä opettajien vastauksista esitetään taulukossa 15.

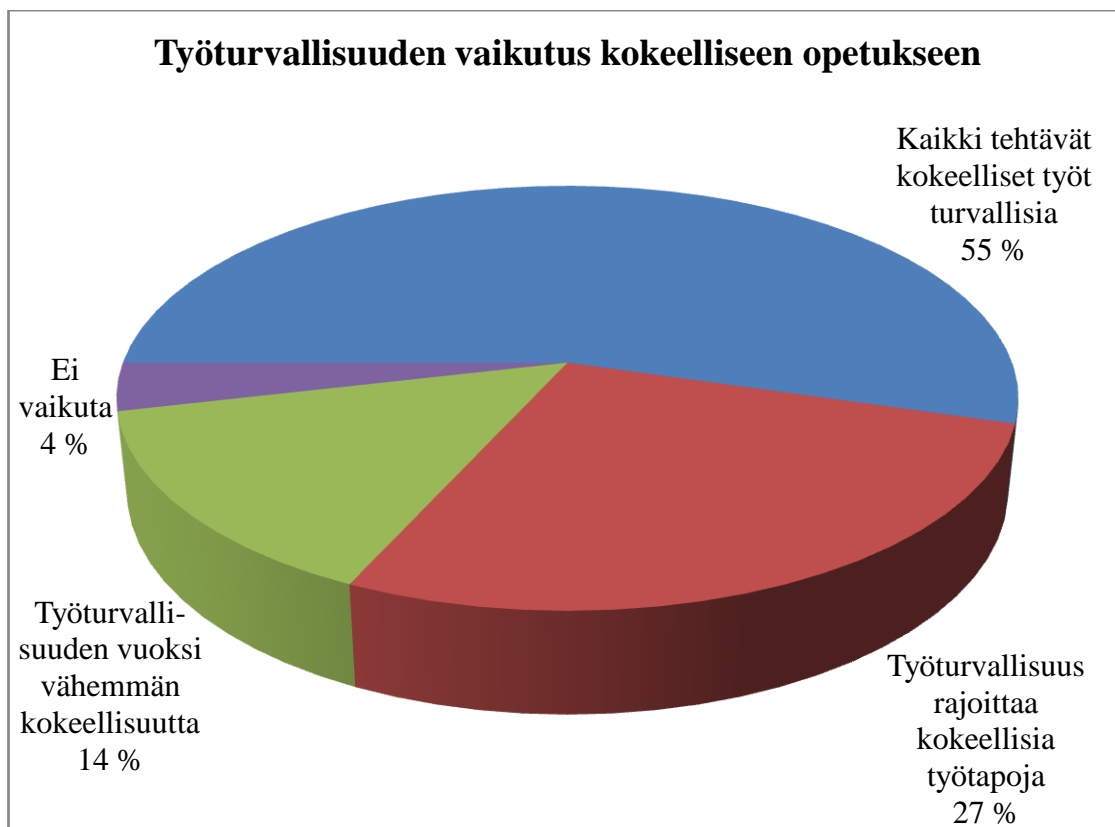
Taulukko 15. Oppilastuntemuksen vaikutus kokeelliseen opettamiseen - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Teetän jonkin verran erilaisia töitä oppilaiden tai ryhmän tason mukaan. En vaadi kaikilta samanlaista kokeellista työskentelyä. Kokeellisuuden määrään ryhmän taso myös vaikuttaa.</i> • <i>Tiettyjen ryhmien kanssa en edes yritä mitään haasteellisempaa kokeellista työskentelyä työturvallisuuden takaamiseksi.</i> • <i>Vaikuttaa siihen, mitä minkäkin ryhmän kanssa uskaltaa kokeilla ja tehdä. Mikä on lähtötaso, ja kuinka hyvin oppilaat tekevät omatoimisesti töitä. Välillä on myös suorastaan vaarallisesti käyttäytyviä oppilaita, jolloin pitää olla tarkkana, mitä ryhmän kanssa voi tehdä.</i> • <i>Vaikuttaa esimerkiksi siihen, miten laajasti kokeen yhteydessä esitetään teoriaa, millaisia kirjallisia töitä kokeeseen liitetään sekä kuinka pitkälle teen esivalmistelut.</i> • <i>Ei vaikuta mitenkään.</i>

9.10 Työturvallisuuden vaikutus kokeellisen kemian opettamiseen

Viimeisessä avoimessa kysymyksessä tiedusteltiin työturvallisuuden vaikutusta kokeelliseen opettamiseen. Opettajista reilulla puolella työskentely on turvallista kokeellisten töiden aikana. Heidän mielestään kaikki työt ovat turvallisia, joita yläkoulussa tehdään. Osa opettajista kokee kuitenkin työturvallisuuden rajoittavan erilaisten työtapojen käyttämistä. Useimmiten tämä tarkoittaa sitä, että opettajan kokemat vaaralliset oppilastyöt tehdään opettajajohtoisina demonstraatioina.

Osa opettajista vähentää kokeellisten töiden lukumäärää työturvallisuuden takia. Nämä opettajat korvaavat kokeelliset työt esimerkiksi teorian opetuksella tai kirjallisten tehtävien teettämisellä. Muutamalle opettajalle työturvallisuus ei vaikuta ollenkaan kokeelliseen opetukseen. Kuvassa 14 on esitetty työturvallisuuden vaikutus kokeelliseen opetukseen.



Kuva 14. Työturvallisuuden vaikutus kokeelliseen opetukseen.

Suurimpana turvallisuusriskinä opettajat kokevat vaaralliset kemikaalit sekä riskialttiit työt. Opettajat tekevät tällaiset työt usein opettajajohtoisina demonstraatioina. Vilkkaat oppilaat sekä suuret opetusryhmät koettiin niin ikään isona turvallisuusriskinä. Muutama opettaja mainitsi myös ahtaat luokkatilat sekä puutteellisen työturvallisuuden riskitekijäksi luokkatiloissa. Tällöin työturvallisuus rajoittaa kokeellista opettamista. Taulukossa 16 esitetään turvallisuusriskejä, joiden takia kokeellisen kemian opetuksen laatu sekä määrä heikkenevät. Esimerkkejä opettajien vastauksista esitetään taulukossa 17.

Taulukko 16. Turvallisuusriskit kokeellisessa opetuksessa.

Turvallisuusriskit kokeellisessa opetuksessa	Lukumäärä
Vaaralliset kemikaalit ja riskialttiit työt	7
Hankalat ja vilkkaat oppilaat	5
Suuret opetusryhmät	5
Ahtaat tilat	2
Puutteellinen työturvallisuus luokassa	2
Kirstyneet määräykset jätteiden käsittelemisessä	1
Opettajan pelko ja epävarmuus tehtävästä työstä	1

Taulukko 17. Työturvallisuuden vaikutus kokeelliseen opettamiseen - esimerkkejä opettajien vastauksista.

Esimerkkejä opettajien vastauksista
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Työturvallisuus otetaan aina huomioon.</i> • <i>Totta kai vaikuttaa. Ahtaissa tiloissa ja ylisuurissa ryhmissä töiden tekeminen on erittäin haasteellista. Käymme läpi syksyllä ja tarvittaessa turvallisuusohjeet ja yritämme myös noudattaa niitä. On ikävää täyttää onnettomuuspapereita.</i> • <i>Olen vähentänyt vaarallisten aineiden käyttöä, kun viime vuosina asiaan on kiinnitetty enemmän huomiota. Ilmastoinnin teho on riittämätön.</i> • <i>Työturvallisuus käydään aina ensin läpi. Vahinkoja sattuu aina silloin tällöin, mutta yleensä ne aiheuttavat ne "omat kokeilu". Riskit pitää uskaltaa ottaa, kunhan riskit hallitaan oikein.</i> • <i>Totta kai vaikuttaa. Siitähän se kaikki lähtee. Joitakin töitä olen tehnyt demonstraatioina nimenomaan sen vuoksi, että työturvallisuus voi vaarantua jos kaikki heiluu esim. vahvojen happojen kanssa.</i>

10 Yhteenveto tutkimuksesta

Kyselytutkimus lähetettiin sähköpostitse 11 eri MAOL:n paikalliskerhojen sähköpostilistalle. 61 yläkoulun kemian opettajaa vastasi kyselytutkimukseen. Tutkimukseen saatiin monipuolisesti vastauksia kaiken ikäisiltä, eripituisten työurien omaavilta sekä kemiaa pääaineenaan että sivuaineenaan opettavilta opettajilta. Tutkimuksessa selvitettiin yläkoulujen opettajien tottumuksia opettaa kemiaa erilaisten kokeellisten menetelmien avulla.

Suurin osa opettajista käyttää demonstraatioita ja oppilastöitä viikoittain kemian opetuksessaan. Näitä kahta kokeellista opetusmenetelmää opettajat käyttävät selvästi eniten kokeellisen kemian opetuksessa. Monet opettajat käyttävät kuukausittain opetuksessaan sekä avoimia ja ohjattuja tutkimuksia että kirjoittamista painottavaa laboratoriotutkimusta. Tietokoneavusteinen kokeellinen opetus, virtuaalilaboratorio ja mittausautomaatio on jäänyt lähes kaikilla opettajilla kokeilemisen asteelle tai kyseisiä menetelmiä ei ole käytetty koskaan. Monet opettajista eivät olleet kuullut hiljaisesta demonstraatiosta, demonstraation arvioimisesta eikä yhteisön tekemästä tutkimuksesta.

Tutkimuksen mukaan opettajat kokevat oppilaiden ymmärtävän luonnontieteellisiä käsitteitä ja periaatteita sekä motivoituvan tehdessään kokeellisia töitä. Opettajien mielestä myös oppilaiden havainnointikyky kehittyy sekä oppilaat pääsevät itse tekemään kemiaa kokeellisten töiden aikana. Opettajat käyttävät kokeellista lähestymistapaa sekä edellä mainittujen hyötyjen että valtakunnallisen opetussuunnitelman takia. Kolme neljästä opettajasta ilmoittaa valtakunnallisen opetussuunnitelman vaikuttavan käytettäviin opetusmenetelmiin.

Opettajat kokevat erilaisia haasteita kokeellisessa kemian opetuksessa. Koulujen resurssien vajavaisuus sekä erilaiset ajankäytölliset haasteet ovat tutkimuksen mukaan suurimpia haasteita. Yli puolet tutkituista opettajista kokee koulujen tilojen tai resurssien rajoittavan kokeellista opettamista. Lisäksi opettajat kokevat uuden työtavan opetteluun olevan liian työlästä, olevansa urautuneita sekä olevansa tietämättömiä erilaisista kokeellisista menetelmistä. Näitä viimeksi mainittuja ominaisuuksia opettajat voivat halutessaan kehittää täydennyskoulutuksissa. Tutkituista opettajista reilu puolet on ollut täydennyskoulutuksessa, mutta lähes kaikki (93 %) kokevat tarvetta siihen.

Kolme neljästä tutkitusta opettajasta kokee omaavansa valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen. Useimmiten pitkään työskennelleet sekä täydennyskoulutuksessa käyneet opettajat kokevat näin. Opettajat, jotka eivät koe omaavansa valmiuksia, tarvitsevat omasta mielestään täydennyskoulutusta, jotta heillä olisi valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opetukseen. Lisäksi hieman yli puolet tutkituista opettajista kokee koulun kulttuurin ja kollegoiden vaikuttavan positiivisesti kokeelliseen opetukseen.

Tutkimuksen mukaan oppilastuntemus on hyvän kokeellisen työn kulmakivi. Kun opettajat tuntevat ja luottavat ryhmäänsä, he lisäävät kokeellista opetusta. Opettajat valitsevat käytettävän kokeellisen opetusmenetelmän opettavan ryhmän tason mukaisesti. Jos opettajat kokevat opettavan ryhmän käyttäytymisen olevan asiatonta, he rajoittavat kokeellista opettamista työturvallisuuden vuoksi. Tutkimuksen mukaan lähes kaikille opettajille on tärkeätä, että kokeellinen työskentely on turvallista. Opettajat kokevat myös vaarallisten kemikaalien ja riskialttiiden töiden rajoittavan kokeellista kemian opetusta.

11 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä tutkimuksessa saatiin laajasti tietoa yläkoulun opettajien tottumuksista opettaa kemiaa erilaisilla kokeellisilla opetusmenetelmillä. Lisäksi tutkimuksessa saatiin tietoa kokeellisten opetusmenetelmien käyttämisen haasteista. Nämä opettajien vastaukset on tarkasteltu laadullisen aineistolähtöisen sisällönanalyysin keinoin. Seuraavissa luvuissa pohditaan tutkimuskysymyksien mukaisesti saatuja tuloksia verrattuna tutkimuksen teoriaosuuteen. Lisäksi luvuissa 11.4 ja 11.5 pohditaan tutkimuksen luotettavuutta ja sen merkitystä.

11.1 Opettajien käyttämät kokeelliset opetusmenetelmät

Tutkimuksen mukaan demonstraatiot ja oppilastyöt ovat käytetyimpiä kokeellisia menetelmiä yläkoulun opettajien keskuudessa (vrt. luku 2.3). Aika ajoin opettajat käyttävät opetuksessaan avointa ja ohjattua tutkimusta, yhteistoiminnallista opetusta, mikrokemiaa ja demonstraation arvioimista. Tutkimuksessa tutkittuja muita kokeellisia työtapoja opettajat eivät käytä juuri lainkaan opetuksessaan.

Opettajat käyttävät tutkimuksen mukaan oppilastöitä ja demonstraatiota motivoitakseen oppilaita sekä parantaakseen heidän luonnontieteellisten käsitteiden ja periaatteiden ymmärtämistä. Yläkoulun opettajat ovat siis tietoisia kokeellisten opetusmenetelmien hyödyistä oppilaille (vrt. luku 3.2). Useimmat opettajat eivät kuitenkaan ole maininneet kokeellisen opettamisen kehittävän myös oppilaiden persoonallisuutta. Oppilaan persoonallisuuden kehittyminen on yksi kokeellisen opetuksen keskeisimmistä hyödyistä (vrt. luku 3.2.3).

Kemian opettajien mielipiteitä kokeellisen opetuksen hyödyistä on tutkittu aikaisemminkin. Akselan ja Karjalaisen tutkimuksessa tutkittiin, mikä on opettajien mielestä tärkein perustelu kokeelliseen työskentelyyn (vrt. luku 2.2). Tuloksissa on paljon samaa, mutta myös hieman eroavaisuuksia. Molemmissa tutkimuksissa luonnontieteellisten käsitteiden ja periaatteiden ymmärtäminen on yläkoulun opettajille suuri syy tehdä kokeellisia töitä. Oppilaiden motivointi on kuitenkin tässä tutkimuksessa opettajille paljon tärkeämpää kuin Akselan ja Karjalaisen tutkimuksessa. Havainnollistavuus kokeellisuuden käyttämisen perusteena on molemmissa

tutkimuksissa yhtä suosittua. Opettajat eivät tuo esiin persoonallisuuden kehittymistä kummassakaan tutkimuksessa.

Yläkouluissa tapahtuva kokeellinen opetus ei ole tutkimuksen mukaan kovinkaan monipuolista. Useimmat opettajat eivät opeta koskaan tietokoneavusteisesti tai luonnossa. Samanlaisia tutkimustuloksia saatiin Akselan ja Karjalaisen tutkimuksessa tietokoneavusteisen opetuksen osalta (vrt. luku 2.2). Huolestuttavaa on, ettei osa opettajista ole kuullutkaan monista tutkimuksessa esitetyistä kokeellisista menetelmistä, kuten esimerkiksi hiljaisesta demonstraatiosta, demonstraation arvioimisesta tai yhteisön tekemästä tutkimuksesta. Monipuolinen kokeellinen opettaminen tukee korkeamman tason ajattelua ja ymmärtämistä (vrt. luku 5). Opettajalla on vastuu luoda mahdollisimman monipuolinen oppimisympäristö, jotta oppilaat kehittyisivät kaikilla mahdollisilla osa-alueilla (vrt. luku 4.2).

Tutkimuksen mukaan suurin osa opettajista ei käytä laboratoriotutkimuksia kemian opettamisessa. Tämä sama on todettu myös Suomeen kohdistuneissa PISA-tutkimuksissa, joiden mukaan Suomessa opetetaan suurimmaksi osaksi työkirjan avulla. (vrt. luku 2.3). Tutkimuslähtöiset laboratoriotyöt kehittävät kansainvälisten tutkimusten mukaan erittäin monipuolisesti oppilaiden erilaisia taitoja sekä ajattelua. Kokeellisessa opetuksessa on Suomessa valtavasti käyttämätöntä potentiaalia. Suomi on kuitenkin menestynyt erittäin hyvin PISA-tutkimuksien luonnontieteellisessä osiossa, vaikka Suomessa ei tämän, eikä muidenkaan tutkimuksien mukaan opeteta paljoa tutkimuslähtöisesti. Olisi mielenkiintoista tietää, miten Suomi menestyisi PISA-tutkimuksessa, jos täällä käytettäisiin enemmän tutkimuslähtöistä lähestymistapaa. Tulokset voisivat muuttua positiivisesti tai negatiivisesti. Positiivisesti siksi, että tutkimuslähtöiset laboratoriotyöt kehittävät ajattelua ja näin ollen oppilaat ymmärtäisivät kemiaa paremmin. Negatiivinen muutos voisi johtua siitä, että tutkimuslähtöisissä laboratoriotöissä tarkoitus on kehittää paljon muutakin kuin pelkästään ajattelua. Tämän opetusmenetelmän keskeisiä hyötyjä ovat persoonallisten taitojen kehittyminen, joita PISA-tutkimuksessa ei niinkään tutkita.

11.2 Opettajien kokemat haasteet kokeellisessa opetuksessa

Tutkimuksen mukaan opettajat kokevat paljon erilaisia haasteita kokeellisten opetusmenetelmien käytössä. Ajankäytölliset haasteet, resurssien puute, uusien työtapojen opetteleminen sekä heterogeeninen oppilasryhmä vaikeuttavat kokeellisen lähestymistavan harjoittamista yläkouluissa (vrt. luku 4.4). Jos näitä haasteita minimoitaisiin, opettajat opettaisivat kokeellisia töitä enemmän ja monipuolisemmin.

Suurin haaste opettajille on aikaa vievien kokeellisten töiden sijoittaminen erittäin aikataulutettuihin kemian tunteihin. Monien opettajien mielestä esimerkiksi pitkiä tutkimuslähtöisiä laboratoriotöitä on mahdotonta toteuttaa yläkoulussa, jossa opettettavien aiheiden määrä on ylimitoitettu kemian oppituntien määrään. Myös 45 minuutin tunnit koetaan liian lyhyiksi. Koulujen resurssien puute koetaan myös suurena ongelmana. Varsinkin suuret luokkakoot sekä erilaisten välineiden puutteet vaikeuttavat kokeellista opettamista. Suomen valtion ja kuntien tulisi enemmän suunnata rahoja kouluihin, jotta kokeellinen kemian opetus lisääntyisi sekä oppimistulokset paranisivat.

Akselan ja Karjalaisen tutkimuksessa opettajien suurimpia haasteita kokeellisessa opetuksessa olivat aikapula, resurssien puute, ryhmäkoko ja luokkien ahtaus (vrt. luku 2.2). Tässä tutkimuksessa yläkoulun opettajat eivät kokeneet kuitenkaan suuria ryhmäkokoja ja varsinkaan luokkien ahtautta kokeellisen opetuksen esteeksi. Paljon suurempana haasteena olivat esimerkiksi opettajien urautuminen sekä heidän haluttomuutensa ja epätietoisuutensa tehdä monipuolisia kokeellisia töitä. Täydennyskoulutuksen merkitystä ei voi olla korostamatta näiden haasteiden ratkaisijana. Monipuolinen kokeellinen opetus on tämän tutkimuksen tulosten pohjalta hyvin paljon opettajista itsestään kiinni.

Tutkimuksen mukaan kolme neljästä opettajasta tuntee omaavansa valmiudet monipuoliseen kokeelliseen opettamiseen. Silti 93 % opettajista kokee tarvetta täydennyskoulutukseen, jossa käsitellään erilaisia kokeellisia menetelmiä. Opettajilla on suuri halu oppia uutta sekä kehittää tieto- ja viestintätaitojaan. Tutkimuksessa käy ilmi, että opettajat tiedostavat heidän heikkoutensa kokeellisten menetelmien käytössä sekä kokevat tarvetta täydennyskoulutukseen. Kuitenkin vain vähän yli puolet opettajista on edes joskus ollut täydennyskoulutuksessa. Tämän tutkimuksen nojalla opettajia tulisi saada täydennyskoulutukseen paljon paremmin kuin nykyään he pääsevät. Monella

kunnalla Suomessa ei ole varaa lähettää opettajia maksullisiin täydennyskoulutuksiin eikä monella opettajalla ole tarpeeksi intoa maksaa itse omasta kouluttautumisesta.

Oppilastuntemus vaikuttaa lähes kaikille tutkimuksen opettajille heidän käyttämiinsä kokeellisiin opetusmenetelmiin. Myös kollegoiden koetaan vaikuttavan positiivisesti kokeelliseen opetukseen. Maailmalla tehtyjen tutkimusten mukaan kollegat sekä täydennyskoulutus parantavat opettajan pedagogista sisältötietoa (vrt. luku 4.3 ja 4.4). Oppilastuntemuksen vaikutus kokeelliseen opetukseen kertoo opettajien hyvästä pedagogisesta sisältötiedosta. Yksipuoliset kokeelliset opetusmenetelmät taas viittaavat opettajien heikkoon pedagogiseen sisältötietoon. Opettajia tulisi siis näiltäkin osin suositella menemään täydennyskoulutukseen sekä jakamaan kollegoiden kanssa tietoa ja kokemuksia erilaisista kokeellisista opetusmenetelmistä.

11.3 Opetussuunnitelman vaikutus kokeellisiin opetusmenetelmiin

Opetussuunnitelma vaikuttaa suurimmalle osalle opettajista heidän käyttämiinsä opetusmenetelmiin tutkimuksen mukaan. Joka viidennelle tutkimuksen opettajalle valtakunnallinen opetussuunnitelma ei vaikuta ollenkaan hänen käyttämiinsä opetusmenetelmiin. Jokaisen opettajan tulisi noudattaa opetussuunnitelmaa. Uusimmassa opetussuunnitelmassa kokeellisuutta pidetään kemian opetuksen lähtökohtana (vrt. luku 2.1).

Opettajien mielestä opetussuunnitelmassa on liian paljon käsiteltäviä asioita, jolloin aikaa vievien kokeellisten opetusmenetelmien käyttäminen tulee lähes mahdottomaksi. Tämä tulee tutkimuksessa ilmi myös siinä, että erilaiset ajankäytölliset haasteet ovat suurin este monipuoliselle kokeelliselle opetukselle. Toivottavasti seuraavassa opetussuunnitelmassa otetaan nämä asiat huomioon.

Yksi opetussuunnitelman tavoite on oppilaan tieto- ja viestintätaitojen kehittäminen. Tutkimuksen mukaan reilusti yli puolet opettajista ei käytä mittausautomaatiota tai virtuaalilaboratoriota ollenkaan opetuksessaan. Vain harva opettaja käyttää näitä menetelmiä edes kuukausittain opetuksessaan. Opettajat tarvitsevat myös omasta mielestään heidän tieto- ja viestintätaitojen kehittämiseen täydennyskoulutusta, sillä

uusien teknisten apuvälineiden käyttö edellyttää niihin perehtymistä ja toimintatapojen muuttamista.

11.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimukseen osallistui 61 kemian opettajaa. Otoksoon pienuudesta johtuen tulokset ovat suuntaa antavia eikä niitä voida yleistää koskemaan koko Suomen yläkoulujen kemian opettajia. Tutkimuksessa tutkitut opettajat olivat melko tasaisesti sekä eri-ikäisiä että eri opetuskokemuksen omaavia. Naisia oli hieman enemmän kuin miehiä, mutta pääainejakauma oli jakautunut melko hyvin kemian, fysiikan ja matematiikan välille (vrt. luku 9.1). Tältä osin tutkimusta voidaan pitää luotettavana.

Voidaan olettaa, että tämänkaltaisiin kyselyihin vastaavat yleensä vain aktiiviset opettajat, jotka ovat kiinnostuneita kehittämään kemian opetusta sekä itseään opettajana. Käytettävät opetusmenetelmät voisivat olla siis yksipuolisempia, jos kyselyyn olisivat osallistuneet kaikki yläkoulujen kemian opettajat.

Kyselyyn saatiin vastauksia ympäri Suomea, Lappia lukuun ottamatta (vrt. luku 8). Huonoilla tieto- ja viestintätaidoilla varustetut opettajat eivät luultavasti osallistuneet kyselyyn, sillä tutkimus tapahtui sähköpostin sekä Internetin kautta. Tämän takia tieto- ja viestintätaitoihin liittyvät tulokset voivat antaa todellisuutta positiivisemmän kuvan.

11.5 Tutkimuksen merkitys

Tutkimuksessa saatiin arvokasta tietoa yläkoulujen opettajien käyttämistä kokeellisista opetusmenetelmistä sekä niihin liittyvistä haasteista. Tehty tutkimus on ollut ensimmäinen näin laaja tutkimus Suomessa, joka käsittelee näin monipuolisesti erilaisten kokeellisten opetusmenetelmien käyttämistä sekä niiden haasteita opettajan näkökulmasta. Opettajien monipuolista kokeellista opettamista sekä niiden haasteita tulisi tutkia tulevaisuudessa lisää.

Kemian opettajien opettamista on tutkittu aikaisemminkin. Esimerkiksi Aksela ja Karjalainen ovat tutkineet vuonna 2008, miten kemian opettajat opettavat yläkoulussa

(vrt. luku 2.2). Heidän tutkimuksessaan tutkitaan erittäin laajasti ja monipuolisesti kaikkea kemian opetukseen liittyvää.

Tutkimuksessa saatiin tietoa opettajien käyttämistä kokeellisista opetusmenetelmistä. Yläkoulujen opettajat eivät valitettavasti opeta opetussuunnitelman mukaisesti monipuolisia kokeellisia opetusmenetelmiä käyttäen. Opettajilla on monia erilaisia syitä olla opettamatta monipuolisesti. Tutkimuksessa saatujen tietojen mukaan opettajien täydennyskoulutuksen sekä opettajankoulutuksen tulisi auttaa opettajia opettamaan monipuolisesti. Lisäksi kuntien tulisi auttaa opettajia pääsemään useammin täydennyskoulutuksiin, jotta opettajat eivät urautuisi opettamaan samoilla menetelmillä kuin ennenkin. Opettajilla on suuri tarve sekä halu kehittää omaa osaamistaan, sillä kokeelliseen opettamiseen on tullut paljon uusia elementtejä. Myös opettajien itsensä tulisi arvioida omaa opetustaan kriittisesti sekä verrata sitä opetussuunnitelmaan sekä maailmalla tehtyihin tutkimusten tutkimustuloksiin. Jokaiselle opettajalle olisi hyödyllistä tuntea tämän tutkimuksen tulokset, jotta he tietäisivät, missä heidän tulisi kehittyä kokeellisessa opettamisessa.

12 Lähteet

1. L.J. Wright, Learning by doing, The objectification of knowledge across semiotic modalities in middle school chemistry lab activities, *Linguistics and Education*, **2008**, 19, 225-243.
2. L.S. Meyer, S. Schmidt, F. Nozawa & D. Panee, Using demonstrations to promote student comprehension in chemistry, *Journal of Chemical Education*, **2003**, 80, 431-434.
3. D.T. Pierce & T.W. Pierce, Effective use of demonstration assessments in the classroom relative to laboratory topics, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84, 1150-1155.
4. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, Opetushallitus, Painatuskeskus, Helsinki, 2004.
5. K. Kanerva, J. Lampiselkä, L. Karkela & P. Ojala, *Kemian demonstraatio-opas*, MFKA-kustannus, 2004.
6. M. Kim & A. Tan, Rethinking difficulties of teaching inquiry-based practical work: Stories from elementary pre-service teachers, *International Journal of Science Education*, **2011**, 33, 465-486.
7. J. Thompson & K. Soyibo, Effects of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10th graders' attitudes to chemistry and understanding of electrolysis, *Research in Science and Technological Education*, **2002**, 20, 25-37.
8. M. Aksela & V. Karjalainen, *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*, Yliopistopaino, Helsinki, 2008.
9. M. Aksela & R. Juvonen, *Kemian opetus tänään - tutkimusraportti*, Opetushallitus, Moniste 27/1999, Edita OY, Helsinki, 1999.
10. R. Bybee & B. McCrae, *Pisa science 2006: Implications for science teachers and science teaching*, Arlington USA National science teachers association, 2009.
11. Suomen laki OVTES osio B § 17.
12. J. Lavonen & V. Meisalo, Kokeellisuuden työtavat, 2006, <http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/main.htm> (Luettu 2.3.2012).
13. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, Opetushallitus, Painatuskeskus, Helsinki, 1994.

14. PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do: Student Performance in Reading, Mathematics and Science, Volume 1, OECD, 2010, ss. 137-154.
15. E. Pehkonen, M. Ahtee & J. Lavonen, *How finns learn mathematics and science*, Sense, Rotterdam, 2007.
16. J. Lavonen & S. Laaksonen, Context of teaching and learning school science in Finland: Reflections on PISA 2006 results, *Journal of Research in Science Teaching*, **2009**, 46, 922-944.
17. A. Bandura, *Self-efficacy: The exercise of control*, W.H. Freeman, New York, 1997.
18. J. Lavonen, K. Juuti, R. Byman, A. Uitto & V. Meisalo, Teaching methods in ninth grade Finnish comprehensive school: A survey of students' expectations. Kirjassa: R.M. Janiuk & E. Samonek-Miciuk (toim.), *Proceedings of the International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XIth Symposium (Science and Technology Education for a Diverse World – Dilemmas, needs and partnership)*, Maria Curie-Sklodowska University Press, Puola, 2004.
19. Improving the laboratory experience for America's high school students: Hearing before the subcommittee on research and science education committee on science and technology, House of Representatives, 2007.
20. J. Wellington: Practical work in science – time for a re-appraisal. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science – which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
21. L. Carillo, C. Lee & D. Rickey, Enhancing science teaching by doing, *The Science Teacher*, **2005**, 72, 60-64.
22. A. Johnstone, Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *Journal of Computer Assisted Learning*, **1991**, 7, 75-83.
23. W.C. Deese, L.L. Ramsey, J. Walczyk & D. Eddy, Using demonstration assessments to improve learning, *Journal of Chemical Education*, **2000**, 77, 1511-1516.
24. A.H. Neto, A. Tribess & F.A.S. Fiorelli, *The laboratory as a tool for learning thermodynamics, heat transfer, and thermal systems*, International conference on engineering education, Rio de Janeiro, 1998.
25. P. Murphy, Gender differences in pupils' reaction to practical work. Kirjassa: B.E. Woolnough (toim.) *Practical science*, Milton Keynes, 1991.

26. E. McKee, V.M. Williamson & L.E. Ruebush, Effects of a demonstration laboratory on student learning, *Journal of Science Education and Technology*, **2007**, 16, 395-400.
27. L. Pogacnik & B. Cigic, How to motivate students to study before they enter the lab, *Journal of Chemical Education*, **2006**, 83, 1094-1098.
28. M.M. Cooper, Cooperative chemistry laboratories, *Journal of Chemical Education*, **1994**, 71, 307-307.
29. P.A. Jalil, M.Z.A. Sbeih, M. Boujettif & R. Barakat, Autonomy in science education: A practical approach in attitude shifting towards science learning, *Journal of Science Education and Technology*, **2009**, 18, 476-486.
30. H. Özmen, The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey, *Computers & Education*, **2008**, 51, 423-438.
31. R.J. Lyall, Practical work in chemistry: Chemistry students' perceptions of working independently in a less organized environment, *Chemistry Education Research and Practice*, **2010**, 11, 302-307.
32. B.E. Woolnough, Authentic science in schools, to develop personal knowledge. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science – which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
33. M. Aksela, Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach, väitöskirja, Helsingin yliopisto, kemian laitos, Helsinki, 2005, ss. 96-125.
34. L.W. Anderson & D.R. Krathwohl, A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Allyn & Bacon, USA, 2001.
35. J. Lavonen & V. Meisalo, Opetuksen tavoitteet ja työtavat, <http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotavat> (Luettu 2.3.2012).
36. P. Högström, C. Ottander & S. Benckert, Lab work and learning in secondary school chemistry: The importance of teacher and student interaction, *Research in Science Education*, **2009**, 40, 505-523.
37. B. Yohe & G.E. Dunkleberger, Laboratory safety and inspection procedure, *Journal of Chemical Education*, **1992**, 69, 147-149.

38. S.M. Wright, Introducing safety topics using a student-centered approach, *Journal of Chemical Education*, **2005**, 82, 1519-1520.
39. P. S. Hill & T.G. Greco, Safety is no laughing matter, *Journal of Chemical Education*, **1995**, 72, 1126-1127.
40. D. Hodson, Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science – which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
41. J. Leach, Teaching about the world of science in the laboratory – The influence of students' ideas. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science – which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
42. J.M. Hohlock, N. Gruove & L. Bretz, Pre-service teacher as researcher: The value of inquiry in learning science, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84, 1530-1534.
43. C.A. Chinn & B.A. Malhotra, Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, **2002**, 86, 175-218.
44. D. Bentley & M. Watts, *Learning and teaching in school science: Practical alternatives*. Milton Keynes: Open University Press. 1989.
45. D. Cheung, Using diagnostic assessment to help teachers understand the chemistry of the lead-acid battery, *Chemistry Education and Practice*, **2011**, 12, 228-237.
46. H. Borko & R.T Putnam, Learning to teach. Kirjassa: D.C. Berliner & R.C. Calfee (toim.), *Handbook of educational psychology*, Macmillan Library Reference USA, New York, 1996, ss. 673-708.
47. J. Bond-Robinson, Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory, *Chemistry Education Research and Practice*, **2005**, 6(2), 83-103.
48. J. Lampiselkä, Demonstraatio lukion kemian opetuksessa, väitöskirja, Jyväskylän yliopisto, kemian laitos, Jyväskylä, 2003.
49. C.P. Clermont, H. Borko & J.S. Krajcik, Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators, *Journal of Research in Science Teaching*, **1994**, 31, 419-441.

50. N.A. Gigante & W.A. Firestone, Administrative support and teacher leadership in schools implementing reform, *Journal of Educational Administration*, **2008**, 46, 302-331.
51. J.D. Bradley, S. Durbach, B. Bell, J. Mungarulire & H. Kimel, Hands-on practical chemistry for all: Why and how? *Journal of Chemical Education*, **1998**, 75, 1406-1409.
52. M.K. Maurer, M.R. Bukowski, M.D. Menachery & A.R. Zatorsky, Inquiry-based arson investigation for general chemistry using GC-MS, *Journal of Chemical Education*, **2010**, 87, 311-313.
53. R. Barton, It in practical work - assessing and increasing the value-added. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science - which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
54. D.S. Mason, Teachers teaching teachers, *Journal of Chemical Education*, **2004**, 81, 617.
55. M. Abdullah, N. Mohamed & Z.H. Ismail, The effect of an individualized laboratory approach through microscale chemistry experimentation on students' understanding of chemistry concepts, motivation and attitudes, *Chemistry Education Research and Practice*, **2009**, 10, 53-61.
56. R.A. Krystyniak & H.W. Heikkinen, Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation, *Journal of Research in Science Teaching*, **2007**, 44, 1160-1186.
57. A. Putti, High school students' attitudes and beliefs on using the science writing heuristic in an advanced placement chemistry class, *Journal of Chemical Education*, **2011**, 88, 516-521.
58. J. Lavonen & V. Meisalo, Pienessä ryhmässä opiskelu, Työtapaopas, Helsingin yliopisto, 2006, <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/yto/> (Luettu 2.3.2012).
59. L.B. Bruck & M.H. Towns, Preparing students to benefit from inquiry-based activities in the chemistry laboratory: guidelines and suggestions, *Journal of Chemical Education*, **2009**, 86, 820-822.
60. D. Cheung, Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work, *International Journal of Science and Mathematics Education*, **2007**, 6, 107-130.

61. R. Blonder, R. Mamlok-Naaman & A. Hofstein, Analyzing inquiry questions of high-school students in a gas chromatography open-ended laboratory experiment, *Chemistry Education Research and Practice*, **2008**, 9, 250-258.
62. P. Cueves, O. Lee, J. Hart & R. Deaktor, Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds, *Journal of Research in Science Teaching*, **2005**, 42, 337-357.
63. S. Chatterjee, V.M. Williamson, K. McCann & M.L. Peck, Surveying students' attitudes and perceptions toward guided-inquiry and open-inquiry laboratories, *Journal of Chemical Education*, **2009**, 86, 1427-1432.
64. K.A. Burke, T.J. Greenbowe & B.M. Hand, Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory, *Journal of Chemical Education*, **2005**, 83, 1032-1038.
65. B.A. Gaddis & A.M. Schoffstall, Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84, 848-851.
66. J.D. Thomas, Getting students to be successful, independent investigators, *Science Scope*, **2010**, 33, 24-31.
67. J.A. Gallagher-Bolos & D.W. Smithenry, *Teaching inquiry-based chemistry: Creating student-led scientific communities*, Heinemann educational books, 2004.
68. Y. Song, D. Ahlswede, C. Clausen, L. Herbig & J.S. Oliver, Community-based inquiry lessons, *The Science Teacher*, **2010**, 77, 61-65.
69. B. Hand & A. Choi, Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes, *Research in Science Education*, **2010**, 40, 29-44.
70. J.A. Rudd, T.J. Greenbowe & B.M. Hand, Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general equilibrium, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84, 2007-2011.
71. S. Poikela, *Ongelmaperusteinen oppiminen, uusi tapa oppia ja opettaa?* Tampereen yliopiston opettajankoulutuslaitos, Hämeenlinna, 1998.
72. M.C. Boyce & K. Singh, Student learning and evaluation in analytical chemistry using a problem-oriented approach and portfolio assessment, *Journal of Chemical Education*, **2008**, 85, 1633-1637.

73. S.W. Bennett, Problem solving: Can anybody do it? *Chemistry Education Research and Practice*, **2008**, 9, 60-64.
74. P. Sahlberg & A. Leppilampi, *Yksinään vai yhteisvoimin?: Yhdessäoppimisen mahdollisuuksia etsimässä*, Helsingin yliopisto, Vantaan täydennyskoulutuskeskus, Helsinki, 1994.
75. J. Lavonen & V. Meisalo, *Yhteistoiminnalliset työtavat*, Työtapaopas, Helsingin yliopisto, <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/yto/yto/index.htm> (Luettu 2.3.2012).
76. D.W. Johnson & R.T. Johnson, Student motivation in co-operative groups, Social interdependence theory. Kirjassa: R.M. Gillies & A.F. Ashman (toim.), *Co-operative learning: The social and intellectual outcomes of learning in groups*, RoutledgeFalmer, Lontoo, 2003.
77. S.W. Wachanga & J.G. Mwangi, Effects of the cooperative class experiment teaching method on secondary school students' chemistry achievement in Kenya's Nakuru district, *International Education Journal*, **2004**, 5, 26-36.
78. I.E Palmberg & J. Kuru, Outdoor activities as a basis for environmental responsibility, *Journal of Environmental Education*, **2000**, 31, 32–36.
79. J. Helms, Learning about the dimensions of science through authentic tasks. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science - which way now?* Routledge, Lontoo, 1998
80. J. Väliisaari & J. Lundell, *Kokeellisen kemian kenttäkurssi*, kemian laitos, Jyväskylän yliopisto, 2010.
81. P. Van Marion, Changing teachers' practice – Practical work in environmental education. Kirjassa: J. Leach & A. Paulsen (toim.), *Practical work in science education*, Roskilde University Press, Tanska, 1999.
82. M. Aksela & L. Karkela, Kemiaa mikromittakaavassa, *Dimensio*, **1992**, 3, 18-21.
83. M. Aksela, T. Laitalainen, M. Mäkelä & T. Virkkala, *Mikrokemiallinen laboratorio*, Opetushallitus, Helsinki, 1996.
84. B. Dalgarno, A.G. Bishop, W. Adlong & D.R. Bedgood Jr, Effectiveness of virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students, *Computers & Education*, **2009**, 53, 853-865.

85. D.C Stone, Teaching chromatography using virtual laboratory exercises, *Journal of Chemical Education*, **2007**, 84, 1488-1496.
86. L. Baggott & J. Nichol, Multimedia simulation – a threat to or enhancement of practical work in science education. Kirjassa: J. Wellington (toim.), *Practical work in school science – which way now?* Routledge, Lontoo, 1998.
87. R.F. Tinker, *Microcomputer-based labs: Educational research and standards*, Springer, USA, 1996.
88. E. Pierri, A. Karatrantou & C. Panagiotakopoulos, Exploring the phenomenon of ‘change of phase’ of pure substances using microcomputer-based-laboratory (MBL) system, *Chemistry Education Research and Practice*, **2008**, 9, 234-239.
89. E.F. Redish, J.M. Saul & R.N. Steinberg, On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories, *American Journal of Physics*, **1997**, 65, 44-54.
90. J. Lavonen, K. Juuti & V. Meisalo, Designing a user-friendly microcomputer-based laboratory package through the factor analysis of teacher evaluations, *International Journal of Science Education*, **2003**, 25, 1471–1487.
91. X. Liu, Effects of combined hands-on laboratory and computer modeling on student learning of gas laws: A quasi-experimental study, *Journal of Science Education and Technology*, **2006**, 15, 89-100.

Liitteet

Liite 1: Sähköpostiviesti MAOL:n paikalliskerhojen sähköpostilistalle

Liite 2: Selitykset opetusmenetelmille

Liite 3: Kyselylomake opettajille

Arvoisa yläkoulun opettaja!

Olen Juhana Annala ja opiskelen Jyväskylän yliopistossa kemian ja matematiikan aineopettajaksi. Teen tällä hetkellä Pro gradu-tutkielmaani kokeellisen kemian opetuksen erilaisista työtavoista. Tutkimuksessani tarkastelen, millaisilla menetelmillä yläkoulun opettajat opettavat kemiaa kokeellisesti ja miksi.

Tutkimuksen tekemisessä kestää arviolta 10 minuuttia. Tällaiselle tutkimukselle on erittäin paljon tarvetta, nimittäin kokeellinen kemian opetus on kansainvälisissä tutkimuksissa todettu erittäin tärkeäksi tavaksi opettaa kemiaa. Varsinkin monipuolisilla ja vaihtelevilla työtavoilla kokeellisessa opetuksessa saavutetaan erinomaisia oppimistuloksia. Tällä tutkimuksella on tarkoitus antaa kemian opettajille tietoa, millaisia eri mahdollisuuksia on opettaa kokeellisesti.

Tutkimuksessa noudatan tutkimuseettisiä periaatteita. Internetissä tehtävä kysely on nimetön, paitsi haastateltavaksi halutessasi voit laittaa sähköpostiosoitteesi tai puhelinnumerosi. Lisätietoja tutkimukseen liittyen voitte tiedustella allekirjoittaneelta tai Jouni Välisaarelta, joka toimii tutkielmani ohjaajana.

Kysely löytyy osoitteesta: <https://korppi.jyu.fi/kotka/r.jsp?qid=6620>

Kiitos kun uhrasit aikaa kemian opetuksen tutkimuksen hyväksi!

Tutkimuksen tekijä:

Juhana Annala

Vapaudenkatu 40–42 C 34

40100 Jyväskylä

juhana.s.annala@jyu.fi

044-0688863

Ohjaava opettaja:

Jouni Välisaari

Kemian yliassistentti

Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

jouni.valisaari@jyu.fi

040-8053720

Selitykset opetusmenetelmille	
Demonstraatio	Demonstraatio-opetus on vuorovaikutusprosessi, jossa on aina esittäjä ja havainnoitsija.
Hiljainen demonstraatio	Hiljaisessa demonstraatiossa opettaja esittää demonstraation ilman puhetta.
Demonstraation arvioiminen	Demonstraation arvioimisessa opettaja suorittaa demonstraation aikana ja sen jälkeen arviointia oppilaista. Oppilaat esimerkiksi kirjoittavat havaintoja työn aikana tai havaintoja ja selityksiä ilmiöstä työn jälkeen. Opettaja arvioi nämä kirjalliset tuotokset.
Oppilastyö	Oppilastyössä oppilaat osallistuvat itse aktiivisesti käytännön kokeelliseen työskentelyyn sekä tekevät havaintoja luonnonilmiöistä.
Avoim tutkimus	Avoimessa tutkimuksessa oppilaat tunnistavat ja määrittelevät oman tutkimusongelmansa sekä suunnittelevat siihen tarvittavan laboratoriovälineistön.
Projektityöskentely	Projektityöskentelyssä oppilaille annetaan tutkimuskysymys, kerrotaan yksityiskohtaisesti laboratoriovälineet sekä turvallisuusohjeet.
Yhteisön tekemä tutkimus	Yhteisön tekemä tutkimus on oppilas-johtoinen tieteellinen yhteisö, joka yrittää yhdessä etsiä vastauksia ongelmiin. Useimmiten koko luokka toimii yhtenä yhteisönä etsiessään vastauksia annettuihin ongelmiin.
Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus	Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus on puolitain ohjattu menetelmä, jossa oppilaiden on tarkoitus muodostaa kysymyksiä, väitteitä, todistuksia ja havaintoja niin kirjallisesti kuin keskustelemallakin tutkimuksen aikana ja sen jälkeen.
Yhteistoiminnallinen opetus	Yhteistoiminnallisessa opetuksessa jokainen ryhmänjäsen kantaa vastuuta yhteisten tavoitteiden puolesta.
Luonnossa tehtävä kokeellinen työ	Luonnossa voidaan oppilaiden kanssa tehdä tutkimuksia tai oppilastöitä.
Virtuaalilaboratorio	Virtuaalilaboratoriossa oppilaat tutustuvat tietokoneen välityksellä laboratorioon ja siellä tehtäviin töihin.
Ongelmalähtöinen opetus	Ongelmalähtöisessä opetuksessa on keskeistä ryhmätyöskentelyn kautta tapahtuva oppiminen sekä ryhmässä tapahtuva vuorovaikutus ja yhteisöllinen tiedonmuodostus. Oppimisen lähtökohdانا on todellisesta maailmasta nousevat ongelmatilanteet.
Mittausautomaatio	Mittausautomaatio on opetuksen apuväline, joka käyttää tietokonetta tiedon keräämiseen, esittämiseen ja analysoimiseen.
Mikrokemia	Mikrokemian lähtökohdانا on opettaa kemiaa kokeellisesti pienentämällä kemikaalien määriä ja laitteistoja.

Kyselylomake opettajille**Taustatietoa**

Sukupuoli	Mies Nainen
Ikä	← 25 vuotta 26-35 vuotta 36-45 vuotta 46-55 vuotta 55→ vuotta
Opetuskokemus	0-5 vuotta 6-10 vuotta 11-15 vuotta 16-20 vuotta 21→ vuotta
Pääaine	Kemia Fysiikka Matematiikka Tietotekniikka Jokin muu
Jos pääaineesi jokin muu, niin mikä?	<input type="text"/>

Miten opetat kemiaa kokeellisesti? (Monivalinta)**Millaisilla menetelmillä opetat kemiaa kokeellisesti? Kuinka usein opetat kyseisellä menetelmällä? Monivalinnan alta löydät selitykset opetusmenetelmille.**

	Viikoittain	Kuukausittain	Olen kokeillut	En koskaan	En ole kuullutkaan
Demonstraatio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hiljainen demonstraatio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Demonstraation arvioiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oppilastyö	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avoin tutkimus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Projektityöskentely	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yhteisön tekemä tutkimus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kirjoittamista painottava laboratoriotutkimus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yhteistoiminnallinen opetus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luonnossa tehtävä kokeellinen työ	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtuaalilaboratorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ongelmalähtöinen laboratorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mittausautomaatio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mikrokemia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Miksi opetat kemiaa kokeellisesti? (Avoimet kysymykset)

Miksi et käytä juuri näillä menetelmillä kemiaa kokeellisesti? Mitä hyvää näissä menetelmissä on, että opetat niillä säännöllisesti?

Miksi et käytä tiettyjä menetelmiä ollenkaan tai käyttösi on jäänyt kokeilemisen asteelle? Onko menetelmissä jotain haasteita?

Vaikuttaako opetussuunnitelma siihen, millä tavalla opetat kemiaa? Miten?

Rajoittavatko koulusi tilat tai resurssit kokeellisuuden opettamista? Miten?

Vaikuttaako koulusi kulttuuri jotenkin menetelmiä opettaa kemiaa? Entä vaikuttavatko kollegat opetusmenetelmiisi?

Koetko itselläsi opettajana olevan valmiudet opettaa mainitsemillani menetelmillä? Perustelee.

Oletko ollut täydennyskoulutuksessa tämän asian tiimoilta? Entä koetko täydennyskoulutuksen tarvetta opetettaessa kokeellisesti eri menetelmillä?

Miten oppilastuntemus vaikuttaa käyttämiisi kokeellisiin opetusmenetelmiin?

Vaikuttaako työturvallisuus sinun kokeellisen kemian opettamiseen jotenkin?

Muuta pohdintaa.

Suostutko haastateltavaksi tarkemmista yksityiskohdista liittyen tähän tutkimukseen? Jos suostut, laita yhteystietosi alle, jotta voin ottaa mahdollisesti yhteyttä sinuun. Jos et halua, jätä tila tyhjäksi.