

Tutkiva oppiminen kemian opetuksessa
– mahdollisuudet tukea oppimista ja opiskelua

Pro gradu – tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

Opettajankoulutus

16.2.2016

Sakari Salo

Tiivistelmä

Lukuvuonna 2016 / 2017 käyttöön otettavan perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden myötä kemian opetuksen tulee muuttua tutkimuksellisemmaksi ja toiminnalliseksi. Eräs avain tämän tavoitteen saavuttamiseen on tutkivan oppimisen menetelmä. Tässä tutkielmassa selvitettiin tutkivan oppimisen mahdollisuuksia tukea oppilaan oppimista ja opiskelua kemian opetuksessa. Menetelmään perehdyttiin myös käytännössä sen soveltamisessa koettujen haasteiden ja arvioinnin näkökulmista.

Tutkiva oppiminen jaetaan yleisesti neljään tasoon (vahvistaminen, jäsenneily, ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen) sen mukaan miten paljon opetuksessa sovelletaan tutkimuksellisuutta osana perinteisempiä metodeja. Kirjallisuudesta kävi ilmi, että erityisesti tutkivan oppimisen ylemmät tasot (ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen) olivat potentiaalisempia kehittämään oppilasta oppijana sekä motivoimaan opiskeluun. Lisäksi havaittiin, että kaikilla tasoilla oppilaiden viihtyminen opetuksessa paranee merkittävästi.

Tutkielman osana toteutettiin haastattelututkimus kuudelle yläkoulun oppilaalle ja yhdelle opettajalle. Tutkimuksen tarkoituksena oli edelleen kartoittaa tutkivan oppimisen mahdollisuuksia kehittää oppilasta oppijana sekä kohottaa oppilaan motivaatiota ja viihtymistä opetuksessa. Lisäksi haettiin lisää näkemyksiä menetelmän käytännön soveltamiseen. Tässä osassa etsittiin myös eroja tutkivan oppimisen eri tasojen välillä.

Tehtyjen havaintojen perusteella oppilaat kokivat viihtyvänsä opetuksessa hyvin kaikilla tutkivan oppimisen tasoilla. Muuten alempien tasojen (vahvistamien ja jäsenneily tutkiva oppiminen) mahdollisuudet oppilaan oppimisen ja opiskelun tukemisessa olivat rajalliset verrattuna ylempiin tasoihin. Tutkimuksen aineistoon pohjaten ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen onnistui erityisesti kehittämään oppilaita opitun ymmärtämisessä ja kohottamaan heidän motivaatiotaan. Menetelmän käytännön soveltaminen osoittautui haastavaksi, etenkin ylemmillä tasoilla, joilla haasteita kohdattiin enemmän verrattuna alempiin tasoihin. Kuitenkin jo olemassa olevat opetuksen arviointikriteerit sopivat tutkivan oppimisen arviointiin painottamalla oppilaan tuotosten arviointia ja jatkuvaa havainnointia, mikä voi puolestaan helpottaa menetelmän soveltamista käytännössä.

Sisällys

Tiivistelmä	i
Sisällys	ii
Esipuhe	v
Johdanto	1
1. Tutkivan oppimisen määrittelyä	1
1.1 Opetuksen perinteinen ja tutkiva malli.....	2
1.2 Tutkiva oppiminen opetusmenetelmänä.....	4
1.3 Tutkivan oppimisen sovittaminen oppilaan lähtökohtiin.....	5
2. Tutkiva oppiminen käytännössä	7
2.1 Backuksen oppilaiden tutkimuksia.....	7
2.2 Tutkivan oppimisen sovittaminen muihin opetusmenetelmiin.....	10
3. Tutkivan oppimisen vaikutus oppimiseen	12
3.1 Oppimistulokset.....	12
3.2 Opitun tiedon ymmärtäminen ja sen soveltaminen.....	15
3.3 Ongelmanratkaisutaitojen kehittyminen.....	19
3.4 Metakognitiivisten taitojen kehittyminen.....	20
4. Tutkivan oppimisen soveltamisen haasteet	23
4.1 Keinoja haasteiden ratkaisemiseksi.....	25
5. Tutkiva oppiminen ja oppilaan tukeminen opiskelussa	27
5.1 Oppilaan motivaation kehittyminen.....	27
5.2 Oppilaan opiskeluasenteen kehittyminen.....	30
5.3 Oppilaan viihtyminen opetuksessa.....	32
6. Tutkiva oppiminen ja arviointi	35
6.1 Arvioinnin määritelmä ja tarkoitus suomalaisessa koulussa.....	35
6.2 Arvioitavat tiedot ja taidot yläkoulun kemian opetuksessa.....	37
6.3 Kokeellisuus ja arviointi kemiassa.....	38
6.4 Arviointi tutkivassa oppimisessä.....	39
6.4.1 Opetustilanteessa tapahtuva arviointi.....	40
6.4.2 Oppilaan tuotoksen arviointi.....	43
6.4.3 Opetusjakson loppuarviointi.....	46
6.5 Tutkiva oppiminen ja kynnysarviointi.....	49
7. Yhteenveto	51

8. Tutkimuskysymykset	53
9. Tutkimusmenetelmät	54
10. Tutkimusaineisto	54
11. Tulokset ja analyysi	55
11.1 Oppilasaineisto A	55
11.1.1 Ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen vaikutukset opiskeluun	57
11.1.1.1 Vaikutukset oppilaiden motivaatioon	57
11.1.1.2 Vaikutukset oppilaan viihtymiseen opetuksessa.....	59
11.1.2 Ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen vaikutukset oppimiseen	61
11.1.2.1 Oppiminen ja opitun ymmärtämisen kehittyminen	61
11.1.2.2 Ongelmanratkaisuun, tiedon soveltamiseen ja metakognitioon liittyvät taidot	63
11.2 Oppilasaineisto B	65
11.2.1 Jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset opiskeluun	67
11.2.1.1 Vaikutukset oppilaiden motivaatioon	67
11.2.1.2 Vaikutukset oppilaiden viihtymiseen opetuksessa	67
11.2.2 Jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset oppimiseen	69
11.2.2.1 Oppiminen ja opitun ymmärtäminen	69
11.2.2.2 Tiedon soveltamiseen, ongelmanratkaisuun ja metakognitioon liittyvät taidot	71
11.3 Oppilasaineistoissa koetut tutkivan oppimisen soveltamiseen liittyvät haasteet	71
11.4 Opettaja-aineisto	71
11.4.1 Näkemyksiä jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutuksista opiskeluun	72
11.4.1.1 Oppilaan kokema motivaatio	72
11.4.1.2 Oppilaiden viihtyminen	73
11.4.2 Näkemyksiä jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutuksesta oppimiseen	74
11.4.2.1 Oppiminen ja ymmärtäminen	74
11.4.2.2 Ongelmanratkaisuun ja tiedon soveltamiseen liittyvät kyvyt	75
11.4.3 Näkemyksiä tutkivan oppimisen soveltamisen rajoitteista ja haasteista.....	75
11.4.4 Opettajan käyttämiä arviointimenetelmiä.....	76
12. Yhteenveto	79
13. Pohdinta	81
13.1 Oppimisen ja opiskelun tukeminen kemian opetuksessa	81
13.2 Tutkivan oppimisen vieminen käytäntöön kemian opetuksessa	84
13.3 Kritiikki ja luotettavuus	87

13.4 Yleistettävyys ja sovellettavuus	88
13.5 Jatkotutkimusaiheita	89
14. Kirjallisuus	90

Esipuhe

Tämän Pro gradu – tutkielman kirjoittaminen aloitettiin syksyllä 2014 Jyväskylän yliopistossa ja se valmistui keväällä 2016. Tutkielman lähdekirjallisuus hankittiin pääosin käyttämällä useita eri sähköisiä tietokantoja. Se koostuu enimmäkseen tieteellisistä artikkelijulkaisuista, mutta tutkielmassa läpikäytiin myös esimerkiksi opetusministeriön julkaisuja sekä lakitekstiä. Tutkielman ohjaajana toimi yliopistonopettaja Jouni Välisaari.

Haluan kiittää ohjaajaani Jouni Välisaarta motivoinnista ja kannustavasta palautteesta tutkielmaan liittyen. Kiitokset kuuluvat myös lasteni isovanhemmille, jotka lapsiani hoitamalla mahdollistivat tehokkaan työteon. Haluan kiittää myös lapsiani sekä erityisesti vaimoani Annia, joka jaksoi olla tukena ja uskoa minuun koko projektin ajan.

Jyväskylässä 16.2.2016

Sakari Salo

Johdanto

Vuonna 2016 uuden perusopetuksen opetussuunnitelman myötä koko suomalainen peruskoulu kokee suuren murroksen. Uusi opetussuunnitelma haastaa opettajat muuttamaan opetustaan toiminnallisempaan ja tutkimuksellisempaan suuntaan. Samalla myös vastuu oppimisesta opetustapahtumasta siirtyy opettajalta enemmän oppilaalle. Muutokset koskevat myös kemian opetusta ja tuovat mukanaan paljon haasteita sekä opettajalle että oppilaalle. Toisaalta ottaen huomioon suomalaisten oppilaiden kouluviihtyvyyden viimeaikaisen tason, on muutokselle kysyntää.

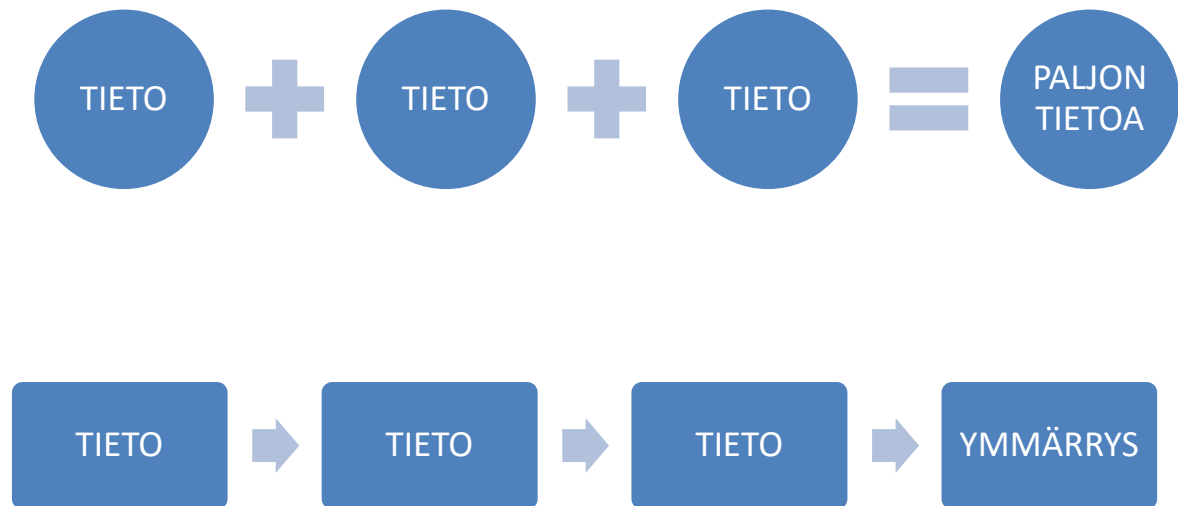
Uusiin haasteisiin vastaamiseksi tämän opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tutkivan oppimisen opetusmenetelmä, jonka keskeisiä ajatuksia ovat juuri opetuksen toiminnallisuus ja tutkimuksellisuus. Kirjallisuudessa menetelmän on lisäksi kehuttu kehittävän paitsi oppilaita oppijoina, myös kohottavan heidän motivaatiotaan ja viihtymistään opetuksessa. Näistä lupauksista motivoituneena tutkielmassa lähdettiin tutustumaan tarkemmin menetelmän käyttöön ja mahdollisuuksiin. Perimmäisenä tavoitteena oli selvittää, onko tutkivasta oppimisesta todellista hyötyä ja onko sen onnistunut soveltaminen käytännössä mahdollista kemian opetuksessa.

1. Tutkivan oppimisen määrittelyä

Kemian luonne matemaattisena tieteenä poikkeaa muista siinä, että pelkkä kattava tietomäärä ei aina riitä. Usein vaikka laskelmat ja mittaukset on tehty oikein, ei haluttua tulosta synny käytännössä tai se on epätäydellinen. Taustaan piiloutuu aina suuri määrä tekijöitä, jotka vaikuttavat toisiinsa ja lopputulokseen. Osaamiseen ja onnistumiseen vaaditaan siis tiedon merkitysten ymmärtämistä eikä niinkään suurta tietomäärää.

1.1 Opetuksen perinteinen ja tutkiva malli

Perinteinen opetus etenee yksinkertaistettuna siten, että tiedon päälle asetetaan uutta tietoa (kuva 1) (Andersson 2002). Tällaisessa opetuksessa keskitytään enemmän tiedon omaksumiseen määrällisesti kuin ymmärtämiseen. Sen vuoksi perinteinen opetusmalli kemiassa jättää vastaamatta moneen miksi-kysymykseen, mikä luo oppilaalle helposti kuvan mystisestä, epäennustettavasta salatiiteestä. Se puolestaan johtaa oppilaan epäilemään omaa osaamistaan ja onnistumistaan sekä heikentää motivaatiota ja viihtymistä kemian opetuksessa. Nämä tekijät huonontavat myös oppimistuloksia.



Kuva 1. Tutkijan hahmottelema kuva opetuksen perinteisestä ja tutkivasta mallista. Perinteisessä opetusmallissa tiedon päälle asetetaan uutta tietoa. Tästä tuloksena on suuri määrä tietoa. Tutkivassa opetusmallissa tietoa rakennetaan edellisen tiedon lähtökohdista. Tällöin uusi tieto seuraa edellisestä ja tuloksena saavutetaan syvempi ymmärrys. Kuva mukailtu Anderssonin (2005), mukaan.

Kemian opettamiseen voidaan soveltaa myös tutkivaa mallia (kuva 1). Tutkivan mallin tai tutkivan oppimisen tärkeimpiä luonteenpiirteitä voisi Century *et al.* (2009) aiempia tutkimuksia kokoavan artikkelin pohjalta kuvailla seuraavasti:

1. Oppilaat pohtivat tieteellisiä tutkimuskysymyksiä.
2. Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksia liittyen tutkimuskysymyksiin.
3. Oppilaat kehittävät ja arvioivat tutkimuskysymyksiin vastaavia selityksiä tutkimusaineiston pohjalta.
4. Oppilaat muotoilevat tutkimuskysymysten vastaukset.
5. Oppilaat arvioivat vastauksia erityisesti tieteellistä ymmärrystä kuvastavien vaihtoehtoisten ratkaisujen valossa.
6. Oppilaat kommunikoivat keskenään ja perustelevat esittämiään vastauksia.

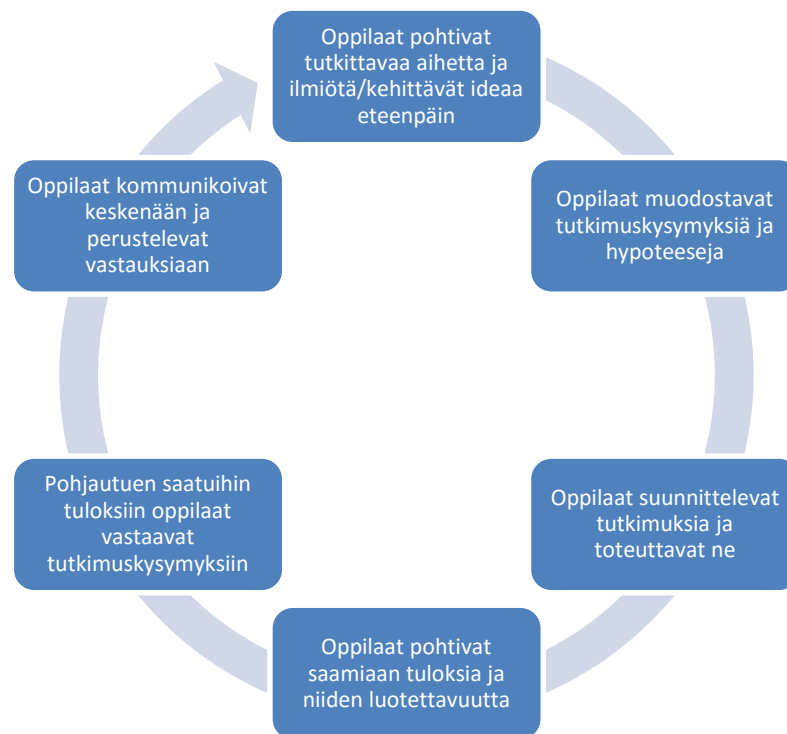
Nämä askelmerkit laittavat oppilaat lähtemään liikkeelle nimenomaan miksi-kysymysten ratkaisusta. Tällöin tietoa rakennetaan edellisen tiedon perusteella ja tutkimuksia suunniteltaessa ja testatessa myös eri tekijöiden syy-seuraussuhteet tulevat esille.

Kun opittua tietoa ymmärretään, kemian mystisyys ja epäennustettavuus vähenee. Tämä puolestaan voi parantaa oppilaan luottamusta onnistumiseensa, mikä edelleen voi vaikuttaa myönteisesti paitsi oppimiseen myös opetuksessa viihtymiseen. Lisäksi viihtymisen kannalta ikään kuin salapoliisin tai murhatutkijan tehtävien kaltainen työskentely on motivoivampaa kuin se, että tieto annettaisiin valmiina. Myös sosiaalinen kanssakäyminen voi olla viihtyvyyttä lisäävä tekijä.

Askelmerkit tukevat muutenkin oppimista: vastausten muotoilu omin sanoin valmiin ratkaisun saamisen sijaan ja sosiaalinen kommunikointi vahvistavat aivoihin piirtynyttä hermoverkkoa tehostaen muistamista.

1.2 Tutkiva oppiminen opetusmenetelmänä

Tutkivan oppimisen yksityiskohtaisesta määritelmästä ei ole saavutettu yksimielisyyttä. (Cheung 2011). Tämä näkyy etenkin siinä, että tutkivan oppimisen menetelmän ominaispiirteitä löytyy myös muista opetusmenetelmistä. Esimerkiksi ongelmalähtöisessä opetuksessa (PBL, *Problem Based Learning*) oppimisprosessi etenee samanlaisin askelin (vertaa: kuva 1 ja kuva 2): oppilaille annetaan ongelma tai tutkimuskysymys, jonka jälkeen he pohtivat ja analysoivat annettua ongelmaa löytääkseen hypoteesin mahdollisista ratkaisuista (Hmelo-Silver 2004). Oppilaat arvioivat, mistä ongelmaan liittyvistä seikoista tulee hankkia lisää tietoa ja suorittavat tiedonhankinnan. Viimeiseksi oppilaat pyrkivät ratkaisemaan ongelman nojaten hankkimaansa tietoon. Myös opettajan rooli prosessissa on enemmän ohjaajan kaltainen



Kuva 2. Tutkijan hahmottelema kaaviokuva tutkivan oppimisen metodista. Mukailtu lähteistä: Hakkarainen *et al.* (2004), Hmelo-Silver (2004) ja Century *et al.* (2010).

Tutkivan oppimisen elementtejä voi sisällyttää siis jonkin toisen opetusmenetelmän osaksi. Myös vuonna 2016 käyttöön otettavan perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden korostama ilmiölähtöisyys pohjaa opetusmenetelmänä tutkivaan oppimiseen (Mylläri 2015).

Toisaalta tutkivan oppimisen ei tarvitse olla aina kovin toiminnallistakaan ollakseen tutkimuksellista Bell *et al.* (2005). Tutkiva oppiminen voidaan nähdä yksinkertaisesti aktiivisena oppimisprosessina, jonka ydinideana on vastauksen löytäminen tutkimuskysymykseen tutkimusaineiston analyysin perusteella. Näin määriteltynä myös valmiiksi annetun aineiston analysoimista voi pitää tutkivana oppimisena. Tärkeintä on, että tiedon pohjalta tehdään päätelmiä, jotka pyrkivät vastaamaan tutkimuskysymykseen.

Menetelmää soveltaessa on siis turha jäädä pohtimaan yksityiskohtia. Kukin opettaja voi soveltaa menetelmää tai sen osaa parhaaksi katsomallaan tavalla. Olennaista on oppilaan keskeinen rooli opetustapahtumassa ja toisaalta opettajan roolin vaihtuminen opettajasta oppimisen ohjaajaan (Anderson 2002, Smithenry 2010). Tutkivan oppimisen kantava idea on, että oppilaat tekevät sitä mitä tiedemiehetkin: etsivät vastausta tutkimuskysymykseen analysoimalla ja pohtimalla tietoa (Aksela 2005, Anderson 2002). Siten menetelmän käyttäminen muistuttaa tieteellisen tutkimuksen tekemistä.

1.3 Tutkivan oppimisen sovittaminen oppilaan lähtökohtiin

Suurin osa oppilaista tarvitsee kuitenkin paljon opetusta ja ohjausta, ennen kuin heidän on osaamisensa puitteissa mahdollista kehittää tutkimuskysymyksiä ja tutkimusmenetelmiä (Bell *et al.* 2005). Tutkivaa oppimista voidaankin soveltaa eri tavoin riippuen siitä, kuinka kehittyneitä oppilaat ovat.

Bell *et al.* (2005) kuvaavat tutkivalle oppimiselle neljä eri tasoa. Ensimmäisellä tasolla oppilaat saavat valmiina sekä tutkimuskysymyksen että vastaamiseen tarkoitettun tutkimusmenetelmän (esimerkiksi laboratoriotyöskentelyssä työohjeen). Lisäksi vastaus kysymykseen tai tutkimuksen tulos on ennalta tiedossa. Tätä tutkivan oppimisen yksinkertaisinta muotoa kutsutaan "vahvistamiseksi".

Toinen taso (jäsenneily tutkiva oppiminen) on muutoin edellisen kaltainen, mutta oppilaat eivät tiedä tulosta tai vastausta tutkimuskysymykseen ennalta (Bell *et al.* 2005). Koska kahdella ensimmäisellä tasolla oppilailta on käytössään yksityiskohtaiset työohjeet, näitä tasoja kutsutaan usein keittokirjamaisiksi laboratoriotöiksi. Kolmannella tasolla (ohjattu tutkiva oppiminen) opettaja antaa valmiin tutkimuskysymyksen, mutta tutkimusmenetelmien kehittäminen ja ratkaisun löytäminen jäävät oppilaiden vastuulle (Bell *et al.* 2005). Neljännellä tasolla (avoin tutkiva oppiminen) oppimistapahtuma, myös tutkimuskysymyksen määrittäminen, on oppilaiden vastuulla.

Eri tasoja tulisi käyttää siten, että koulutuksen alkuvaiheessa sovellettaisiin sitä menetelmää, joka sopii parhaiten oppilaan olemassa olevaan tieto- ja taitotasoon (Bell *et al.* 2005). Vähitellen lisäämällä tutkivan oppimisen avoimuutta ja oppilaan vastuuta omasta oppimisestaan siirryttäisiin tasolta toiselle jatkumon omaisesti kohti avointa tutkivaa oppimista. Siirtyminen suoraan liian korkealle tasolle on oppilaan oppimiselle vahingollista, sillä oppilas ei kykene suunnittelemaan itsenäisesti tutkimusta, jollei ole saanut siinä harjoitusta ja ohjausta. Liian vaikea tehtävä voi johtaa lisäksi oppilaan turhautumiseen.

Perinteiset opetusmallit eivät ole kyenneet riittävästi vastaamaan oppilaiden tarpeisiin, sillä usein kemia mielletään vaikeaksi tai tylsäksi oppiaineeksi. Tämän tutkimuksen yhtenä tavoitteena onkin löytää keinoja sekä oppimisen parantamiseksi että oppilaan opiskelun tukemiseksi kemian opetuksessa.

Tutkimuksen tarkoituksena on myös tarkastella menetelmän käytännön sovellettavuutta. Tätä lähestytään pohtimalla tutkivan oppimisen käyttämiseen liittyviä haasteita ja etsimällä menetelmän käyttöön sopivia arviointitapoja kemian opetukseen. Askelmerkit tekevät oppimistapahtumasta enemmän prosessin kaltaisen, jolloin oppilaiden arvioinnissa on mahdollista korostaa jatkuvuutta ja siihen voi sisällyttää tiedon hallitsemisen lisäksi monia eri osa-alueita, kuten sosiaalista kanssakäymistä, ongelmanratkaisutaitoja, päättelykykyä, ja metakognitiivista kykyä.

2. Tutkiva oppiminen käytännössä

Tutkivalle oppimiselle on ominaista oppilaan keskeinen ja aktiivinen rooli oppimistapahtumassa. Liikuttaessa kohti avointa tutkivaa oppimista, oppilaan vastuu omasta oppimisestaan ja siihen liittyvästä prosessista kasvaa vähitellen. Samanaikaisesti opettajan rooli tiedon valmiina tarjoavasta tietopankista muuttuu kohti oppilaita tarpeen mukaan eteenpäin auttavaa ohjaajaa. Tässä luvussa tutustutaan tutkivaan oppimiseen käytännön näkökulmasta kemian opetuksessa.

Käsiteltäessä tutkivaa oppimista kemian opetuksessa voidaan puhua yleisesti laboratoriotyöskentelystä. Poikkeuksena tästä ovat tehtävät, joissa analysoidaan jo olemassa olevaa tai haettua tietoa (Bell *et al.* 2005). Olennaista on tietenkin ensin kysyä, voidaanko opetussuunnitelman määrittelemät oppiaineet käsitellä tutkivaa oppimista soveltaen. Backus (2005) totesi, että lähes kaikki hänen opetettavakseen määrätty lukiotason opetuksen kemian sisällöt oli mahdollista toteuttaa tutkivalla oppimisella. Samaan päätyi myös Smithenry (2010).

Backus (2005) kertoo kokeilustaan lukiotason kemian opetuksessa, jossa hän poisti työohjeet valmiista laboratoriotöistä kokonaisen lukuvuoden ajaksi. Tätä hän perusteli sillä, että valmiit keittokirjamaiset työohjeet riistävät oppilailta mahdollisuudet korkeamman tason ajatteluun ja onnistumisen tunteeseen. Lisäksi yksityiskohtaisten ohjeiden rajaamissa puitteissa on hänen mukaansa usein mahdotonta työskennellä tutkimuksellisesti. Seuraavassa kuvataan muutamia laboratoriotöitä hänen opetuksestaan.

2.1 Backuksen oppilaiden tutkimuksia

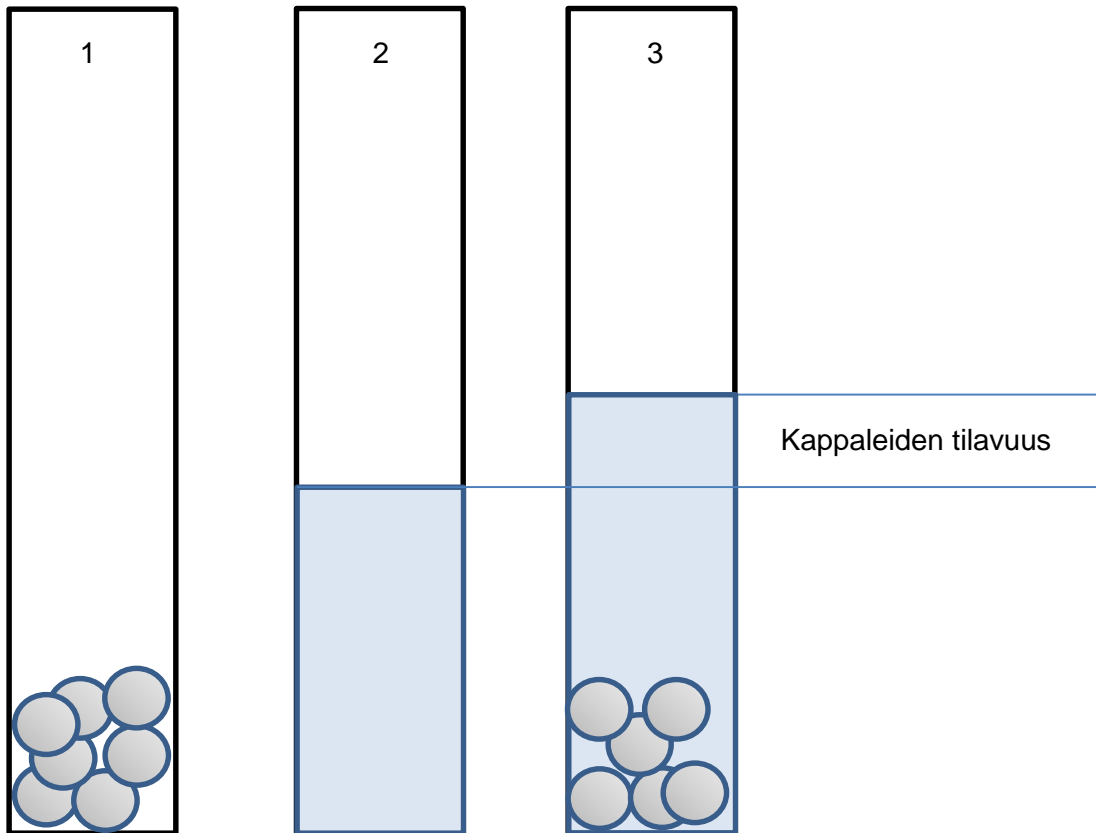
Oppilasryhmänsä ensimmäiseksi työksi Backus (2005) valitsi eri aineiden ominaisuuksien tutkimisen. Oppimistavoitteena oppilaille oli, että he tutustuisivat niihin menetelmiin, joita kemistit käyttävät tuntemattoman aineen tunnistamiseen. Backus valitsi oppilailleen tarkoituksenmukaisesti 16 eri ainetta, joilla oli erilaisia olomuotoja ja muita ominaisuuksia, kuten tiheys, väri tai tuoksu. Hän kiinnitti huomiota myös siihen, että aineiden ominaisuudet

mahdollistaisivat reaktioiden syntymisen, kun aineita sekoitettiin toisiinsa. Tällaisia reaktioita olivat esimerkiksi kuplien tuottaminen tai värin vaihtaminen. Oppilaitaan hän yksinkertaisesti ohjeisti kuvailemaan aineita niin perinpohjaisesti kuin mahdollista.

Oppilaat keksivät visuaalisen havainnoinnin lisäksi tutkia aineiden liukenemista veteen, sulamispistettä, tuoksua ja polttamista sekä reaktioita aineita yhdistettäessä (Backus 2005). Lisäksi oppilaat onnistuivat tunnistamaan muutamia aineista niiden tiheyden perusteella, mistä Backus (2005) päätteli, että oppilaat kykenisivät suunnittelemaan tiheyteen liittyvän laboratoriotutkimuksen itsenäisesti.

Backuksen (2005) tavassa suunnitella opetustaan oppilaidensa osaamisen perusteella kuvastuu hyvin Bellin *et al.* (2005) esittämä neuvo soveltaa tutkivaa oppimista sillä tasolla, johon oppilaiden kyvyt riittävät ja edetä hiljalleen eteenpäin, kohti vaativampia tehtäviä. Valitessaan ensimmäiseksi työksi kuvatun kaltaisen, Backus (2005) tekee varovaisen kosketuksen tutkivan oppimisen kolmanteen tasoon, ohjattuun tutkivaan oppimiseen. Tällä tavoin hän voi paitsi tutustuttaa oppilaat tuleviin opetusmenetelmiin, myös testata oppilaidensa valmiuksia siirtyä tasoilla eteenpäin.

Ensimmäisestä työstä saamansa tiedon pohjalta Backus (2005) teetti oppilaillaan työn, jossa heidän tuli yksinkertaisesti löytää tapa mitata metallikappaleiden tiheys. Osalle oppilaista tiheyden laskukaava oli osittain ennalta tuttu, mikä johti oppilaat mittaamaan kappaleiden tilavuutta (kuva 3). Osa oppilaista koetti vastata tähän laittamalla kappaleita mitta-astiaan, mutta he huomasivat nopeasti, ettei menetelmä antanut oikeaa tulosta kappaleiden väliin jäävän ilman vuoksi. Lopulta oppilaat päätyivät mittaamaan kappaleiden syrjäyttämän veden tilavuutta. Tämä tulos vastasi tietenkin metallikappaleiden kokonaistilavuutta. Tilavuuden ja metallikappaleiden massan avulla oppilaat laskivat tiheyden ja tunnistivat kyseisen metallin etsimällä tietoa itsenäisesti valitsemastaan tietolähteestä.



Kuva 3. Tutkijan hahmottelema kuva Backuksen (2005) oppilaiden metallikappaleiden tilavuuden mittaamiseen käyttämästä menetelmästä. Väliin jäävän ilman vuoksi kappaleiden tilavuutta ei voi mitata suoraan mitta-astiassa (1). Kaatamalla ensin jokin tilavuus vettä mitta-astiaan (2) ja sen jälkeen laittamalla metallikappaleet voidaan kappaleiden tilavuus lukea veden pintojen korkeuksien erotuksena (3).

Muut Backuksen (2005) valmistelemat työt käsittelivät esimerkiksi steariiniogramman luovuttaman lämmön määrää tai kaasulakien löytämistä. Kaikissa teetetyissä töissä keskeistä oli tutkimuksen avoimuus (valmiita ohjeita tai menetelmiä ei ole olemassa) ja oppilaskeskeisyys (oppilaat ovat vastuussa omasta oppimisestaan ja oppimistilanteen toteuttamisesta). Lisäksi Backus (2005) kiinnitti huomiota siihen, että opetustilassa ei ollut oppilaiden mahdollisesti tarvitsemia kemikaaleja tai laitteita esillä, jotta ne eivät ohjaisi oppilaiden ajattelua. Oppilaat saivat tarvitsemansa välineet vain opettajalta pyytämällä.

Erityisesti Backus (2005) piti huolta siitä, että oppilaiden ennakkotiedot olivat riittävät ennen suoritusta. Jos oppilaiden aiempi tieto ei riittänyt, hän pohjusti tulevaa laboratoriotyötä

kotitehtävin. Esimerkiksi kynttilävahatyössä oppilaille oli annettu kotitehtäväksi etsiä kalori-yksikön määritelmä. Tämä johdatti oppilaat tutkimaan veden lämpötilaa, kun sitä lämmitettiin polttamalla kynttilävahaa.

Backuksen (2005) toteuttama opetus oli lähes pelkästään tutkivaa oppimista soveltavaa. Kyseessä olikin enemmän kokeilu, kuin sellaisena sovellettavissa oleva metodi (Salo 2014). Käytännössä kemian opetuksessa voidaan tarvita useita eri opetusmetodeja. Ohjatussa tutkivassa oppimisessa ideana onkin soveltaa sekä opettajajohtoista että oppilaskeskeistä opetusta sopivassa suhteessa (Rickey ja Stacy 2000). Silloin olennaista on luonteva siirtyminen eri menetelmien välillä. Tähän perehdytään seuraavassa.

2.2 Tutkivan oppimisen sovittaminen muihin opetusmenetelmiin

Smithenry (2010) kuvaa tutkivan oppimisen soveltamista käytännössä neliosaisella mallilla. Olennaista mallissa on se, että sen avulla tutkivaa oppimista voidaan soveltaa muiden opetusmenetelmien lomassa luontevasti ja yhtenäisesti. Menetelmä johdattaa oppilaan perinteisemmästä, opettajakeskeisestä opetuksesta varovasti kohti oppilaskeskeistä tutkivaa oppimista ja takaisin yhden opetustapahtuman sisällä.

Ensimmäisessä osassa opettaja valmisteleo oppilaita tulevaan tutkivaa oppimista soveltavaan osioon (Smithenry 2010). Tässä osassa opettaja on keskeisessä roolissa ja opetus on opettajajohtoista. Oppilaille esitellään tulevan tutkimuksen kannalta keskeisiä peruskäsitteitä ja opettaja jakaa tietoa avoimesti.

Toisessa osassa oppilaat johdatetaan soveltamaan tutkivaa oppimista (Smithenry 2010). Tässä kohden opettajan rooli muuttuu ulkopuolisemmaksi. Smithenryn kuvaamassa esimerkissä opettaja suoritti demonstraation, josta hän antoi tietoa vain oppilaidensa kysyessä. Tällä tavoin oppilaat saivat aavistuksen enemmän roolia opetustapahtumassa, samalla kun opettajajohtoisuus väheni.

Demonstraation päätyttyä opettaja käski oppilaiden tutkia mistä demonstraation tulos johtui ja tähdensi, että tästä eteenpäin hänen roolinsa oli vastata vain kysymyksiin, jotka koskevat välineitä, materiaaleja tai turvallisuutta (Smithenry 2010). Lisäksi opettaja kehotti oppilaita työskentelemään yhdessä tehtävän ratkaisemiseksi. Näin alkavassa kolmannessa osassa oppilaat työskentelevät hyvin itsenäisesti ja toteuttavat projektia tutkivalle oppimiselle ominaisella tavalla.

Kolmannen osan päätyttyä opettaja arvioi oppilaidensa oppimista ja ymmärtämistä erilaisten tehtävien avulla sekä antaa palautetta oppilailleen kolmannen osan aikaisesta työskentelystä (Smithenry 2010). Siten neljännessä osassa keskeinen rooli palautuu opettajalle ja hän voi varmistaa oppilaidensa oppimisen.

Backus (2005) ja Smithenry (2010) esittelevät kaksi toisistaan poikkeavaa tapaa soveltaa tutkivaa oppimista. Kuten aiemmin on todettu, tutkivaa oppimista voidaan soveltaa monella eri tapaa. Jatkossa tullaan huomaamaan, että jokaisen kemian aiheen tai oppisisällön kohdalla on olennaista pohtia onko tutkiva oppiminen paras mahdollinen opetusmetodi ja millä tasolla sitä on järkevintä soveltaa.

Tutkiva oppiminen on siis oppilaslähtöinen ja -keskeinen opetusmenetelmä, jonka olennaisia piirteitä ovat tutkimuksellisuus ja oppilaan itse tekemät havainnot uuden tiedon rakennusosina. Merkityksellistä on myös opettajan muuttuminen oppimisen ohjaajaksi, jonka tehtävänä on vain auttaa oppilaita synnyttämään uutta tietoa.

Tämän luvun kuvausten pohjalta voidaan nähdä, että tutkiva oppiminen on opetusmenetelmänä myös hyvin joustava. Tutkivaa oppimista voidaan soveltaa joko suoraan sellaisenaan tai sen yksittäisiä ominaisuuksia voidaan sovittaa myös muihin opetusmetodeihin. Tutkivaa oppimista voidaan soveltaa eri tasoilla oppilaiden valmiuksien ja tarpeiden mukaan ja se soveltuu kokonaan tai osittain lähes jokaiseen opetettavaan aiheeseen tai ilmiöön. Lisäksi tutkivan oppimisen ja muiden opetusmenetelmien välillä on helppo liikkua.

Kaikkiaan tutkiva oppiminen vaikuttaisi siis hyvin lupaavalta opetusmenetelmältä. Seuraavassa luvussa tutustutaan tutkivan oppimisen potentiaaliin oppilaan oppimisen näkökulmasta.

3. Tutkivan oppimisen vaikutus oppimiseen

Aiempi tutkimus osoittaa tutkivalla oppimisella olevan positiivista vaikutusta oppilaan oppimiseen yleisellä tasolla (Andersson 2002). On kuitenkin olennaista kysyä, miten menetelmän soveltaminen vaikuttaa jollakin tietyllä kriteerillä mitattaessa. Mielekäs kemian oppiminen on sitä, että oppilas ei vain muista vaan myös ymmärtää oppimaansa ja kykenee soveltamaan sitä uusissa tilanteissa (Aksela 2005). Tässä osassa tarkastellaankin tutkivan oppimisen soveltamisen vaikutusta oppilaan oppimiseen kemian opetuksessa viidestä eri näkökulmasta: oppimistulokset, opitun tiedon ymmärtäminen sekä oppilaan kehittyminen ongelmanratkaisussa, opitun tiedon soveltamisessa ja metakognitiivisten taitojen hallinnassa.

3.1 Oppimistulokset

Century *et al.* (2010) totesivat suurimman osan aikaisemmista tutkimuksista antavan positiivisia viitteitä oppilaan oppimisen kannalta. Noin 71 % tutkimuksista osoitti jonkin asteisella tutkivan oppimisen soveltamisella olevan positiivista vaikutusta oppimistuloksiin. Sen sijaan runsaasti tutkivaa oppimista soveltavalla opetuksella he eivät havainneet merkittävää positiivista vaikutusta oppimistuloksiin.

Chase *et al.* (2013) totesivat niin ikään suuren osan aiemmista tutkimuksista osoittavan, että tutkivalla oppimisella on positiivinen vaikutus oppilaiden oppimiseen: menetelmää soveltavassa opetuksessa olleiden oppilaiden koemenestys ja kokonaisarvosanat ovat olleet hyviä. Erityisesti he havaitsivat tutkimusten osoittaneen, että tutkivan oppimisen kautta opiskelleet oppilaat pärjäsivät keskimääräisesti paremmin American Chemical Society:n testeissä, kuin perinteisemmässä, luentopohjaisessa opetuksessa olleet oppilaat. Lisäksi on

todettu, että tutkivalla oppimisella ei pelkästään ole positiivista vaikutusta oppimiseen, vaan sen soveltaminen auttaa opitun muistamisessa (Hofstein ja Kipnis 2008, Chase *et al.* 2013).

Varovaisen positiivisia tuloksia oppimisen paranemisesta on saatu siis useissa tutkimuksissa. Toisaalta Century *et al.* (2010) metatutkimuksen aineiston tutkimuksista 14 % ei osoittanut mitään vaikutusta oppimistuloksiin, ja 2 % kertoi jopa negatiivista vaikutuksista. Samansuuntaista kehitystä huomasivat myös Chase *et al.* (2013): heidän omassa tutkimuksessa ei havaittu minkäänlaista vaikutusta oppilaiden oppimistuloksiin. Myös jotkut opettajat näkevät menetelmän tehottomaksi: he eivät kokeneet tutkivan oppimisen vaikuttaneen merkittävästi oppilaidensa oppimistuloksiin (Salo 2014). Toisaalta he eivät myöskään nähneet oppilaille koituvan haittaa menetelmän käytöstä.

Edellä esitetyt tulokset tutkivan oppimisen vaikutuksista oppimistuloksiin ovat hyvin erilaisia. On kuitenkin huomattava, että läpikäytyjä tutkimuksia ei ole suoritettu samalla aineistolla. Tämän vuoksi ulkoiset seikat vaikuttavat voimakkaasti. Tällaisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi tutkivaa oppimista soveltaneen opettajan perehtyneisyys tai oppilasryhmien osaamisen ja innostuksen taso. Myös se, millaisia menetelmiä oppilaiden opetuksessa on sovellettu ennen tutkimuksen tekemistä voi heijastua tuloksiin. Tutkimusten päätelmiä ei voida varmuudella siis yleistää, vaan niitä tulee tarkastella yksittäisinä tapauksina.

Eräs mielenkiintoinen yksittäinen havainto oli se, että oppilaat kokivat oppivansa paremmin ohjatussa tutkivassa oppimisessä kuin avoimessa tutkivassa oppimisessä (Chatterjee *et al.* 2009). Toisin sanoen oppilaiden mielestä opettajan ohjaus vaikutti positiivisesti heidän oppimiseensa.

Oleennaista on myös pohtia, kuinka oppimistulosten muuttumista arvioidaan. Jones ja Tretter (2003) vertailivat tutkimuksessaan luonnontieteiden oppilaiden oppimistuloksia standardisoidun monivalintatestin ja kurssiarvosanojen pohjalta. Osa oppilaista sai perinteistä, vähän tutkivaa oppimista sisältävää opetusta (vertailuryhmä), osaa puolestaan opetettiin tutkivaa oppimista soveltaen (tutkiva ryhmä). Menetelmän soveltaminen ei osoittanut monivalintatestin puitteissa positiivista tai negatiivista muutosta vertailuryhmään nähden. Toisaalta tutkiva ryhmä sai selvästi parempia kurssiarvosanoja kuin vertailuryhmä.

Tulosten ristiriitaan voi olla syynä se, ettei tutkivaa oppimista sovellettaessa opittuja asioita välttämättä voi tehokkaasti testata monivalintatestillä. Kurssin loppukokeissa, jotka opettaja itse suunnitteli käytettyyn opetusmenetelmään sopiviksi, tutkiva ryhmä pärjasi merkittävästi vertailuryhmää paremmin, mikä tukee väitettä. Tutkimus antaa myös viitteitä siitä, että perinteiset ja tutkivat menetöt opettavat toisistaan merkittävästi poikkeavia tietoja ja taitoja, joten menetelmien keskinäinen vertailu oppimistulosten kehittämisessä voi olla vaikeaa.

Jones ja Tretter (2003) havaitsivat myös, että siinä missä vertailuryhmän oppilaiden tulokset vaihtelivat hyvien ja huonojen tulosten välillä, tutkivassa ryhmässä hyvät ja huonot tulokset olivat lähempänä toisiaan. Tämä voi viitata tutkivan oppimisen olevan menetelmänä hyvä tavoittamaan useamman oppilaan ja siten pienentämään kuilua hyvin ja huonommin suoriutuvien oppilaiden välillä.

Kaikkiaan tutkimustulokset tutkivan oppimisen vaikutuksesta oppilaiden oppimiseen antavat viitteitä useaan eri suuntaan. Toisaalta oppimistulosten on raportoitu paranevan soveltamisen seurauksena, toisaalta menetelmällä ei ole huomattu merkittävää vaikutusta. Tätä havaintoa voidaan tulkita monella eri tavalla. Yksi näkökulma on, että yleensä oppiminen liittyy läheisesti opetustapahtumasta pitämiseen. Esimerkiksi henkilökiemiat, jotka tutkivassa oppimisessa tulevat varmasti vastaan, voivat vaikuttaa siihen miten kovasti töitä tehdään. Jos omassa ryhmässä on hyviä kavereita ja yhteistyö sujuu, on oppiminen ja työskentely mukavaa, jolloin sitä halutaankin tehdä enemmän. Jos taas ryhmätyö ei suju, on sen tekeminen tuskaista eikä tulostakaan varmasti synny yhtäläillä. Tämän seikan kanssa olennaista onkin opettajan ammattitaito ja ryhmän tuntemus, jotta oppilaat osataan jakaa sellaisiin ryhmiin, jotka toimivat.

Myös oppilaan aktiivinen rooli opetustapahtumassa voi selittää tutkimustulosten erilaisuutta. Omaehtoinen, itse tekeminen ja päättäminen voi synnyttää rennomman ilmapiirin. Rentoutuneena ihminen on herkempi oppimaan kuin jännittyneenä. Osalle aktiivinen rooli voi puolestaan toimia päinvastaisella tavalla: yhtäkkiä oppilas onkin tilanteessa, jossa tulisi itse keksiä, mitä tehdä. Se voi tuntua pelottavalta etenkin niistä, joita on opetettu perinteisin metodein, joissa opettaja on aina antanut selkeät työohjeet. Rajattomuus ja kokeilunhalu voi myös nostattaa innostuneisuutta, mikä johtaa helpommin oppimiseen.

Havaintojen ristiriita antaa myös viitteitä menetelmän soveltamistapojen erilaisuuden vaikutuksesta tutkimustuloksiin (Chase *et al.* 2013). On lisäksi olennaista kysyä, millaisia oppimistuloksia halutaan ja miten niitä arvioidaan. Samaa pohtivat Jones ja Tretter (2003): heidän näkemyksen mukaan tutkiva oppiminen ei ole paras opetusmenetelmä, jos halutaan oppia pelkästään objektiivista tietoa, jota voidaan testata monivalintatestillä. Arviointia ja sen tavoitteita käsitellään enemmän kappaleessa Tutkiva oppiminen ja arviointi.

On myös tärkeä huomauttaa, että vaikka tutkimuksia tekevät henkilöt ovat varmasti perinpohjaisesti perillä tutkivan oppimisen menetelmän luonteesta, on käytännön onnistunut toteutus tutkivassa oppimisessa erittäin hankalaa. Esimerkiksi eri oppilasryhmien sosiaalisten suhteiden hallitseminen on haaste, johon vain oppilasryhmää pitkään seuranneilla opettajilla on kykyä vastata. Puute tässä taustatiedossa voi johtaa esimerkiksi toimimattomiin ryhmäjakoisiin.

Lisäksi tutkiva oppiminen menetelmänä nojaa vahvasti siihen, että kulloinkin tutkittava aihe kiinnostaa oppilaita. Tämä seikka pyritään varmistamaan sillä, että tutkimusaihe tai ilmiö tulisi oppilailta itseltään. Jos aihe on kuitenkin sellainen, joka ei lähtökohtaisesti ole kiinnostava tai mielekäs, joudutaan intoa oppimiseen hakemaan ulkoisesti motivoivista seikoista. Sellaisia voisivat olla esimerkiksi tutkimusvälineistö tai visuaaliset ja sosiaaliset tekijät. Ulkoinen motivaatio ei kuitenkaan ole ollenkaan niin tehokasta oppimisen kannalta kuin sisäinen motivaatio. Motivaatioon palataan tarkemmin kappaleessa Tutkivan oppimisen vaikutuksia oppilaan opiskeluun.

3.2 Opitun tiedon ymmärtäminen ja sen soveltaminen

Tämän näkökulman on tarkoitus valottaa tutkivan oppimisen vaikutusta opitun tiedon ymmärtämiseen ja soveltamiseen. Ymmärtämisellä ja soveltamisella viitataan tässä yhteydessä siihen, että tietoa ei vain muisteta irrallisena faktatietona, vaan sen merkitys osana muun tiedon muodostamaa kokonaisuutta hahmotetaan ja tiedon mahdollisuudet uuden tiedon luomisessa tiedostetaan.

Atwood *et al.* (2010) tekivät ohjattua tutkivaa oppimista soveltavan opetuskokeilun kahdeksannen luokan oppilaille kuun eri vaiheista ja niiden syistä. Nämä oppilaat olivat ennen kokeilua yleistä keskiarvoa heikommin perillä kuuhun liittyvistä seikoista. Oppilaiden tehtävänä oli seurata kuun muuttumista ajan kuluessa ja piirtää kuun muodot ylös kullakin havaintohetkellä. Näiden tulosten perusteella heidän tuli ennustaa tulevia muotoja. Opetuskokeilu onnistui yli odotusten, sillä sen lisäksi että oppilaat onnistuivat ennustamaan kuun muotoja, heidän piirroksensa muuttuivat tieteellisemmiksi ja lopulta he kykenivät myös selittämään eri muotojen syyt käyttämällä apuna auringon, kuun ja maan malleja.

Edellä kuvatussa esimerkissä tutkivan oppimisen soveltaminen paitsi opetti oppilaille halutun asian, johti se myös aiheen syvällisempään ymmärrykseen. Lisäksi oppilaat kykenivät soveltamaan tietoaan ennustaessaan kuun vaiheita.

Myös kemian opetuksessa on saatu samankaltaisia havaintoja: Sesen ja Tarhan (2013) tutkivat tutkivan oppimisen vaikutusta sähkökemian opetuksessa. He havaitsivat tutkivalla oppimisella olevan positiivinen vaikutus opitun ymmärtämiseen. Tutkivan oppimisen menetelmän avulla opiskelleilla oppilaille oli vähemmän väärinkäsityksiä oppimastaan ja he ymmärsivät oppimansa käsitteet syvällisemmin kuin perinteisempiä opetusmetodeja soveltavan vertailuryhmän oppilaat. Vertailuryhmän oppilaille oli ongelmia esimerkiksi suolasillan toiminnan ymmärtämisessä, elektronien ja ionien liikkeen selostamisessa, anodin ja katodin tunnistamisessa sekä elektrolyysin ja kemiallisen sähkökennon eron ymmärtämisessä, jotka kaikki ovat hyvin keskeisiä seikkoja sähkökemian eri sovelluksissa. Ilman näiden tekijöiden toimintaperiaatteiden hallintaa on mahdotonta rakentaa uutta elektrolyysikennoa esimerkiksi eri metalleja käyttäen.

Myös Hofstein ja Kipnis (2008) kertovat tutkivan oppimisen auttaneen oppilaita ymmärtämään teoreettisia käsitteitä. Heidän haastattelemansa oppilaat kuvasivat tätä seuraavasti:

“Ilman tutkivaa oppimista me ymmärrämme vähemmän käsitteitä, sillä me emme tutki niitä käytännössä ja näe mitä tapahtuu.”

“Ymmärrän mihin kaava perustuu. Luulen, että tutkimusohjelma [tutkivan oppimisen soveltaminen opetuksessa] auttoi minua todella paljon sen ymmärtämisessä, koska se antoi minulle mahdollisuuden ajatella itse asioita ja auttoi minua ymmärtämään ne paremmin.”

“Tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa opimme omasta kokemuksestamme ja niistä useista abstrakteista käsitteistä, jotka tulevat näkyviksi ja yhdistetyiksi todellisuuteen.”

Käsitteellisen ymmärtämisen auttamisen lisäksi tutkiva oppiminen myös tarjoaa oppilaille mahdollisuuksia tehdä virheitä ja oppia niistä (Hofstein ja Kipnis 2008). Tehdessään virheen, oppilas tulee väistämättä pohtineeksi, miksi näin tapahtui. Kun tämä tapaus valjastetaan opetus- ja oppimiskäyttöön, oppilaille tarjoutuu mahdollisuus oppia joitain sellaisia seikkoja, joita ei muuten välttämättä tulisi esille. Seuraava esimerkki havainnollistaa asiaa tarkemmin.

Kuvitellaan tilanne, jossa oppilas kehittää menetelmän valmistaa kaliumnatriumtartaattia. Valmistettuaan kemikaalia kyseisellä menetelmällä hän määrittää saantoprosentin punnitsemalla tuotteen. Saantoprosentiksi oppilas kuitenkin saa niin suuren tuloksen, ettei se voi pitää paikkaansa. Laajempi pohdinta paljastaa oppilaille, että hygroskooppisuutensa takia kyseinen yhdiste on ehtinyt imeä kosteutta ilmasta ennen punnitusta, mikä vääristää tulosta. Seuraavaksi oppilas pyrkii kehittämään menetelmänsä niin, ettei ilman kosteus pääse vaikuttamaan tulokseen.

Jos oppilas olisi puolestaan seurannut valmista keittokirjamaista työohjetta, jossa yhdisteen hygroskooppisuuskin olisi otettu työvaiheissa huomioon, ei virhettä olisi tapahtunut. Tällöin aineen hygroskooppisuus ei välttämättä olisi tullut esille käytännössä, eikä oppilas olisi pohtinut menetelmiä sen vaikutuksen estämiseen.

Sen lisäksi, että uutta tietoa syntyy edellä kuvatulla tavalla, virheitä tehdessä myös muistijälki vahvistuu tehokkaammin. Kun edellisen esimerkin kaliumnatriumtartaatin ominaisuus on paljastunut virheen kautta, on se varmasti paremmin mielessä, kuin että olisi vain lukenut kyseisestä ominaisuudesta kirjasta.

Edelleen Century *et al.* (2010) raportoivat havainneensa, että tutkivan oppimisen soveltamisella oli jonkinasteista vaikutusta ymmärrykseen opitusta asiasta. Yleisesti

oppilaiden ajatellessa aktiivisesti ja osallistuessa tutkimusprosessiin heidän ymmärtämisensä oppimaansa kohtaan kasvaa. Lisäksi käytännön kokemuksilla tieteellisistä tai luonnonilmiöistä oli positiivista vaikutusta.

Tutkivan oppimisen soveltaminen voi myös kehittää luokkaan oppilaita tukevan ilmapiirin (Fraser ja Wolf 2008): Oppilaat työskentelevät enemmän yhteistyössä ja tarjoavat toisilleen apua ja ehdotuksia siitä kuinka kulloinkin voisi toimia. Tällaisella ilmapiirillä voi olla keskeinen vaikutus opittujen asioiden ymmärtämiseen ja soveltamiseen. Usein ymmärtämistä auttaa, jos useampi taho, erityisesti luokkatoveri, selittää opittavan asian.

Erityinen havainto oli kuitenkin se, ettei tutkivan oppimisen soveltamisen määrä opetuksessa korreloinut oppilaiden ymmärrykseen opitusta asiasta (Century *et al.* 2010). Myös Talanquer ja Xu (2013 b) tukevat tätä havaintoa. Tulos on mielenkiintoinen, sillä kuten edellä käy ilmi, tutkiva oppiminen auttaa oppilasta ymmärtämään oppimaansa. Tutkivan oppimisen soveltamisen määrän lisääminen ei kuitenkaan johda laajempaan ymmärtämiseen.

Syy tähän on ehkä siinä, että tutkivaa oppimista soveltava laboratorio-opetus ei yksin riitä tuottamaan oppilaille riittävää ymmärrystä (Hofstein ja Lunetta, 2004). Kun laboratoriotyöskentelyn ohella sovelletaan muita metakognitiota vaativia tehtäviä, joissa työestetään ideoita pelkkien materiaalien tai prosessien sijaan, voi ymmärrys kehittyä.

Vaikuttaisi siis siltä, että tiedon ymmärtämisen ja soveltamisen kohdalla laatu ja monipuolisuus korvaavat määrän. Keskeisintä on kuitenkin ehkä se, että oppilas saa kokemuksia, jotka hän muistaa jälkikäteen. Tällöin myös niiden yhteydessä opitut asiat pysyvät helpommin mielen päällä. Voi käydä myös niin, että jos oppilas muuten vain muistelee kokemaansa, tulee hän samalla vahingossa prosessoineeksi sitä ja kaikkea sitä tietoa, mikä siihen liittyi. Tämä puolestaan saattaa johtaa uusien asiayhteyksien syntymiseen eri tiedon osien välillä tai uusien päätelmien tekemiseen, eli ymmärrykseen.

3.3 Ongelmanratkaisutaitojen kehittyminen

Tutkivan oppimisen menetelmässä ratkaisumallin tai tutkimusprosessin kehittäminen ja valinta ovat keskeisessä osassa. Tässä oppimisprosessin osassa oppilas tarvitsee olennaisesti ongelmanratkaisutaitoja päästäkseen eteenpäin. Käytännössä kemian oppitunnilla ongelmanratkaisutaitojen soveltaminen voisi tarkoittaa uuden tutkimusprosessin kehittämistä jonkin aiemmin käytetyn pohjalta, jos tutkimusaiheet ovat riittävän samanlaiset. Esimerkiksi kynttilävahan luovuttaman lämpöenergian mittaamiseen kehitetystä laitteistosta voisi saada ideoita siihen, kuinka tutkia suolan vaikutusta veden sulamispisteeseen.

Pohjimmiltaan ongelmanratkaisutaitojen oppimisessa on kyse siitä, että oppilas asetetaan tilanteeseen, jossa hän tarvitsee niitä (Cooper *et al.* 2012, Hmelo-Silver (2004). Ongelmanratkaisutaidot voivat kehittyä harjoittelemalla tieteellisten kysymysten esittämistä ja kriittistä ajattelua. Keskeistä ongelmanratkaisutaitojen kehittymiselle on hyödyntää tilanteeseen sopivaa ratkaisumallia tai strategiaa. Lisäksi hyvistä ongelmanratkaisutaidoista kertoo se, että oppilas osaa siirtää aiemmin löytämiään ratkaisumalleja uusiin tilanteisiin. Tässä kohden metakognition merkitys korostuu, sillä oppilaan täytyy osata valita oikea strategia.

Koska tutkivassa oppimisessa keskitytään opittavien asioiden tarkasteluun nimenomaan tutkimuskysymysten tai ongelma-asetelmien kautta, oppilas joutuu jatkuvasti kohtaamaan tilanteita, joissa tarvitaan ongelmanratkaisutaitoja. Osittain ongelmanratkaisutaitojen kehittymistä tukevat myös tutkivan oppimisen tasot (Bell *et al.* 2005): menetelmän alemmilla tasoilla (vahvistamien ja jäsenneily tutkiva oppiminen), joissa työohjeet ovat mukana, voi oppilaalle jäädä mieleen esimerkiksi koejärjestelyihin liittyviä ratkaisumalleja, joita hän voi soveltaa tutkimuksellisuuden avoimuuden kasvaessa myöhemmillä tasoilla. Avoimuuden lisääntymisen myötä oppilas kohtaa ongelmanratkaisua vaativia tilanteita useammin.

Tutkimustulokset tutkivan oppimisen vaikutuksista ongelmanratkaisutaitojen kehittymiseen ovat kuitenkin niukat. Osittain syynä tähän voi olla se, että aihetta tutkittaessa voi olla vaikeaa erottaa kehittyneet taidot oppilaalla jo ennalta olemassa olevista taidoista. Tästä huolimatta ainakin Li ja Yang (2009) havaitsivat kehitystä: yliopiston ensimmäisen

vuosikurssin kemian opiskelijat kykenivät suunnittelemaan tutkimusprosesseja, jotka vastasivat veden kovuuteen liittyvään ongelmaan käyttäen taitoja, jotka oli opittu tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa. Voidaan siis todeta, että tutkivalla oppimisella on kaikki potentiaali kehittää oppilasta ongelmanratkaisutaidoissa, vaikkakin kattavat suorat näytöt puuttuvat.

3.4 Metakognitiivisten taitojen kehittyminen

Metakognitiivisilla taidoilla tarkoitetaan oppilaan tietoisuutta omasta oppimisestaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä (Rickey ja Stacy 2000, Cooper *et al.* 2012). Toisin sanoen oppilaan tietoisuutta oppimiseen vaikuttavista tekijöistä, kykyä arvioida omaa ymmärrystään opetuksen aikana sekä kykyä ohjata tietoisesti omaa ajatteluaan tiettyyn suuntaan voidaan pitää metakognitiivisina taitoina.

Metakognitiivisia taitoja pidetään merkityksellisenä osana luonnontieteiden oppimista (Hofstein ja Kipnis 2008). Metakognitiiviset taidot ovat tärkeitä myös kemian oppimisessa, sillä tietoisuus omista ajatuksistaan on keskeistä opitun ymmärtämisessä (Rickey ja Stacy 2000). Lisäksi tietoisuudella ja kyvyllä ohjata omaa ajatteluaan on todettu olevan merkittävä positiivinen vaikutus ongelmanratkaisuun.

Tutkiva oppiminen, erityisesti ohjattu tutkiva oppiminen haastaa oppilaat metakognitiiviseen tekemiseen (Rickey ja Stacy 2000). Suuri osa metakognitiivisista taidoista liittyy tutkivan oppimisen prosessiin (Hofstein ja Kipnis 2008). Tällaisia taitoja ovat esimerkiksi kysymysten esittäminen, tehdyn työn arviointi ohjeisiin perustuen, virheiden ja puutteiden korjaaminen, mielipiteiden ja työtapojen perustelu, uusien toimintatapojen ja tutkimusprosessien kehittäminen sekä yleisluontoisen strategian kehittäminen ennen toimintaa.

Cooper *et al.* (2012) totesivat tutkimuksessaan yhteistoiminnallisen ja ongelmalähtöisen laboratorio-opetuksen kehittävän oppilaan metakognitiivisia taitoja. Talanquer ja Xu (2013 a) havaitsivat puolestaan tutkivan oppimisen soveltamisella olevan vaikutusta oppilaiden

välisiin vuorovaikutuksiin. Menetelmää sovellettaessa oppilaiden välinen kommunikaatio keskittyi enemmän toimintaa ja ajattelua ohjaavaksi: oppilaat esittivät toisilleen useammin ideoita liittyen tutkimuskysymykseen, kuin vain kysymyksiä annetusta tehtävästä. Erityisesti menetelmän avoimuutta lisättäessä oppilaiden lähestymistapa muuttui tehtävää suorittavasta enemmän tutkimuksen omaiseksi.

Edellä esitettyyn metakognition määritelmään pohjautuen voidaan siis todeta tutkivan oppimisen lisännen metakognitiota oppilaiden toiminnassa Talanquerin ja Xun (2013 a) kokeilussa. Kommunikaation muutoksen Talanquer ja Xu (2013 a) havaitsivat eritoten ohjatun tutkivan oppimisen kohdalla, mikä viittasi heidän mukaansa siihen, että opettajan ohjausta tarvitaan, jotta oppilaat voivat tuottaa itsenäisiä tutkimukseen pohjautuvia päätelmiä.

Barker *et al.* (2014) puolestaan havaitsivat tutkimuksessaan, että vähemmän ohjattu toiminta lisäsi 6-7 -vuotiaiden lasten kykyä ohjata itseään erilaisissa aktiviteeteissa. Voidaan olettaa, että tulos on rinnastettavissa myös vanhempien lasten ja nuorten aikuisten aktiviteetteihin. Siten oppilaan itsensä säätely ja ohjaaminen lisääntyvät myös oppimisessa, kun siihen tähtäävä toiminta on vähemmän ohjattua. Tämä havainto puhuu tutkivan oppimisen puolesta, jossa toiminnan ohjausta pyritään vähentämään. Toinen merkittävä havainto Barker *et al.* (2014) tutkimuksessa oli, että sama syy-seuraussuhde kulki myös toiseen suuntaan: lapset, jotka viettivät enemmän aikaansa ohjatuissa aktiviteeteissa eivät kyenneet ohjaamaan toimintaansa yhtä hyvin itsenäisesti kuin vähemmässä ohjauksessa olleet lapset. Jos tätä havaintoa laajennetaan käsittämään koko kouluikää, on perusteltua väittää, että perinteinen opetusmalli ei tue metakognitiivisten taitojen kehittymistä oppilailta.

Rickeyn ja Stacyn (2000) tekemässä tutkimuksessa saatiin mielenkiintoisia tuloksia myös metakognition ja ongelmanratkaisuun liittyen. Kolmea eritasoista yliopiston kemian opiskelijaa pyydettiin ratkaisemaan kemiaan liittyvää tehtävää. Kokeneimman oppilaista tuli ratkoa tehtävää yksin, kaksi aloittelijaa teki yhteistyötä. Kokenut oppilas ei onnistunut ratkaisemaan tehtävää, mutta yhdessä työskennelleet aloittelijat onnistuivat. Tämä johtui siitä, että he ohjasivat toistensa ajattelua ja toimintaa oikeaan suuntaan, välttämällä sudenkuopan, johon kokenut opiskelija lankesi. Tulos osoittaa toisaalta metakognitiivisten

taitojen merkityksen ongelman ratkaisussa, mutta myös metakognitiivisen vuorovaikutuksen merkityksen oppimisen ja onnistumisen kannalta.

Perinteisemmät opetusmenetelmät ovat Rickeyn ja Stacyn (2000) mukaan tehottomia auttamaan oppilaita ymmärtämään käsitteitä osittain metakognitiivisen aktiivisuuden puutteen vuoksi. Toisaalta liian avoin tutkiva oppiminen olettaa oppilaiden hallitsevan jo syvälliset metakognitiiviset taidot, eikä sekään siten tue välttämättä oppilaiden ymmärrystä parhaalla mahdollisella tasolla. Toisin sanoen siis ohjattu tutkiva oppiminen voi kehittää oppilaiden metakognitiivisia taitoja parhaiten. Tämä havainto on yhdenmukainen Talanquerin ja Xun (2013 a) tekemän havainnon kanssa ohjatusta tutkivasta oppimisesta. Talanquer ja Xu (2013 a) sekä Rickey ja Stacy (2000) tekivät tutkimuksensa yliopiston kemian opetuksessa, mutta kyseinen havainto on varmasti sovellettavissa myös alempien koulutusasteiden opiskelijoiden opetukseen.

Toisaalta Talanquer ja Xu (2013 a) havaitsivat kuitenkin, että vaikka tutkivan oppimisen soveltaminen ohjasikin oppilaiden kommunikaatiota kohti tutkivampaa toimintatapaa, se ei kuitenkaan välttämättä johtanut tutkivampaan ajatteluun. Tässä suhteessa siis oppilaiden metakognitiiviset taidot eivät kehittyneet. Kuitenkin yleisesti ottaen voidaan olettaa, että kun tutkiva oppiminen asettaa oppilaat työskentelemään metakognitiivisia taitoja kehittäväillä tavoilla, niin se mahdollistaa myös metakognitiivisten taitojen kehittymisen (Hofstein ja Kipnis 2008).

Tutkiva oppiminen vaikuttaa siis pääosin positiivisesti oppilaiden metakognitiivisten kykyjen kehittymiseen. Metakognition kehittyminen nivoutuu yhteen erityisesti oppilaiden välisen kommunikaation kanssa, mikä antaa viitteitä siitä, että metakognitiiviset taidot kehittyvät etenkin vuorovaikutuksessa muiden kanssa. Tutkivan oppimisen menetelmän osa tässä kuvassa onkin se, että se luo tilanteita, joissa metakognitiivista aktiivisuutta tarvitaan ja laittaa oppilaat lähestymään niitä yhdessä pohtien.

Oppimisen kannalta tutkiva oppiminen osoittautuu menetelmänä moniulotteiseksi: oppimistulosten kohdalla ei voida selkeästi sanoa, onko tutkivalla oppimisella merkittävää vaikutusta positiivisesti tai negatiivisestikaan, sillä tuloksia molempiin suuntiin on havaittu. Opetun tiedon ymmärtämisen kohdalla menetelmällä on puolestaan ollut positiivista

vaikutusta, mutta ymmärtämiseen tarvitaan muitakin menetelmiä, kuin vain tutkivaa oppimista. Kyse on enemmänkin metakognitiivisten aktiviteettien tarjoamisesta oppilaalle.

Tutkivan oppimisen menetelmä tarjoaa oppilaalle tilanteita harjoitella sekä ongelmanratkaisua että metakognitiota. Erityisesti sosiaalinen konteksti korostuu metakognitiivisten taitojen kehittämisessä. Voidaan siis arvella menetelmän kehittävästä oppilasta näissä taidoissa. Kyseiset taidot myös limittyvät toistensa kanssa: metakognitiiviset kyvyt auttavat oikean ratkaisumallin löytämisessä. Tutkimukset antavat lisäksi viitteitä siitä, että juuri ohjattu tutkiva oppiminen on paras metakognition kehittämiseen.

Kuten oppimistulosten kohdalla jo mainittiinkin tutkivan oppimisen onnistunut soveltaminen voi olla hyvin haastavaa. Tällä on vaikutusta paitsi tutkimustuloksiin, myös menetelmän käyttöön opetuksessa. Seuraavassa luvussa paneudutaan tarkemmin ongelmiin, joita yleisimmin tulee vastaan tutkivaa oppimista sovellettaessa ja esitellään joitakin menetelmiä niiden voittamiseksi

4. Tutkivan oppimisen soveltamisen haasteet

Tutkivan oppimisen soveltaminen käytännössä ei ole sujunut ilman haasteita ja vaikeuksia (Andersson 2002, Cheung 2011). Anderssonin (2002) mukaan opettajat kohtaavat erilaisia ongelmia, jotka voivat olla ammatilliseen osaamiseen liittyviä vaikeuksia, kuten opettajan rajoittunut kyky opettaa konstruktivisesti, oppikirjaan rajoittuneisuus, arviointiin liittyvät haasteet ja riittämätön käytännön harjoittelu koulutusvaiheessa. Lisäksi esimerkiksi työyhteisöön ja oppilaiden vanhempiin liittyvät ongelmat sekä resurssipula ovat haasteita, joita opettaja joutuu kohtaamaan.

Salo (2014) havaitsi opettajien kokevan ajankäytön yhdeksi haasteeksi liittyen tutkivan oppimisen soveltamiseen opetuksessa. Aikaa kuluu merkittävästi enemmän sekä opetuksen suunnittelussa että toteutuksessa perinteiseen opetukseen verrattuna. Myös oppilaiden arviointi työllistää opettajaa ajallisesti, sillä tutkivassa oppimisessa oppilaiden tuottamaa

arvioitavaa materiaalia syntyy enemmän. Myös Deters (2005) pitää aikaresursseja sekä opetuksen toteutuksessa että arvioinnissa haasteena tutkivaa oppimista sovellettaessa.

Edelleen Cheung (2011) kertoo opettajien kokevan ajankäytön esteenä tutkivan oppimisen soveltamiselle. Tutkivaa oppimista soveltavat laboratoriotyöt vaativat enemmän aikaa perinteisempiin keittokirjamaisiin töihin verrattuna, sillä oppilaat tarvitsevat enemmän aikaa tutkimusprosessin suunnitteluun ja hienosäätöön sekä sen pohtimiseen, miten saatuja tuloksia tulisi tulkita ja miten ne tulisi esittää.

Hofstein (2004) nostaa esiin arvioinnin toteuttamiseen liittyvät haasteet: kuinka arvioida oppilaiden tuloksia ja kehittymistä niin erityislaatuudessa oppimisympäristössä, jonka tutkivan oppimisen soveltaminen luo? Myös Cheung (2011) pitää tätä yhtenä syynä siihen, miksi jotkut opettajista eivät sovelta tutkivaa oppimista opetuksessaan lukiotasolla.

Osittain menetelmän soveltamisen haastavuuden takana voi olla myös opettajan rajallinen perehtyneisyys menetelmään. Hofstein *et al.* (2005) totesivat, että olosuhteet tutkivaa oppimista soveltavassa laboratoriossa, jossa opettajan rooli on ohjaajan kaltainen, on erityisen vaativa. Usein opettajat eivät ole valveutuneita uusista opetusmetodeista ja niiden vaikutuksesta opettamiseen ja oppiaineeseen. Saman tuloksen havaitsi myös Salo (2014): osalla opettajista, jotka oman näkemyksensä mukaan sovelsivat tutkivaa oppimista opetuksessaan, oli rajallinen tai täysin väärä käsitys tutkivan oppimisen olemuksesta. Lisäksi useat opettajat ajattelevat yhä tiedon siirtyvän suoraa oppilaille (Hofstein *et al.* 2005, Cheung 2011).

Myös luokanhallinnalliset ongelmat voivat rajoittaa tutkivan oppimisen soveltamista (Cheung 2011). Opetustilanteen kontrollin siirtyminen opettajalta oppilaalle, mikä tutkivan oppimisen menetelmään kuuluu olennaisena osana. Kun lisäksi oppilas ei seuraa yksityiskohtaisia työohjeita, opettaja ei voi suoraan hallita sitä mitä oppilas tekee (Deters 2005). Suuret luokkakoot saattavat myös haitata menetelmän käyttöä (Cheung 2011).

Edelleen työturvallisuustekijät saattavat olla esteenä tutkivan oppimisen soveltamiselle (Cheung 2011). Opettajan kontrollin vähetessä kasvaa työturvallisuuden heikkenemisen riski: on mahdollista, että oppilas suunnittelee turvattoman tutkimusmenetelmän (Deters

(2005). Backus (2005) pääsi tämän esteen yli tarkastamalla oppilaidensa menetelmät ennen kuin oppilaat saivat soveltaa niitä. Saman keinon mainitsevat myös van der Schee *et al.* (2010).

Cheung (2011) havaitsi lisäksi, että useat opettajat eivät usko oppilaidensa taitotason olevan tarpeeksi hyvä tutkimusten tekemiseen ja pelkäävät, että oppilaalle jää tutkivassa oppimisessa väärinkäsityksiä.

Opettajien kokemien haasteiden lisäksi myös oppilaille menetelmän soveltaminen voi olla haastavaa: oppilaat saattavat vastustaa tutkivan oppimisen menetelmän käyttöä (Cheung 2011) tai oppilaille voi esiintyä vaikeuksia ryhmätyöskentelyssä (Andersson 2002). Lisäksi oppilas voi turhautua, kun työhöjeita ei ole tarjolla (Backus 2005). Myös Deters (2005) mainitsee oppilaiden usein valittavan ensin, kun eivät tiedä mistä aloittaa. Kun oppilas on itse vastuussa, kaikki työssä eteneminen riippuu oppilaasta itsestään: mitään ei tapahdu, jos oppilas ei tee sitä itse (Salo 2014).

4.1 Keinoja haasteiden ratkaisemiseksi

Joihinkin tutkivan oppimisen soveltamiseen liittyviin haasteisiin on kehitelty yksinkertaisia ratkaisuja. Ajan puutteen voittamiseksi on tärkeä huomauttaa, ettei kaiken opettamisen kemiassa tarvitse olla mahdollisimman avointa tutkivaa oppimista (Cheung 2007). Tärkeintä on, että oppilaat saavat useita erilaisia kokemuksia. Erityisesti Cheung (2007) ehdottaa ohjatun tutkivan oppimisen soveltamista sen tehokkuuden vuoksi. Toisena keinona aikaresurssien riittämiseen on tehdä tutkimusprojekteista lyhyitä.

Esimerkkinä ajankäytön suhteen tehokkaasta projektista toimii Salon (2014) kuvaama työ *Moolihaaste*: Tässä yksinkertaisessa työssä oppilaille annetaan vedellä täytetty pullo, ja tehtäväksi määrittää kuinka monta vesimolekyyliä pullossa on. Ratkaisu tehtävään löytyy, kun oppilas keksii määrittää veden massan punnitsemalla ja moolimassan veden molekyylikaavan avulla.

Kolmantena keinona tehokkuuden lisäämiseksi Cheung (2007) esittää, että oppilaiden tulisi jakaa mittaustuloksensa koko luokan kesken ennen varsinaista tiedon tulkintaa. Tällöin kaikki oppilaat saavat mahdollisimman paljon havaintoja tai datapisteitä kuvaajaa varten ja päätelmien tekeminen helpottuu. Samalla mahdollistuu myös virheellisten tai poikkeavien havaintojen erottaminen ennen tulkintaa.

Isojen oppilasryhmien opetukseen Cheung (2007) antaa seuraavan strategian: ensin oppilaat jaetaan sopiviin ryhmiin, joissa he pohtivat tutkimuskysymystä ja kehittävät tutkimusprosesseja. Ennen kuin siirrytään varsinaiseen toteutukseen, jokainen ryhmä esittää suullisesti ideansa muille. Ajan säästämiseksi voidaan tehdä myös niin, että vain osa ryhmistä esittelee ideansa. Jokaista esittelyä seuraa osio, joissa muut oppilaat ja opettaja voi esittää kysymyksiä esiteltyyn ideaan liittyen. Oppilaiden esittämien ideoiden pohjalta koko luokka luo yhteisen tutkimusprosessiin, jolla kaikki lähtevät eteenpäin.

Tätä menetelmää käytettäessä opettaja ei menetä yhtä paljon hallintaa luokassaan, kuin tilanteessa, jossa useat ryhmät tekisivät erilaisia tutkimuksia (Cheung 2007). Lisäksi työn toteutuksessa ei tarvita niin monenlaisia välineitä, mikä vähentää toteuttamisen kaoottisuutta ja erilaisten laboratoriotarvikkeiden tarvetta. Menetelmä vähentää myös mahdollisia vaaratilanteita, kun erilaisia kokeiluja on vähemmän. Jos opettaja osaa ennakoida millaiseen tutkimusprosessiin oppilaat päätyvät (tai haluaa ohjata sitä tiettyyn suuntaan), voi hän testata sitä myös ennalta mahdollisten vaaranpaikkojen huomaamiseksi. Menetelmä on tehokas lisäksi ajankäytön suhteen, koska opettajan on helpompi arvioida toteutuksen kestoa.

Cheung (2007) suosittelee lisäksi, että arviointikriteerit kerrottaisiin oppilaille etukäteen, jolloin oppilaat olisivat tietoisia siitä mitä opettaja odottaa heiltä. Tämä seikka vähentää epäolennaisten kysymysten esittämistä, mikä helpottaa opetustilanteen hallittavuutta. Toinen hyöty arvioinnin esittelemisestä on se, että opettaja on tällöin tullut päättäneeksi ennalta sen mitä hän arvioi. Siten opettaja voi toteuttaa arvioinnin opetustilanteen yhteydessä. Samalla arvioinnin tekeminen on helpompaa, kun havaintoja ei tarvitse muistella jälkikäteen. Enemmän tutkivan oppimisen menetelmään soveltuvista arviointitekniikoista ja kriteereistä kerrotaan kappaleessa Tutkiva oppiminen ja arviointi.

Tutkivan oppimisen soveltamiseen liittyy siis paljon haasteita, eikä menetelmä varmasti toimi samalla tavalla kaikilla oppilasryhmillä. Kuitenkin huolellisella suunnittelulla ja hyvällä oppilaan tuntemuksella sekä omalla ennakkoluulottomalla asenteella opettaja voi luoda opiskeluympäristön, jossa menetelmää voidaan soveltaa. Tavallaan tutkivaa oppimista sovellettaessa opettaja suorittaa omaa jatkuvaa tutkimustaan menetelmästä: mitkä asiat toimivat, mitkä eivät, mihin oppiainehisiin menetelmä sopii ja miten menetelmää voisi edelleen kehittää? Opetuksen onnistumisen arviointia käsitellään myös kappaleessa Tutkiva oppiminen ja arviointi.

Tähän mennessä tutkivaa oppimista on tarkasteltu oppilaan oppimisen parantamisen ja toisaalta menetelmän soveltamisen haastavuuden kannalta. Seuraavassa luvussa keskitytään tarkastelemaan menetelmän mahdollisuuksia tukea oppilasta kemian opiskelussa.

5. Tutkiva oppiminen ja oppilaan tukeminen opiskelussa

Keskeistä kaiken opetuksen ja oppimisen onnistumisessa on oppilaan oma aktiivinen osallistuminen opetukseen. Sen mahdollistamisessa myös opetusmenetelmän oikea valinta on tärkeää. Merkittäviä edellytyksiä aktiiviselle osallistumiselle ovat oppilaan kokemus, motivaatio, oikea opiskeluasenne ja opetuksessa viihtyminen. Tämän luvun tarkoituksena on selvittää tutkivan oppimisen mahdollisuuksia tukea oppilasta aktivoimalla näitä ominaisuuksia.

5.1 Oppilaan motivaation kehittyminen

Oppilaan motivointi on haaste jokaiselle opettajalle, mutta sen aikaansaaminen on kuitenkin keskeistä oppimisen ja koulumenestyksen kannalta (Eick ja Pickens 2009). Motivaatio voidaan jaotella ulkoiseen ja sisäiseen motivaatioon. Sisäisesti motivoitunut oppilas tekee tehtävää, koska tehtävässä itsessään on jotain mikä kiinnostaa tai miellyttää oppilasta. Ulkoisesti motivoitunut oppilas puolestaan toimii jonkin tehtävästä erillisen tavoitteen tai tuloksen ajamana (Deci ja Ryan 2000, Linnenbrink ja Pintrich 2002).

Ulkoiset motivaatio voi syntyä esimerkiksi vastuuntunnosta oppilasryhmälle tai opettajalle, palkinnoista, tai pelotteista ja rangaistuksista (Aksela 2005). Ulkoinen motivaatio kemian opiskeluun voi kummuta yksinkertaisimmillaan vaikka arvosanatavoitteista tai epäsuoremmin esimerkiksi oppilaan kotoa, jos vanhemmat korostavat kemian opiskelun tai muuten koulutyön merkitystä. Ulkoista motivaatiota voi herättää myös kemian oppimistavoitteiden kannalta merkityksettömät asiat, jotka kuitenkin ovat mielekkäitä oppilaille. Eräs tällainen seikka saattaa olla esimerkiksi tietotekniikan runsas käyttö opetuksessa tai sosiaalinen kanssakäyminen, jos sitä hyödynnetään opetuksessa.

Oppilaan sisäiseen motivaatioon opiskella vaikuttavat puolestaan useat eri tekijät, kuten oppilaan omat intressit, tarpeet ja tavoitteet sekä käsitykset omista kyvyistä (Aksela 2005). Myös odotukset mahdollisesta onnistumisesta tai epäonnistumisesta annetussa tehtävässä sekä mielipiteet oppimisympäristöstä ja käytettävistä opetusmetodeista vaikuttavat olennaisesti sisäiseen motivaatioon.

Seuraavassa on esitetty muutamia käytännön esimerkkejä siitä, miten opettaja voi toimia luodakseen sisäistä ja ulkoista motivaatiota.

Ulkoinen motivaattori kemian oppimisessa voi käytännössä olla yksinkertaisimmillaan vaikka tutkimukseen liittyvien aineiden tai laitteiden ulkonäkö. Esimerkiksi yläkoulutasolla tislaukseen voi tutustua tehtävällä, jossa oppilaat erottavat värjätystä vedestä väriaineen tislauksen avulla. Valitsemalla kirkkaita värejä, jotka oppilaat kokevat hienoiksi, opettaja saattaa motivoida oppilaita työntekoon. Myös tisluslaitteiston erikoiset lasiosat saattavat herättää kiinnostusta.

Sisäisen motivaatio aikaansaaminen kemian opetuksessa voi puolestaan liittyä esimerkiksi teorian kokemiseen käytännössä. Myös ilmiön onnistunut liittäminen oppilaille merkitykselliseen asiaan voi toimia sisäisenä motivaattorina. Esimerkiksi elektrolyysin tapauksessa teoria on niin monimutkaista, että käytännön sovellus, esimerkiksi metallin pinnoittaminen toisella metallilla, jää helposti varjoon. Kyseinen ilmiö on kuitenkin visuaalisesti näyttävä ja erikoinen, sillä eri materiaalien liittämistä toisiinsa oppilaille on kokemusta lähinnä liimaamisesta tai maalaamisesta. Siksi ilmiön kokeminen ja teorian soveltaminen käytännössä voi herättää sisäistä motivaatiota. Elektrolyysistä on myös helppo

esittää oppilaita lähellä olevia arkipäivän sovelluksia. Ahaa-elämys saattaa löytyä vaikkapa mopon kromatuista vanteista tai siitä miksi hopeiselta näyttänyt rannekello on viime aikoina alkanut saada kuparin kaltaista väritystä.

Jaotteleminen motivaatiota ulkoiseen ja sisäiseen, tutkivan oppimisen menetelmässä on monia etuja motivaation kannalta ylipäänsä. Eick ja Pickens (2009) esittävät, että esimerkiksi oppilaiden saadessa ohjata omaa tieteellistä tutkimusta muistuttavaa tutkimustaan, he eivät pelkäästiä opi merkityksellisiä asioita vaan heillä on myös hauskaa sitä tehdessään. Koska oppilaat ovat luonnostaan uteliaita, tieteelle ominainen arvaamattomuus tekee siitä houkuttelevan ja jos oppilaiden uteliaisuutta osataan hyödyntää, heidän motivaationsa kasvaa merkittävästi.

Tutkivassa oppimisessa on etuna myös sosiaalinen näkökulma (Eick ja Pickens 2009). Saattamalla oppilaat keskustelemaan tieteellisestä aiheesta, mahdollisuudet motivaation paranemiseen kasvavat huomattavasti. Keskustellessa oppilaat pääsevät esittämään, perustelemaan ja jopa puolustamaan näkemystään, jotka toimivat motivaattoreina oppilaille.

Akselan (2005) mukaan keskeisiä tekijöitä oppilaan sisäisen motivaation edistämiseksi ovat (1) oikean tasoinen haastavuus, (2) tehtävän merkityksellisyys oppilaille ja autenttisuus, (3) riittävä tuki ja palaute, (4) häiriötön ja mahdollisuuksia rajoittamaton ympäristö, (5) oppilaan vapaaehtoinen osallistuminen sekä (6) arvioinnin yksilöllistyminen ja oppilaiden keskinäisen vertailun vähentyminen.

Tutkiva oppiminen täyttää onnistuessaan kaikki edellä esitetyt kriteerit. Opiskelun oikean tasoinen haastavuus toteutuu, kun opettaja valitsee menetelmän oikean tason pohjaten oppilaiden tuntemukseensa. Tehtävän merkityksellisyys puolestaan toteutuu, kun oppilaat ovat itse päättämässä tutkittavaa aihetta ja autenttisuus siinä, kun aihe seuraa oppilaiden arkielämästä. Opettaja vuorostaan antaa tukea ja palautetta sopivasti omaksuessaan ohjaajan roolin opettajan roolin sijasta.

Häiriöttömyys kohdataan tutkivan oppimisen metodissa, kun oppilaiden annetaan edetä tutkimuksessaan omassa rauhassa rasittamatta oppilasta aikatauluilla tai tulosaineilla. Rajoittuneisuutta torjutaan puolestaan tarjoamalla oppilaille riittävä määrä resursseja

(tietolähteitä ja tutkimusvälineistöä) sekä opettajan ennakkoluulottomalla ja impulsiivisella asenteella. Esimerkiksi opettajan ei tulisi karttaa opetustilan ulkopuolellakaan tapahtuvia tutkimuksia. Kun tutkivaa oppimista sovellettaessa ei ole olemassa oikeaa tai väärää vastausta tai ratkaisua, keskitytään tiedon luomiseen. Tällöin arviointi siirtyy tuloksista kohti prosessia, jolloin arvioidaan oppilaiden lähestymistapoja, pohdintaa ja työntekoa ylipäänsä. Tällöin arviointi myös yksilöllistyy eikä sitä voi vertailla muiden kanssa.

On kuitenkin hyvin vaikeaa soveltaa tutkivaa oppimista juuri edellä kuvatulla tavalla jokaisessa tilanteessa ja jokaisella tutkivan oppimisen tasolla. Esimerkiksi alempien tasojen tutkiva oppiminen ei pidä sisällään sitä, että oppilaat itse valitsisivat tutkimusaihetta, eikä kaiken tasoilla oppilailla ole riittävää tietotaitoa toteuttaa avointa tutkimusta, jossa sisäisen motivaation tekijät kohdattaisiin parhaiten. Ei siis voida suoraan väittää, että tutkiva oppiminen lisäisi lähtökohtaisesti oppilaan motivaatiota.

5.2 Oppilaan opiskeluasenteen kehittyminen

Opiskeluasenteella viitataan tässä yhteydessä oppilaan mielikuviin kemiasta oppiaineena sekä käsityksiin opittavien asioiden haastavuudesta ja tärkeydestä. Termillä viitataan myös siihen kuinka määrätietoisesti oppilas jaksaa opiskella. Opiskelijoiden asenne on merkittävä, sillä saattaa vaikuttaa kemian syvällisen käsitteellisen ymmärtämisen kehittymiseen (Tikkanen 2010). Lisäksi sillä on myös vaikutusta opiskelijoiden itseohjautuvuuden kehittämisessä.

Sesen ja Tarhan (2013) tutkivat oppilaiden asenteenmuutosta vertailemalla perinteisiä metodeja ja tutkivaa oppimista soveltavaa kemian laboratorio-opetusta. He havaitsivat, että tutkivassa opetuksessa oppilaiden asenne sekä kemian luentoja että laboratoriotyöskentelyä kohtaan parani merkittävästi verrattuna perinteiseen opetukseen. Heidän mukaansa aiempi tutkimus on osoittanut kemian käsitteiden haastavuuden aiheuttaneen negatiivista suhtautumista kemiaan. Tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa oppilaat oppivat käsitteet merkityksellisellä tavalla, jolloin heidän suhtautumisensa kemiaan parani. Lisäksi

Sesen ja Tarhan (2013) osoittivat, että tutkimusten yhdistäminen oppilaiden arkielämään sai heidät ymmärtämään kemian tärkeyden. Tämä puolestaan kasvatti heidän mielenkiintoaan.

Samankaltaisia tuloksia saivat Jones ja Tretter (2003). Heidän mukaansa tutkiva oppiminen luonnontieteen kurssilla lisäsi oppilaiden osallistumista tunteilla. Oppilaat myös antoivat periksi tai lopettivat kurssin harvemmin. Lisäksi oppilaat olivat motivoituneempia ottamaan osaa vapaaehtoiseen loppukokeeseen. Kaiken kaikkiaan tutkiva oppiminen satoi oppilaat opiskelemaan koko kurssin ajan ja paransi heidän asennettaan oppiainetta kohtaan.

Toisaalta osa tutkimustuloksista kuitenkin osoittaa, että käytännön tasolla tutkiva oppiminen ei välttämättä aina paranna oppilaan asennetta kemiaa kohtaan. Anquandah *et al.* (2015) loivat tutkimustaan varten sellaisia tutkivaa oppimista soveltavia tehtäviä, jotka olivat suorassa yhteydessä todelliseen tieteelliseen tutkimukseen. Tutkimuksen hypoteesina oli, että tehtävien tutkimuksellisuus ja erityisesti yhteys todelliseen tieteen tekemiseen parantaisi oppilaiden asennetta kemiaa kohtaan. Tulokset osoittivat hypoteesin olevan väärä. Myös Chase *et.al.* (2013) tekemä tutkimus antoi samanlaisia tuloksia: tutkivan oppimisen soveltaminen ei tuottanut odotettua tulosta positiivisesta kehityksestä oppilaiden asenteessa kemiaa kohtaan.

Tulokset antavat joitakin viitteitä tutkivan oppimisen mahdollisuuksista kehittää opiskeluasennetta positiivisesti, mutta lisää tutkimusta aiheesta tarvitaan. Ainakaan edellä esitettyjen tutkimusten pohjalta ei saada johdonmukaisia tuloksia. Tulosten ristiriitaisuutta voi selittää esimerkiksi jo olemassa olevilla oppimis- ja opiskelutavoilla tai toimintakulttuurilla, johon oppilaat ovat tottuneet. Kuten aiemmin todettiin, eräs tutkivan oppimisen soveltamisen haaste on oppilaiden ennakkoluuloisuus uuden opiskelutavan edessä. Esimerkiksi, jos oppilas ei ole aiemmin opiskellut tutkivalla metodilla, uusi toimintatapa voi tuntua vieraalta ja muutos vanhaan nähden vastenmieliseltä, jolloin opiskeluasenne kärsii. Toimintatapojen muuttamiseen tarvitaan pidempi aika, kuin edellä esitettyjä tutkimuksia tehdessä on ollut mahdollista tarjota.

Kuitenkaan negatiivista asenteellista kehitystä tutkivaa oppimista sovellettaessa ei raportoitu. Tämä on merkittävää, sillä tällöin arvokasta positiivista muutosta voidaan rauhassa tavoitella käyttämällä tutkivaa oppimista.

5.3 Oppilaan viihtyminen opetuksessa

Motivaation ja opiskeluasenteen lisäksi kolmas merkittävästi oppilaan opiskeluun vaikuttava seikka on opetuksessa viihtyminen. Kuten motivaatio opiskella kemiaa, myös viihtyminen voi olla seurausta sekä ulkoisista että sisäisistä tekijöistä.

WHO-Koululaistutkimuksen kansainvälisen raportin mukaan suomalaisnuoret viihtyivät koulussa heikommin kuin vertailumaiden oppilaat (Haapasalo *et al.* 2012). Kyseinen aineisto kerättiin vuonna 2002. Haapasalo *et al.* (2012) vertailivat kouluviihtyvyyteen liittyviä vuosien 2002, 2006 ja 2010 aineistoja. Vuoden 2006 aineisto ei osoittanut tilanteen parantuneen. Vuonna 2010 Suomi sijoittui heikoimpaan kolmannekseen kaikissa ikäryhmissä, kun kysymyksenä oli koulusta pitäminen. Tässä Suomi sijoittui muita pohjoismaita merkittävästi heikommin (Haapasalo *et al.* 2012). Voidaan olettaa, että viimeaikainen kehitys koskettaa myös kemian opetusta.

Ainakin osa tutkimuksista antaa viitteitä tutkivan oppimisen positiivisesta vaikutuksesta oppilaan kiinnostukseen kemiaa kohtaan. Tällaisia ovat esimerkiksi Lin ja Yangin (2009) ja Hofstein *et al.* (2001) tekemät tutkimukset.

Hofstein *et al.* (2001) tutkivat lukiotason kemian opetuksessa tutkivaa oppimista soveltavan laboratorio-opetuksen vaikutusta oppilaiden viihtymiseen. He havaitsivat, että oppilaiden mielestä tutkivaa oppimista soveltava laboratorio muodosti oppimisympäristön, joka oli lähempänä oppilaille mieleisintä oppimisympäristöä kuin vertailuryhmällä, johon sovellettiin perinteisempää opetusta.

Hofstein *et al.* (2001) tutkimukseen osallistuneet oppilaat kuvasivat kokemuksiaan tutkivasta oppimisesta seuraavasti:

“Pidin ideoiden jakamisesta ja yhteistyöstä muiden ryhmäni oppilaiden kanssa.”

“Pidin todella paljon työskentelystä kavereideni kanssa tutkimustehtävissä.”

Nämä kommentit osoittavat selvästi, että ainakin osalle oppilaista tutkivan oppimisen soveltaminen oli mielekästä. Erityisesti tutkimuksen sosiaalinen konteksti lisäsi viihtymistä. Näiden vastausten taustalla voi olla sekä sisäisiä että ulkoisia tekijöitä. Sosiaalinen kanssakäyminen voi olla oppilaalle mielekästä asiayhteydestä riippumatta tai se voi olla viihdyttävää erityisesti, kun kyse on tutkimuksen tekemisestä.

Hofstein *et al.* (2001) mukaan oppilaat kokivat myös olevansa enemmän mukana oppimisprosessissa ja tutkimusprojektit avoimemmiksi kuin tavallisesti. Kaiken tekemisen mielekkyyden kannalta on keskeistä, että henkilö ei ole vain tekemisen kohde vaan myös toteuttaja. Siten oppilaiden kokemus omasta osallistumisesta on tärkeä opetuksessa viihtymisen kannalta. Tutkimuksen avoimuuden tai mahdollisuuksien rajoittamattomuuden kokemus lisää oppilaiden vapauden tunnetta ja voi siksi lisätä viihtymistä opetuksessa. Mahdollisuuksien rajoittamattomuus voidaan nähdä myös yhtenä tekijänä oppilaan sisäisen motivaation lisäämisessä, kuten edellä todettiin.

Opettajien kommentteista puolestaan huomionarvoisia olivat seuraavat (Hofstein *et al.* 2001):

“Oppilaani pitävät siitä mitä he tekevät. Uskon, että nämä [tutkivaa oppimista soveltavat] tutkimukset parantavat oppilaideni asennoitumista kemiaa kohtaan.”

“Se [tutkivan oppimisen soveltaminen] auttoi minua tekemään kemian opetuksesta vaihtelevampaa.”

Ensimmäinen kommentti vahvistaa oppilaiden näkemystä siitä, kuinka tutkiva oppiminen on menetelmänä pidetty. Lisäksi se tukee edellä esitettyä Sesenin ja Tarhanin (2011) väitettä siitä, että tutkivan oppimisen soveltaminen parantaa oppilaan asennetta kemiaa kohtaan oppiaineena.

Jälkimmäisessä kommentissa nousee esiin kemian opetuksessa viihtymiseen liittyen merkityksellinen seikka. Jos opetus toistuu jokaisella tunnilla samankaltaisena, voi se saada monet oppilaista tylsistymään. Myös oppimisen kannalta on parempi, jos opetusmenetelmiä vaihdellaan, sillä oppilaat oppivat yksilöllisesti eri tavoin.

Toisaalta, kun Hofstein ja Lunetta (2004) tutkivat laboratorio-opetuksen vaikutusta oppilaiden viihtymiseen kemian opetuksessa, he totesivat oppilaiden viihtyvän paremmin samoista sosiaalisiin tilanteisiin liittyvistä syistä. Kyseisessä tutkimuksessa käsiteltiin laboratorio-opetusta yleensä, ei siis erityisesti tutkivaa oppimista soveltavaa laboratorio-opetusta. On siis olennaista kysyä, tekeekö juuri tutkiva oppiminen laboratorio-opetusta sosiaalisesti mielenkiintoista ja oppilaan viihtymistä lisäävää, vai johtuuko parempi viihtyminen vain laboratorio-opetuksesta ylipäänsä.

Tutkimusten valossa tutkivalla oppimisella vaikuttaisi siis olevan paljon potentiaalia motivaation, erityisesti sisäisen motivaation herättämiseksi oppilaassa. Menetelmän tehokkaan ja yksilöllisen soveltamisen vuoksi motivationaalisten tavoitteiden saavuttaminen jää kuitenkin opettajan oman ammattitaidon ja erityisesti oppilaantuntemuksen varaan. Jos oppilaan motivoimisessa onnistutaan, on siis ehkä enemmän kiittäminen opettajaa kuin tutkivaa oppimista.

Oppilaiden asenteesta kemiaa kohtaan oppiaineena ja sen muuttumisesta tutkivaa oppimista sovellettaessa voidaan sanoa ainakin arkielämään liittämisen olleen positiivinen tekijä. Tämä todettiin myös motivaatiota tarkastellessa. Tutkiva oppiminen on kuitenkin vain yksi keino liittää oppilaiden arkielämän kokemuksia opetukseen, joten tutkivaa oppimista on turha tässäkin selkään taputella. Toisaalta tutkivan oppimisen ei ole raportoitu vaikuttaneen negatiivisesti oppilaiden asenteeseen.

Lähes poikkeuksetta tutkimukset osoittavat, että tutkivan oppimisen soveltaminen on lisännyt oppilaiden viihtymistä kemian opetuksessa. Vaikka jonkin asteista epäselvyyttä on siitä, onko tutkiva oppiminen menetelmänä itse vai jokin sen sivuvaikutus syynä viihtymisen parantumiseen, Suomen kouluviihtyvyyden viimeaikaisen kehityksen varjossa ei menetelmän vaikutuksia voida vähätellä. Viihtyvyyden lisääntyminen tarjoaa siis selkeitä viittoja siitä, minne suuntaan kemian opetuksen ja muunkin koulunkäynnin kehittämisessä tulisi kulkea. On myös mainittava, että oppilaan viihtyminen voi toimia oppilaalle lisäksi ulkoisena motivaattorina opiskeluun osallistumiseen.

6. Tutkiva oppiminen ja arviointi

Kuten edellä on todettu, tutkiva oppiminen poikkeaa merkittävästi perinteisestä opetusmallista. Erityislaatuisen luonteensa vuoksi on olennaista pohtia menetelmän soveltamista myös arvioinnin kannalta. Tässä osassa perehdytään siihen, miten oppimista on arvioitu tutkivaa oppimista sovellettaessa ja toisaalta siihen, kuinka nämä menetelmät sopivat suomalaisen koulun oppimistavoitteisiin, arviointiperiaatteisiin ja -pohjaan. Tavoitteena on muodostaa toimiva malli tutkivan oppimisen arvioimiseen yleensä sekä osana muunlaista opetusta.

6.1 Arvioinnin määritelmä ja tarkoitus suomalaisessa koulussa

Suomen lukiolaissa arvioinnista lausutaan seuraavasti:

”Opiskelijan arvioinnilla pyritään ohjaamaan ja kannustamaan opiskelua sekä kehittämään opiskelijan edellytyksiä itsearviointiin. Opiskelijan oppimista ja työskentelyä tulee arvioida monipuolisesti.”

(Lukiolaki 30.12.2008/1116, 17 § 1 mom.)

Tähän lakitekstiin pohjaa myös valtakunnallisen lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteiden arvioinnin tavoitteet (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003). Sen mukaan opiskelijan oppimisen arvioinnin tehtävänä on antaa oppilaalle palautetta opintojen edistymisestä ja oppimistuloksista siten, että se kannustaa ja ohjaa opiskelijaa opintojen suorituksessa. Lisäksi mainitaan arvioinnin toimiminen kannustimena opiskelijan omien tavoitteiden asettamiseksi ja työtapojen parantamiseksi. Yksittäisen kurssin arvioimisen tulee perustua kirjallisten kokeiden lisäksi opintojen edistymisen jatkuvaan havainnointiin ja opiskelijan tietojen sekä taitojen arviointiin.

Tätä tutkielmaa kirjoitettaessa vielä käytössä oleva vuoden 2004 perusopetuksen opetussuunnitelma noudattaa pääpiirteittäin samoja linjoja lukiokoulutuksen

opetussuunnitelman kanssa, mutta lisäksi korostaa, että arvioinnin tulisi olla jatkuvaa ja tapahtua myös opintojen aikana (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Myös oppilaan metakognitiivinen kehitys asetetaan tässä suunnitelmassa arvioinnin alle:

Arvioinnin avulla opettaja ohjaa oppilasta tiedostamaan omaa ajatteluaan ja toimintaansa sekä auttaa oppilasta ymmärtämään oppimistaan.”

Uudemmassa lukuvuodesta 2016/2017 alkaen käyttöön otettavassa perusopetuksen opetussuunnitelmassa asetetaan yhdeksi arvioinnin tehtäväksi kehittää arviointikulttuuria, jossa korostuvat oppilaiden osallisuus arvioinnissa, oppilaan tukeminen oman oppimisensa ymmärtämisessä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014). Myös tässä mainitaan jatkuvan arvioinnin tärkeys oppilaan omassa edistyksensä seuraamisessa.

Edellisen kaltaiselle arvioinnille on myös tieteellistä pohjaa: Hakkaraisen *et al.* (2004) mukaan arviointia ohjaa kolme keskeisintä tavoitetta: ohjaaminen ja tukeminen, kontrolli ja opetuksen kehittäminen. Kun arviointi tavoittelee ohjaamista ja tukemista, oppilas saa palautetta omasta oppimisestaan, mikä on keskeistä itsearvioinnin kehittymisen kannalta. Ohjaamista ja tukemista Hakkarainen *et al.* (2004) pitävät kaikkein tärkeimpänä arvioinnin tavoitteena.

Edelleen kontrollilla tarkoitetaan edistymistä (Hakkarainen *et al.* 2004). Esimerkiksi kokeiden tai tenttien suorittaminen, jatkokoulutukseen pääseminen tai tutkinnon suorittaminen ovat kontrollitavoitteita. Perinteisemmässä opetuksessa kontrollitavoite on yleensä liiaksi korostunut ja sillä yritetään varmistaa oppilaiden riittävä työnteko. Tämä voi johtaa oppilaat enemmän ulkoisesti motivoituneiksi sisäisen motivaation kustannuksella.

Kolmas arvioinnin tavoite, opetuksen kehittäminen, ei oikeastaan koske oppilaista, sillä sen ajatuksena on opetuksen hiominen (Hakkarainen *et al.* 2004). Sen merkitystä ei kuitenkaan voi ylikorostaa, sillä se on merkittävä tekijä opettajan omassa kehityksessä. Oppilaiden suoriutumista opetuksessa ei tule tarkastella vain oppilaan tekemisenä, vaan arviointi antaa myös tietoa siitä kuinka onnistunutta opetus on ollut ja kuinka sitä voisi parantaa.

Kun nykyistä ja vuonna 2016 käyttöön otettavaa opetussuunnitelmaa vertaa toisiinsa ovat ne yleisellä tasolla arvioinnin osalta lähes yhtäläiset. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että oppilasta osallistavaan ja oppilaan metakognitiiviseen, omaa toimintaansa ohjaavaan tietoisuuteen halutaan panostaa entistä enemmän.

6.2 Arvioitavat tiedot ja taidot yläkoulun kemian opetuksessa

Ennen kuin pohditaan tarkemmin tutkivan oppimisen arviointia käytännön tasolla, on olennaista selvittää millaisia tietoja ja taitoja arvioinnin tulisi koskettaa. Perusopetuksen opetussuunnitelmat 2004 ja 2014 määrittelevät päättöarviointia varten arviointikriteerit, jotka vastaavat arvosanaa 8 (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014). Näissä kriteereissä opetussuunnitelmien välinen ero on silmiinpistävä. Seuraavassa muutama esimerkkipari:

OPS 2004: *“Oppilas osaa tehdä yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, esimerkiksi kokeen, jossa tutkitaan aineen palamista, palamistuotteen liukenemista veteen ja syntyneen vesiliuoksen happamuutta.”*

OPS 2014: *“Oppilas osaa kuvata esimerkkien avulla miten kemian tietoja ja taitoja tarvitaan erilaisissa tilanteissa.”*

OPS 2004: *“Oppilas osaa työskennellä annetun ohjeen mukaan turvallisesti yksin ja ryhmässä.”*

OPS 2014: *“Oppilas osaa toteuttaa yhteistyössä muiden kanssa suljettuja ja avoimia tutkimuksia.”*

Kuten esimerkeistäkin käy ilmi, käytössä oleva opetussuunnitelman perusteet asettaa hyvin paljon tiedon hallintaan pohjautuvia tavoitteita, kun taas uudemmassa kriteerit koskevat oppilaan kykyä keksiä miten tuottaa ja soveltaa tietoa. Ohessa vielä muutamia kriteereitä uudemmassa opetussuunnitelman perusteista, jotka erityisesti korostavat tutkivaa oppimista:

- *oppilas osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavasta ilmiöstä*

- *oppilas osaa tarkentaa kysymyksiä tutkimuksen tai muun toiminnan kohteeksi esimerkiksi rajaamalla muuttujia*
- *oppilas osaa arvioida tulosten oikeellisuutta ja luotettavuutta sekä osaa kuvata tutkimusprosessin toimivuutta*
- *oppilas osaa työskennellä yhteistyössä yksinkertaista kemiaa soveltavan ratkaisun ideoinnissa suunnittelussa kehittämisessä ja soveltamisessa*
- *oppilas osaa ilmaista ja perustella erilaisia näkemyksiä kemialle ominaisella tavalla*
- *oppilas osaa kuvata esimerkkien avulla tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa*

6.3 Kokeellisuus ja arviointi kemiassa

Kemian kohdalla lukion opetussuunnitelman perusteet asettavat tiedon ymmärtämisen ja soveltamisen taidon arvioinnin kohteeksi (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003). Lisäksi opetuksessa tulisi arvioida kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelytaitojen kehittymistä seuraavin kriteerein:

- *havaintojen tekeminen, mittausten ja kokeiden suunnittelu ja toteutus*
- *työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö*
- *tulosten esittäminen sekä suullisesti että kirjallisesti*
- *tulosten tulkitseminen, mallintaminen ja arviointi*
- *johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen*

Kuten aiemmin esitetyistä esimerkeistä voi päätellä, kokeellisuus on vahvasti läsnä myös sekä vuonna 2016 käyttöön otettavassa että nykyisessä perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, vaikkakin erot itse kriteereissä ovat merkittävät.

Suomalaisen koulun tavoitteet vaikuttavat keskittyvät oppilaan kehittämisen ympärille. Kehittämisen merkitys on kuitenkin muuttunut: kehittämisellä ei enää tarkoiteta niinkään suuren tietomäärän opettamista, kuten perinteisesti koulun tehtäväksi on annettu, vaan oppilasta tuetaan ja opetetaan oppimaan ja ohjaamaan omaa oppimistaan. Tällöin myöskään arvioinnissa ei pitäisi olla kyse oppilaiden asettamisesta vertailukelpoiseen

arvojärjestykseen, vaan oppilaan kehittämisestä ja tuesta oppilaan oman osaamisensa tiedostamisessa. Myös itsearvioinnin ja sen kehittymisen tulee olla osa arviointia. Metakognitiivisten taitojen kehityksen lisäksi olennaista on oppilaan tukeminen ja kannustaminen eteenpäin opinnoissa. Näillä seikoilla pyritään kasvattamaan oppilaan sisäistä motivaatiota ja positiivista suhtautumista oppimiseen ja itsensä kehittämiseen. Tälle arviointipohjalle on hyvä soveltaa tutkivaa oppimista.

6.4 Arviointi tutkivassa oppimisessä

Seuraavaksi tutustutaan joihinkin menetelmiin, joita on käytetty arvioinnissa tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa.. Yleensä opettaja arvioi oppilaitaan koko opetusjakson ajan. Pellegrino *et al.* (2001) jakavat Emdenin ja Sumflethin (2016) mukaan arvioinnin periaatteiltaan kahteen osaan: formativiseen ja summatiiviseen arviointiin. Formattiivinen arviointi tarkoittaa opetuksen aikana tapahtuvaa arviointia ja sen tavoitteena on enemmänkin seurata ja tukea oppilaan kehittymistä. Summatiivinen arviointi puolestaan pohjautuu oppilaan osaamisen testaamiseen tiettyihin arviointikriteereihin perustuen. Sen tarkoituksena on tuottaa oppilaan osaamisesta vertailukelpoinen arvio.

Käytännössä siis opettaja havainnoi oppilaidensa työntekoa ja voi kerätä viitteitä oppilaiden osaamisesta lisäksi arvioimalla oppilaiden esitelmiä tai raportteja. Osana opetusjaksoa oppilailta teetetään yleensä yksi tai useampi koe, joissa osaamista testataan suoraan tehtävien avulla.

Hofstein (2004) nostaa esiin arvioinnin yhtenä merkittävimmistä vaikeuksista tutkivan oppimisen toteuttamisessa. Oppilaiden oppimistuloksia ja edistymistä on vaikeaa arvioida niissä erityislaatuisissa puitteissa, jotka tutkiva oppiminen asettaa. Tästä havainnosta huolimatta tutkivaa oppimista soveltavan opetuksen arviointia voidaan toteuttaa pääpiirteissään samalla kaavalla kuin perinteisen opetuksen. Tarkastelua varten jaetaan arviointi kuitenkin selkeyden vuoksi kolmeen ryhmään: opetustilanteessa tapahtuva arviointi, oppilaan tuotoksen arviointi ja opetusjakson loppuarviointi. Käytännössä tutkivan oppimisen arviointia käytetään osana muuta arviointia. Jatkossa keskitytäänkin

tarkastelemaan arvioinnin kannalta siis tilanteita, joissa tutkivaa oppimista on sovellettu, eikä kantaa oteta siihen, miten arviointi tapahtuu kun sovellettavia opetusmenetelmiä on useita.

6.4.1 Opetustilanteessa tapahtuva arviointi

Kuten edellä on todettu, tutkiva oppiminen kemiassa keskittyy pääosin laboratoriotyöskentelyn ympärille. Olennaisempaa kuin ulkoa muistaminen ja onnistuminen, on siis keksiminen eli prosessi, jolla tuloksiin päästään. Hakkarainen *et al.* (2004) mukaan prosessipainotteisessa opetuksessa arvioinnin tulee olla prosessin aikaista. Tällöin väärinymmärrykset tulevat esiin heti, eikä vasta silloin kun oppimisprosessi on jo ohi.

Hofstein (2004 a) mainitsee seuraavat taidot, joita oppilaalta vaaditaan tutkivaa oppimista soveltavassa laboratoriotyöskentelyssä:

- *kysymysten esittäminen ja hypoteesin muodostaminen*
- *tutkimuksen suunnittelu*
- *tutkimuksen toteutus*
- *tuloksien analysointi ja pohdinta*
- *tulosten esittely tieteellisellä tavalla*

Nämä taidot toimivat hyvänä pohjana arvioinnille lähes kaikissa tutkivaa oppimista soveltavissa töissä. Lisätaidot vastaavat lisäksi etenkin vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden asettamia arviointikriteerejä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014).

Cheung (2007) viittaa kirjoittamaansa opettajan oppaaseen, jossa hän kuvailee eri tutkivaa oppimista soveltaviin laboratoriotöihin sopivia arviointimenetelmiä. Jokaista työtä varten on laadittu arviointikaavake, jonka sekä oppilas että opettaja täyttävät (Cheung 2006). Kaavakkeet eroavat toisistaan kunkin työn kohdalla niissä kriteereissä, jonka mukaan oppilaiden työtä arvioidaan. Seuraavassa on koottuna kyseisiä arviointikriteereitä.

- *tutkimuskysymyksen tunnistaminen ja sen muotoileminen tutkittavaan muotoon (1)*
- *oppilaiden kehittämän prosessiin yksinkertaisuus ja oikeellisuus/toimivuus*
- *oppilaat ovat käyttäneet riittävän tarkkaa (kemian) mittaustekniikkaa*
- *laskutehtävät ovat oikein ja laskumetodit esitelty (2)*
- *oppilaiden tekemät kemikaalien ja välineiden valinnat ovat oikeanlaiset ja ne on perusteltu (esim. indikaattorit ja pH-alue) (3)*
- *prosessiin tarvittavat materiaalit ja välineet ovat helposti saatavilla*
- *mittausvirheiden mahdollisuutta on vähennetty käyttämällä oikeanlaisia menetelmiä ja välineitä (4)*
- *prosessissa on huomioitu turvallisuusseikkoja*
- *prosessi on niin selkeä, että toiset oppilaat ymmärtävät sen*
- *piirroskuvia käytetty prosessin esittelyn tukena*
- *prosessin testaaminen ja toistot on esitelty*
- *prosessiin vaikuttavat tekijät on kuvailtu*
- *kemikaalit, jotka vaativat tarkkaa mittausta on tunnistettu (5)*
- *prosessin rajoitteet on kuvailtu (luotettavuus tms.) (6)*
- *argumentteja eri hypoteesien puolesta ja vastaan on esitetty (7)*
- *oppilailla on oikeanlainen tapa analysoida tuloksia (8)*
- *oppilaat eivät ole tehneet väriä olettamuksia*
- *kemian sanastoa on käytetty oikein*

Selitteitä arviointikriteereistä

- (1) Usein sanallisesti esitettäessä ilmiö tai ongelma, jota aiotaan tutkia, ei suoraan sovellu laboratoriotestaukseen. Esimerkiksi, jos tutkimuksen kohteena on viinin pilaantuminen, ei pilaantuneisuutta voida suoraan tutkia, vaan täytyy havainnoida viinin etikkapitoisuutta. Tällöin soveltuva tutkimuskysymys voisi olla: “Millä etikkakonsentraatiolla viini on pilaantunut?”
- (2) Kriteerin voi jakaa kahteen osaan, jolloin laskujen osaamista tai niiden ymmärtämistä voi testata erikseen.

- (3) Esimerkkinä työstä, johon kriteerin soveltaminen sopii, on vaikkapa titraustyö, jossa siis tutkitaan liuoksen konsentraatioita pH-muutoksen avulla. Tällöin olennaista on valita oikea indikaattori ilmaisemaan pH:n muuttuminen oikealla hetkellä
- (4) Tässä kriteerissä korostuu oppilaan tieto laboratoriovälineiden mahdollisuuksista ja rajoitteista. Esimerkiksi reaktiossa syntyvän kaasun tilavuuden voi mitata keräämällä sen ylösalaisin olevaan mittalasiin ja dekantterilasiin, jolloin mittaustarkkuus ei vastaa mittapipetin tarkkuutta.
- (5) Joskus laboratoriotyössä kaikkien käytettävien kemikaalien määrällä ei ole merkitystä. Esimerkiksi, jos tehdään titrausta, on tärkeää tietää käytettävien liuosten konsentraatiot, mutta pH:n havainnointiin käytettävän indikaattorin tarkka määrä ei ole välttämättä olennainen.
- (6) Tällä kriteerillä viitataan siihen, onko oppilas ymmärtänyt mitä olettamuksia voidaan tehdä prosessin tuottamista havainnoista. Vaikkapa tutkimalla kaasun ominaisuuksia laboratoriossa ei koskaan voi saada kaikissa ympäristöissä pätevää tulosta, vaan havaitut ominaisuudet ovat aina riippuvaisia ympäröivistä tekijöistä, kuten lämpötilasta.
- (7) Kyseinen kriteeri sopii totta vai tarua -tyylisiin töihin, joissa ennen testausta voi pohtia ja argumentoida eri mahdollisuuksia.
- (8) Oikeanlaisella tavalla viitataan siihen, että tuloksiin osataan myös suhtautua kriittisesti. Esimerkiksi jos kuvaajasta odotetaan lineaarista, ymmärretään jättää muista paljon poikkeava havaintopiste huomioimatta.

Arviointilomakkeissa on jokaisen kriteerin jälkeen tilaa sekä oppilaan ja opettajan arviolle kyseisen kriteerin täyttymisestä. Arvioinnin voi suorittaa kyllä/ei -periaatteella tai antamalla pisteitä vaikkapa yhdestä viiteen. Lopuksi pisteet lasketaan yhteen. Olennaista siis on, että lomake täytetään joko työskentelyn aikana tai heti työnteon päätteeksi. Tällöin kyse on opetustapahtuman aikaisesta arvioinnista.

Kaikki kriteerit eivät sovi tietenkään jokaiseen työhön, vaan soveltuvimmat valitaan työkohtaisesti (Cheung 2007). Kuten aiemmin jo todettiin, opettajan kannattaa kertoa oppilaille arviointikriteerit ennen työn suoritusta. Tällöin oppilaat saavat paremman käsityksen siitä mihin tulisi keskittyä ja myös opettajan on helpompi arvioida oppilaiden

suoriutumista jo opetustapahtuman aikana, kun arviointikriteerit on jo päätetty. Esimerkki Cheungin (2006) arviointilomakkeesta löytyy liitteestä 1.

Myös Hofstein (2004) kertoo samankaltaisesta menetelmästä. Oppilaat tekevät laboratoriotöiden aikana tai välittömästi niiden jälkeen pikaraportteja (*hot reports*), joista antavat välitöntä tietoa oppilaiden tekemistä havainnoista, havaintojen analysoinnista, heränneistä kysymyksistä sekä tehdyistä hypoteeseista ja jatkokehitysideoista. Nämä pikaraportit kerätään yhteen portfolion tyyliin, jolloin ne yhdessä opettajan tekemän havainnoinnin kanssa muodostavat hyvän pohjan arvioinnille.

Backus (2005) kertoo käyttäneensä arviointinsa apuna oppilaiden laboratoriopäiväkirjoja. Oppilaiden tuli kirjoittaa päiväkirjoihinsa aktiivisesti tarkkoja selostuksia tekemistään kokeista. Selostuksiin kuuluivat osioina sisällysluettelo, otsikko, tarkoitus, omakohtaisesti tehdyt tutkimusoperaatiot ja saadut havainnot.

Oppilaat vaihtoivat keskenään laboratoriopäiväkirjoja ja arvioivat toistensa työtä käyttäen apuna sovittuja arviointikriteerejä (Backus 2005). Kirjojen vaihto toteutettiin siten, ettei kukaan arvioinut työpariaan. Tämän jälkeen oppilaat arvioivat myös oman työnsä. Arviointikriteereinä olivat esimerkiksi se, kuinka helposti joku toinen voisi toistaa oppilaan suunnitteleman ja toteuttaman prosessin pelkästään kyseisten muistiinpanojen perusteella. Lopuksi myös opettaja arvioi laboratoriopäiväkirjat.

6.4.2 Oppilaan tuotoksen arviointi

Tutkivaan oppimiseen, niin kuin tutkijan työhönkin, liittyy varsinaisen suorituksen lisäksi olennaisesti myös työn esittely. Oppilaan tuotoksella tarkoitetaan sellaista oppilaan valmistamaa työselostusta, raporttia, esitelmää tai vaikkapa portfolioa, jota oppilas itse, oppilastoveri ja opettaja voivat arvioida.

Laboratoriopäiväkirja-arvioinnin lisäksi Backuksen (2005) oppilaat kirjoittivat raportteja, joissa käsiteltiin tutkimustöiden tulokset, päätelmät ja kysymykset. Joissakin töissä oppilaita

arvioitiin myös tarkkuudesta, kuten sellaisissa, joissa haluttiin tunnistaa tuntematon ainesosa. Backus (2005) kuitenkin mainitsee, että enimmäkseen oppilaat osoittivat asian ymmärtämistä ja osaamista suunnittelemalla onnistuneita tutkimusprosesseja ja tulkitsemalla saamiaan tuloksia ajatuksella.

Cheung (2006) määrittelee opettajan oppaassaan arviointikriteerit sekä suulliselle että kirjalliselle tuotokselle:

Suullinen esitelmä

Sisältö

- *oppilaan puhe oli selkeää ja keskittyi olennaiseen*
- *oppilas teki työnsä tarkoituksen selväksi*
- *oppilas käytti tehokkaasti apunaan visuaalisia apukeinoja (1)*
- *oppilas vastasi oppilastovereidensa kysymyksiin selkeästi*

Rakenne

- *esityksellä oli selkeä alku, keskiosa ja loppu*
- *ajankäyttö on sopiva (2)*
- *kaikki ryhmän jäsenet olivat mukana esityksessä*

Kommunikaatiotaidot (3)

- *sanastoa käytetty sopivasti ja oikealla tavalla*
- *katsekontakti yleisöön oli hyvä*
- *puheen määrä, sen voimakkuus ja ruumiinkieli oli sopivaa*

Selitteitä arviointikriteereistä

- (1) Oppilas voi havainnollistaa esitystään esimerkiksi valokuvilla, kuva-animaatioilla (esim. Power Point -esityksessä) tai vaikkapa taulupiiirroksin. Jos tehdyssä tutkimuksessa syntyi jokin tuote, sen esitleminen on havainnollisempaa kuin sen kuvaileminen sanallisesti.
- (2) Tällä kriteerillä viitataan siihen, kuinka paljon kutakin asiaa käsitellään esityksessä. Esimerkiksi käytetyt laskukaavat voi olla olennaista esitellä, mutta tehdyt

laskutoimitukset voi esityksessä jättää pois, vaikka ne olisivatkin varsinaisessa raportissa esillä.

- (3) Nämä kriteerit koskevat enemmän esiintymistaitoja kuin varsinaisia tutkimustaitoja, mutta toisaalta tutkivaan oppimiseen kuuluu myös olennaisesti tehdyn tutkimuksen esittely, jotta muu ryhmä saa tiedon jo tehdystä ja voi edelleen kehittää ideaa eteenpäin. Myös esimerkiksi lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitaan suullinen esittely (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003). Viimekädessä opettaja päättää mitä hän haluaa arvioida.

Kirjallinen esitelmä:

Johdanto

- *tutkimuksen tarkoitus on esitetty*
- *tutkimuksen merkitys on selitetty*
- *tutkimukseen liittyvät kemialliset periaatteet on esitelty*

Tutkimus

- *tutkimusmenetelmät ovat riittävän selkeät toistamista varten*
- *piirroksia tai kuvia on käytetty tutkimusmenetelmien esittelyn tukena*

Tulokset

- *tulokset on esitetty selkeästi käyttäen apuna taulukoita ja/tai kuvaajia*
- *oikeita yksiköitä ja suureita on käytetty*
- *laskutoimitukset ovat oikein ja selkeästi esitetty*
- *olennaiset ja epäolennaiset tai virheelliset havainnot on tunnistettu*

Päätelmät

- *tehdyt päätelmät vastaavat havaintoja*
- *pohdinnoissa käytetään tieteellistä tietoa selittämisen tukena (1)*
- *suurimmat virhelähteet on tunnistettu ja niiden vaikutukset tuloksiin on selitetty*
- *mahdollisia kehityskohtia tehtyyn tutkimusprosessiin on pohdittu*

Raportti kokonaisuutena

- *raportti on tiivis ja selkeästi jäsennelty*
- *kieliasu on kunnossa (2)*
- *lähteet on esitetty*

Kommenteja kirjallisen esityksen arviointikriteereistä

- (1) Tällä kriteerillä tarkoitetaan sitä, että tehtyjä havaintoja tai päätelmiä pyritään selittämään jo olemassa olevien tieteellisten teorioiden tai ilmiöiden avulla.
- (2) Kuten edellä suullisen esityksen kohdalla, tämä kriteeri ei välttämättä suoraan koske kemian opetusta. Toisaalta kielelliset seikat ovat olennaisia tiedon tehokkaassa välittämisessä ja väärinymmärrysten välittämisessä, mikä on olennaista kaikille tieteille.

Samalla tavalla, kuten Cheungin (2006) laboratoriotyön jälkeistä arviointia koskevissa kaavakkeissa (ks. edellä), myös näiden kriteerien kohdalla on olennaista sekä opettajan että oppilaan itse tekemä arviointi. Samoin pisteytyksen voi opettaja tehdä siten miten parhaaksi katsoo.

6.4.3 Opetusjakson loppuarviointi

Tutkivaa oppimista voidaan arvioida myös laboratoriotöiden jälkeen tai kurssin loppuksi koetyylisestäikin. Tällöin koetehtävinä voidaan käyttää perinteiseen tapaan monivalintatehtäviä tai avoimia tehtäviä (Ehmer *et al.* 2008). Sisällöltään tehtävät kuitenkin testaavat enemmän käytännön osaamista kuin valmiin tiedon hallitsemista.

Tutkivaan oppimiseen soveltuva monivalintatehtävä voi olla vaikka sellainen, jossa annetaan tutkimuskysymys ja selostetaan tehtävän tutkimuksen pääidea. Varsinaiseen kysymykseen vastaaminen vaatii tutkimuksen ymmärtämistä, ei niinkään suuren tietomäärän muistamista.

Esimerkiksi monivalintakysymys voisi olla yksinkertaistettuna seuraava:

Tutkitaan lämpötilan vaikutusta reaktionopeuteen. Vertailuastiassa liuoksen lämpötila on 20 °C, lähtöaineiden konsentraatiot ovat 2 mol/l ja 1 mol/l. Mikä seuraavista astioista tulee valita vertailuastian pariaksi?

1. liuoksen lämpötila $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, lähtöaineiden konsentraatiot ovat 2 mol/l ja 1 mol/l ,
2. liuoksen lämpötila on $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, lähtöaineiden konsentraatiot ovat 2 mol/l ,
3. liuoksen lämpötila on $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, lähtöaineiden konsentraatiot ovat 2 mol/l ja 1 mol/l ja liuoksessa on katalyyttiä.

Ratkaisuna on tietenkin astia 1, jonka olot ovat samat lukuun ottamatta lämpötilaa jonka vaikutusta tutkitaan. Oheisessa tehtävässä ei siis kysytä, miten lämpötila vaikuttaa reaktionopeuteen vaan kuinka sitä voidaan tutkia, mikä olennaisesti tekee siitä tutkivaan oppimiseen soveltuvan.

Enemmän tietoa oppilaiden osaamisesta antavat kuitenkin avoimemmat tehtävät, erityisesti silloin, kun tehtävän tutkimuksessa on useampi vaikuttava tekijä toisin kuin edellä (Ehmer *et al.* 2008). Tutkivaan oppimiseen soveltuvassa avoimessa koetehtävässä niin ikään annetaan tutkimuskysymys tai selitetään mitä halutaan tutkia. Lisäksi kerrotaan materiaalit, joita tutkimuksessa voi käyttää. Oppilaan tehtävänä on nyt yksinkertaisesti suunnitella ja selostaa tutkimus, jolla vastataan tutkimuskysymykseen. Lisäksi oppilaan tulee perustella suunnitelmansa.

Esimerkkinä avoimesta tehtävästä voisi olla seuraava:

Kahden liuospullon etiketit ovat haalistuneet. Tiedetään, että ne ovat joko NaOH- tai HCl-liuoksia. Suunnittele tutkimus, jolla selvität liuosten koostumuksen ja konsentraation. Voit käyttää tutkimuksessasi seuraavia aineita ja välineitä. Selosta tutkimuksesi tarkasti ja perustellen.

pH-paperia

dekanterilaseja

erlenmeyerlaseja

indikaattori

byretti

statiivi

Ratkaisuna oppilaan tulisi selostaa tutkimus, jossa ensin pH-paperilla saadaan mitattua karkea arvio happamuudesta. Tästä voidaan siis päätellä onko näyte NaOH:a vai HCl:a. Tarkempi konsentraatio voidaan määrittää titraamalla, jonka vaiheet oppilaan tulisi kyetä selostamaan. Vaadittua tarkkuutta selostuksessa opettaja voi vaihdella oppimistavoitteiden mukaan. Vastaava tehtävä oli myös kemian ainereaalissa syksyllä 2015 (Kemian ylioppilaskoe 25.9.2015).

Kuten monivalintatehtävässäkkin, myös tässä esimerkissä kysymyksen pääpaino on tutkimuksen ymmärtämisessä, ei niinkään ulkoa muistettavissa asioissa, mikä korostaa tehtävän tutkimuksellisuutta.

Myös aineiston tulkinta on olennainen osa tutkivaa oppimista ja siten testattava asia. Aineiston tulkintaa usein kuitenkin testataan ja myös harjoitellaan siten, että oppilaille annetaan aineisto, joka on saatu hyvin suunnitellusta tutkimuksesta (Ehmer *et al.* 2008). Tällöin testataan ja harjoitellaan vain loogista ajattelua, eikä ohjata oppilaita kyseenalaistamaan aineiston tai tutkimuksen luotettavuutta. Jos aineisto on kuitenkin peräisin oppilaiden itse suunnittelema kokeesta ja itse kerätty, tilanne muuttuu: aineistolla voidaan harjoitella ja testata tällaisia metakognitiivisia taitoja, koska oppilaiden omat tutkimukset ja havainnot ovat usein puutteellisia.

Loppukoetta silmällä pitäen aineiston tulkintaan liittyvää metakognitiota voisi testata yksinkertaisimmillaan vaikka seuraavan kaltaisella tehtävällä:

Oppilaalle annetaan taulukossa joukko havaintopisteitä, jotka hänen täytyy asettaa koordinaatistoon. Sovittamalla ennalta määrätyn mallisen kuvaajan (esim. lineaarinen, paraabeli tai vaikka tietyn reaktion kulkua kuvaava käyrä) havaintopisteisiin, oppilas voi määrittää halutun tuloksen. Metakognitiivisia taitoja voidaan arvioida, kun osa havaintopisteistä on selvästi toisistaan poikkeavia. Nämä oppilaan tulee jättää huomiotta.

Kuten aiemmin mainittiin, ei tutkivaa oppimista ole mielekästä tai ehkä mahdollistakaan soveltaa ainoana opetusmetodina, vaan tarvitaan muitakin, jopa perinteisiä metodeja. Tutkielman alkupuolella kuvattiin luonnollista tapaa siirtyä tutkimuksellisuuden ja

tavanomaisen opetuksen välillä. Samalla tavalla tulee myös eri arviointimetodien pystyä limittymään keskenään.

Yksinkertaisimmillaan opettaja voi asettaa painoarvot kaikille eri arvioinnin osa-alueille, oppilaan tekemille raporteille, esitelmille tai muille tuotoksille, opettajan tekemälle havainnoille ja kokeille tai testeille, joista arvosana muodostuu. Muuttamalla painotusta, esimerkiksi lisäämällä tutkimuksellisten osuuksien ja vähentämällä tiedon hallintaa testaavien osuuksien painoarvoa, opettaja voi painottaa arviointia haluamaansa suuntaan. Myös loppukokeeseen tai muuten tehtäviin testeihin voi sisällyttää sekä tutkimuksellisia että tietoutta mittaavia tehtäviä.

6.5 Tutkiva oppiminen ja kynnysarviointi

Kynnysarviointi määritellään tässä yhteydessä sellaiseksi arvioinniksi, joka on jollain tapaa standardisoitu ja tapahtuu pidemmän opetusjakson päätteeksi tai on kynnyksenä jatkoopinnoille. Kynnysarvioinnin tulisi olla myös vertailukelpoinen: eri oppilaiden saamia arvosanoja tulisi voida verrata toisiinsa. Tällaisia arviointeja Suomen koulumaailmassa tulee vastaan ala- ja yläkoulun päättöarvosanoina, ylioppilaskirjoituksina ja pääsykokeina jatkokoulutuksiin.

Perinteisen opetusmallin korostamaa faktapohjaisen oppisisällön hallintaa on helppo testata standardisoidusti niin, että tulos on luotettavasti vertailukelpoinen. Kuitenkin, kun oppimistavoitteissa siirrytään kohti tutkimuksellisempia taitoja, arvioinnin luotettavuus ja vertailtavuus voi heiketä. Tämä asettaa huomattavan haasteen kynnysarvioinnille.

Haaste ei välttämättä kehity ongelmaksi, jos arvioinnin perustana käytetään muitakin osa-alueita, kuten esimerkiksi jatkuvaan havainnointiin pohjautuvaa arviointia. Kuitenkin, jos standardisoitua koetta käytetään yksinomaan tuottamaan kynnysarviointi, voidaan kysyä vastaavatko oppilaan oman opettajan tekemät ja standardisoituun kokeeseen pohjaavat arvioinnit riittävän luotettavasti toisiaan.

Jones ja Tretter (2003) havaitsivat, että standardisoidussa monivalintatestissä tutkivaa oppimista soveltava ryhmä ei pärjännyt vertailuryhmää paremmin. Kuitenkin, kun ryhmien opettajat puolestaan suunnittelivat kokeet omille ryhmilleen, tutkiva ryhmä sai paremman tuloksen.

Salo (2013) tutki Pro gradu -tutkielmassaan lukiokoulutuksen kemian päättöarvosanojen ja kemian ylioppilaskokeiden välistä eroa yhdessä lukiossa. Hän havaitsi, että ylioppilasarvosanat olivat yleensä heikompia kuin päättöarvosanat. Toisaalta tutkimuksessa havaittiin myös, että päättöarvosanan parantuessa myös ylioppilasarvosana oli parempi.

Yhtenä syynä eroon tutkimuksessa esitettiin erot arviointipohjissa (Salo 2013). Ylioppilaskirjoituksissa osaamista testataan vain yhdellä summatiivisella kirjallisella testillä. Sen sijaan päättöarvosanan pohjana on sekä formatiivisia että summatiivisia arviointitapoja.

Nämä havainnot nostavat oleellisesti esiin edellä esitetyn haasteen. Tutkiva oppiminen vaatii, että arviointia tehdään jatkuvasti ja yksilötasolla, jolloin opettajan oppilaantuntemus ja *tuntuma* oppilaan osaamisesta korostuvat: monesti opettaja voi havainnoida oppilaansa osaamista jopa ilman, että tekstiä tuotetaan tai sanoja vaihdetaan, esimerkiksi tilanteessa, jossa oppilas pohtii tutkimuksessaan eteen tullutta ongelmaa.

Tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa arviointia ei siis voida suorittaa pelkästään standardisoidulla testillä, niin että se toisi parhaalla mahdollisella tavalla esiin oppilaan osaamisen. Toisaalta esimerkiksi ylioppilaskokeissa kynnysarviointi tehdään nimenomaan standardisoituun kokeeseen pohjaten. Tällöin, jos lukiossa on sovellettu tutkivaa oppimista, kaikki hankittu osaaminen ei ehkä näykään ylioppilaskirjoitusten tuloksissa. Voidaan siis kysyä, heikentääkö tutkivan oppimisen soveltaminen lukiossa ylioppilasarvosanojen luotettavuutta.

Peruskoulun päättyessä kynnysarviointia ei kuitenkaan tehdä yksittäiseen kokeeseen perustuen vaan opettaja arvioi oppilaan suoriutumista pidemmältä aikaväliltä. Tällöin lisäksi painotetaan etenkin sitä vuosiluokkaa, jolle valtakunnalliset opetuksen tavoitteet on asetettu (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014). Näin ollen tutkivaa oppimisen mahdollisesti kehittämä osaaminen näkyy peruskoulun päättöarvosanoissa.

7. Yhteenveto

Tämän kirjallisuuskatsauksen yhtenä tavoitteena oli selvittää tutkivan oppimisen mahdollisuuksia oppilaan oppimisen helpottamisessa kemiassa. Tähän perehdyttiin oppimistuloksien, opitun tiedon ymmärtämisen sekä metakognitioon, tiedon soveltamiseen ja ongelmanratkaisuun liittyvien taitojen kehittymisen kautta.

Oppilaan oppimistulosten parantamisessa tutkiva oppiminen on osoittautunut potentiaalisesti menetelmäksi, mutta myöskään sen mahdollisia negatiivisia vaikutuksia ei voida rajata pois. Erityisesti ohjattu tutkiva oppiminen todettiin kuitenkin parhaaksi menetelmän tasoksi oppimistulosten kannalta. Menetelmä korostaa tiedon ymmärtämistä ja metakognitiivisten taitojen kehittymistä, mutta näidenkään kehittämisessä tutkivan oppimisen ei voida sanoa olevan varma opetusmenetelmä.

Tiedon soveltamisen ja ongelmanratkaisuun liittyvät taidot puolestaan kehittyvät tutkivaa oppimista sovellettaessa. Ei kuitenkaan voida sanoa, onko juuri kyseinen menetelmä syynä kehitykseen vai vaikuttaako taustalla jokin toinen tuntematon tekijä, jota tutkivan oppimisen soveltamisen ohessa tullaan korostaneeksi.

Kirjallisuuden tarkastelun toisena tarkoituksena oli kartoittaa tutkivaa oppimista oppilaan opiskelun tukemisen kannalta. Tätä seikkaa lähestyttiin motivaation, opiskeluasenteen ja opetuksessa viihtymisen näkökulmista.

Motivaation, erityisesti sisäisen motivaation kehittämisessä tutkiva oppiminen vaikuttaa tehokkaalta menetelmältä. Kuitenkin käytännön soveltamisen haastavuuden takia ei suoraan voida väittää tutkivan oppimisen kehittävän oppilaan motivaatiota. Lisäksi menetelmän soveltamisen tasolla on vaikutusta motivaation kehittymiseen. Alemmilla tasoilla oppilas voi vaikuttaa melko vähän tutkimukseen, mikä voi olla motivaatiota vähentävä tekijä. Toisaalta ylemmillä tasoilla motivaatio voi puolestaan kasvaa samalla, kun oppilas voi vaikuttaa enemmän.

Tutkivan oppimisen vaikutuksista opiskeluasenteeseen ei löydetty yhtenäistä linjaa. Osassa tapauksissa tutkivalla oppimisella oli positiivinen vaikutus, osassa taas ei. Välillisesti myös

motivaatio vaikuttaa opiskeluasenteeseen. Opetuksessa viihtymisen parantamisen kannalta tutkiva oppiminen osoittautui merkitykselliseksi. Menetelmän käyttö tarjoaa opetukseen useita eri tekijöitä, jotka voivat lisätä oppilaan viihtymistä. Tällaisia ovat esimerkiksi sosiaalinen konteksti ja opetuksen vaihtelevuus.

Lähes poikkeuksetta tehdyissä havainnoissa kuvastuu menetelmän haastavuus sovellettaessa käytännössä. Opettajat kohtaavat esteitä esimerkiksi suunnittelun, ajankäytön ja työturvallisuuden kohdalla. Lisäksi osalla opettajista on virheellisen käsitys menetelmän luonteesta, mikä edelleen hankaloittaa sen soveltamista tai estää käyttämisen kokonaan. Toisaalta joihinkin haasteisiin vastaamiseksi on olemassa yksinkertaisia menetelmiä.

Tavoitteena oli myös löytää keinoja arviointiin tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa. Tutkivaa opetusta tulee arvioida jatkuvasti ja monipuolisesti koko opetusjakson ajan. Sopivia menetelmiä ovat jatkuvaan havainnointiin pohjaava arviointi sekä lisäksi oppilaiden valmistamien tuotosten, kuten raporttien tai esitelmien arviointi. Myös perinteisemmässä opetuksessa suuren painoarvon saaneet kirjalliset kokeet ovat sovellettavissa tutkivaan opetukseen, kunhan koetehtäviä ensin muokataan tutkivaan suuntaan.

8. Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tutkivan oppimisen vaikutuksia oppilaan oppimiseen ja opiskeluun yläkoulun kemiassa. Lisäksi etsittiin keinoja vastata tutkivan oppimisen käytännön soveltamisen haasteisiin. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään myös sopivia arviointimenetelmiä tutkivaa oppimista soveltavaan opetukseen. Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Miten tutkivan oppiminen soveltaminen vaikuttaa kemian opiskeluun oppilaan kannalta?
 - 1.1 Miten tutkiva oppiminen vaikuttaa oppilaan motivaatioon opiskella kemiaa?
 - 1.2 Miten tutkiva oppiminen vaikuttaa oppilaan viihtymiseen kemian opetuksessa?

2. Miten tutkivan oppimisen soveltaminen vaikuttaa oppilaan oppimiseen?
 - 2.1 Miten opitun ymmärtäminen kehittyy?
 - 2.2 Miten oppilaan kyky ratkaista ongelmia kehittyy?
 - 2.3 Miten oppilaan kyky soveltaa oppimaansa kehittyy?

3. Miten tutkivan oppimisen soveltamisen haasteellisuutta voitaisiin helpottaa?
 - 3.1 Millaisia haasteita tutkivan oppimisen soveltamisessa on kohdattu?
 - 3.2 Millaisia ratkaisuja haasteisiin vastaamiseksi on löydetty?

4. Miten arviointi tapahtuu tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa?
 - 4.1 Miten tutkivaa oppimista on arvioitu käytännössä?

9. Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suoritettiin haastattelututkimuksena, jossa haastateltiin oppilaita kahdessa eri osassa. Oppilashaastattelujen ensimmäinen osa (Oppilasaineisto A) toteutettiin keväällä 2015 ja toinen osa (Oppilasaineisto B) syksyllä 2015. Aineistot kerättiin kahdelta eri keskisuomalaiselta yläkoululta. Lisäksi haastateltiin yhtä keskisuomalaista matemaattisten aineiden opettajaa syksyllä 2015. Aineiston keruussa käytetyt haastattelurungot löytyvät liitteistä 2 ja 3.

Kerättyä aineistoa analysoitiin käyttämällä pääosin aineistopohjaista laadullista sisällönanalyysiä (Eskola & Suoranta 1998). Tämä tehtiin jakamalla aineisto teemoihin, jotka pohjautuivat tutkimuskysymyksiin. Lisäksi litteroituja haastatteluja tulkittiin keskusteluanalyysia apuna käyttäen. Oppilashaastatteluilla pyrittiin vastaamaan ensimmäiseen ja toiseen tutkimuskysymykseen. Opettaja haastattelulla haettiin näkemystä kolmen ensimmäisen lisäksi myös neljänteen tutkimuskysymykseen.

10. Tutkimusaineisto

Kaikkiaan tutkimusta varten haastateltiin kuusi yläkoulun oppilasta ja yksi yläkoulun opettaja. Oppilasaineisto A käsitti kolme seitsemännen luokan oppilasta (oppilaat 1-3) ja Oppilasaineisto B puolestaan kolme kahdeksannen luokan oppilasta (oppilaat 4-6). Molemmissa aineistoissa haastateltavina oli kaksi tyttöä ja yksi poika.

Oppilasaineisto A koostui oppilaista, joiden kemian opetuksessa oli osittain sovellettu menetelmänä sekä ohjattua että avointa tutkivaa oppimista (Bell *et al.* 2005). Oppilasaineisto B:n oppilaiden saama opetus oli enemmän jäseneltyä tutkivaa oppimista soveltavaa.

Kummankin oppilasaineiston haastatteluissa käytettiin samaa haastattelurunkoa (liitteessä 2), joka soveltui kuitenkin paremmin tutkivan oppimisen menetelmän ylempien tasojen (ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen) tutkimiseen. Tästä syystä Oppilasaineisto A:sta saadut tulokset ovat kattavammat verrattuna Oppilasaineisto B:stä saatuihin tuloksiin.

Haastatteluun valitulla opettajalla oli opetuskokemusta sekä yläkoulusta että lukiosta noin 25 vuoden ajalta. Aineistoa kerätessä kyseinen opettaja toimi kemian ja fysiikan opettajana samassa koulussa, josta Oppilasaineisto B kerättiin ja osittain myös opetti kyseisiä oppilaita.

11. Tulokset ja analyysi

Tässä luvussa tarkastellaan tutkimuksessa saatua aineistoa kolmessa eri osiossa: Oppilasaineisto A, Oppilasaineisto B ja Opettaja-aineisto. Oppilasaineistojen A ja B oppilaiden opetuksessa on sovellettu eri tutkivan oppimisen tasoja ja näillä osioilla pyritään löytämään tuloksia ensimmäiseen ja toiseen tutkimuskysymykseen liittyen. Kolmanteen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi tarkastellaan aineistoa kokonaisuutena. Opettaja-aineistolla täydennetään aiemmin löydettyjä tuloksia ja yritetään löytää näkemyksiä erityisesti neljänteen tutkimuskysymykseen.

11.1 Oppilasaineisto A

Oppilasaineisto A:n oppilaat kertoivat kahdesta erilaisesta tutkivaa oppimista soveltavasta opetustapahtumasta. Ensimmäinen näistä oli erotusmenetelmätyö, jossa opettaja antoi oppilaille seoksen, joka koostui erilaisista aineista, kuten sahanpurusta, hiekasta, vedestä ja suolasta sekä rautajauheesta. Ohjeistuksena opettaja kertoi mitä eri aineita seoksista tuli eristää käyttämällä kemiallisia erotusmenetelmiä. Lisäksi opettaja antoi oppilaiden käyttöön joukon välineitä, mutta ei kertonut miten tai missä vaiheessa niitä tulisi käyttää.

Ratkaisuna oppilaat erottivat hiekan, sahanpurun ja rautajauheen muusta seoksesta siivilällä. Sahanpuru eroteltiin hiekasta ja rautajauheesta laittamalla seos vesiastiaan, jolloin sahanpuru jäi pinnalle muiden upotessa. Käyttämällä apuna magneettia rautajauhe saatiin erilleen hiekasta. Lopuksi suolavettä kuumennettiin, jolloin vesi haihtui jättäen jäljelle suolan.

Oppilaiden kuvausten perusteella voisi sanoa kyseessä olleen ohjattu tutkiva oppiminen (Bell *et al.* 2005), sillä tutkimuskysymys oli annettu oppilaille valmiiksi. Vaikka lopputulos oli tiedossa ennalta, se antoi vain kuvan seoksen koostumuksesta. Siten se ei ohjannut välttämättä oppilasta suoraan valitsemaan oikeaa menetelmää tai työjärjestystä. Oppilailla ei myöskään ollut käytössään työohjeita.

Oppilastyötä oli edeltänyt opetus kemiallisista erotusmenetelmistä, mikä antoi oppilaille riittävät pohjatiedot. Pohjatietojen merkitystä tutkivan oppimisen onnistumisessa korostavat myös Bell *et al.* (2005) ja Backus (2005). Oppilastyö auttoi myös opettajaa näkemään, miten hyvin asia oli opittu. Näin sovellettaessa oppilastyö soveltuu suoraan myös arvioinnin välineeksi. Lisäksi opettaja sai palautetta aiemman opetuksensa onnistumisesta (vertaa: Hakkarainen *et al.* 2004).

Toinen opetustapahtumista oli projektin kaltainen tutkimus, jossa oppilaiden oli tarkoitus kehittää oma tutkimus, tehdä siitä muistiinpanot ja valmistaa esitelmä peda.net –oppimisympäristöön. Projektia varten oppilaat saivat ideoida tutkimustaan Internetin avulla. Haastateltavat oppilaat 1 ja 2 päätyivät parantelemaan vetyrakettioppilastyötä. Oppilas 3 ei osallistunut vetyrakettiprojektiin.

Vetyrakettityö on kemian opetuksessa yleisesti käytetty oppilastyö, joka liittyy aiheiltaan palamisreaktioon ja usein myös sähkökemian. Yksinkertaisimmillaan ”rakettina” voi toimia vaikka muovinen koeputki. Vetyä voidaan tuottaa elektrolysoimalla vettä, jolloin se hajoaa hapeksi ja vedyksi. Nämä vapautuvat elektrolyysikennon eri elektrodeilta kaasuna. Asettamalla vedellä täytetty koeputki alassuun vesiastian sen elektrodin yläpuolelle, josta vetyä syntyy, voidaan vety kerätä rakettiin. Sytytettäessä vety palaa nopeasti vesihöyryksi vapauttaen samalla energiaa, joka siirtyy raketin liike-energiaksi sysäten sen liikkeelle.

Löytämänsä työohjeen pohjalta oppilaat lähtivät selvittämään, kuinka korkealle vetyraketin saisi nousemaan. Ensin oppilaat tekivät, kuten työohjeessa esitettiin ja täyttivät raketin vedyllä. Saatuaan tulokset oppilaat keskittyivät siihen, miten tulosta voisi parantaa.

Pohjatietoa hyödyntäen oppilas 3 totesi jokaisen palamisreaktion tarvitsevan happea. Tästä oppilaat päätyivät kokeilemaan, mitä tapahtuisi, jos raketti ladattaisiin sekä vedyllä että

hapella laittamalla raketti molempien elektrolyysikennon johtimien päälle. Lisähapen vaikutuksesta raketti lensi korkeammalle kuin aiemmin.

Edellä kuvattua projektia voidaan pitää avoimena tutkivana oppimisena, sillä tutkimuskysymys, tutkimuksen kehittäminen ja ratkaisun löytäminen ovat kaikki oppilaiden vastuulla (Bell *et al.* 2005).

11.1.1 Ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen vaikutukset opiskeluun

Tutkivan oppimisen vaikutuksia oppilaiden opiskeluun tutkitaan tässä kappaleessa ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen kannalta. Näkökulmina toimivat oppilaiden kokema motivaatio ja viihtyminen opetuksessa. Motivaatio ja viihtyminen opetuksessa ovat käsitteinä määritelty aiemmin.

11.1.1.1 Vaikutukset oppilaiden motivaatioon

Tutkivan oppimisen soveltamisen opetuksessa havaittiin parantaneen oppilaiden motivaatiota. Sekä ulkoista että sisäistä motivaatiota parantavia seikkoja löydettiin. Motivaation paranemisen erääksi tekijäksi löytyi mahdollisuus itse ohjata omaa työskentelyään. Tämä tulee esille oppilas 1 esittämässä kommentissa:

”...motivoi enemmän tekeen ku saa ite keksiä niitä juttuja.”

Oppilas 1 nosti esille myös mahdollisuuden itse päättää miten tai millaisen projektin tekee. Esimerkiksi hän kertoi, että kun vetyrakettityössä aiheen sai keksiä itse, tuli työstä mielenkiintoisempaa ja siten motivoivampaa.

Valinnan vapaus voi jo itsessään olla motivoivaa, mutta se antaa oppilaalle myös mahdollisuuden toteuttaa jotain mikä todella kiinnostaa (Aksela 2005, Deci ja Ryan 2000,

Linnenbrink ja Pintrich 2002). Tällä tavoin oppilaan oman mielenkiinnon valjastaminen opetuskäyttöön parantaa oppilaan sisäistä motivaatiota.

Oppilas 1 kertoi lisäksi tutkivan oppimisen menetelmän soveltamisen aiheuttaneen ensin epäröintiä, mutta toisaalta juuri haastavuus oli lisännyt kiinnostavuutta ja siten motivaatiota. Omaan kiinnostukseen pohjaavaa motivaatiota voidaan pitää sisäisenä motivaationa (Aksela 2005).

Kun kaikki oppilasryhmät tekivät samaa oppilastyötä, kuten erotusmenetelmätön tapauksessa, oppilas 1 kertoi motivoituneensa myös oppilasryhmien välisestä kilpailuasetelmasta. Suorituksen jälkeen ryhmät olivat vertailleet tuloksia. Kilpailuasetelma voidaan lukea ulkoiseksi motivaattoriksi (Deci ja Ryan 2000, Linnenbrink ja Pintrich 2002).

Oppilas 2 puolestaan kertoi tilanteesta, jossa opettaja oli antanut oppilaille oppilastyövaihtoehtoja. Näistä oppilaat olivat äänestämällä saaneet valita haluamansa. Tässä oppilas 2 nosti esille saman motivaatiotekijän kuin oppilas 1: itse päättäminen säilyttää mielekkyyden tekemiseen. Motivaatiota paransi hänen tapauksessaan myös se, ettei opiskelua tehty vain järjestelmällisesti kirjojen avulla, vaan menetelmää vaihdeltiin. Opetuksen vaihtelevuuden vaikutukset tulivat esille myös Hofsteinin *et al.* (2001) oppimisympäristöjä käsittelevässä tutkimuksessa.

Oman opiskelunsa ohjaamisen vaikutusta motivaatioon oppilas 2 kuvasi seuraavasti:

”Ehkä se mielenkiinto säilyy siinä. Kun se on sun oma projekti ja sun ite pitää miettiä siihen.”

Kommentissa korostuu oppilaan oma vastuu työnsä ja oppimisensa etenemisestä. Kun juuri mitään ei tule valmiina tai tehdä oppilaan puolesta, oman panoksen merkitys on ratkaiseva. Tämän kaltainen ”pakottaminen” voi toimia motivaattorina, kunhan oppilaan edellytykset vastuun kantamiselle ovat kunnossa.

Oppilas 2 mainitsee myös ulkoisena motivaattorina myös kemian käytännöllisyyden:

”Koska pelataan aineiden kanssa kummiskin, niin se on kemiassa kivempaa tehdä itse”

Oppilas 3 kertoi, kuten oppilas 2, oppilaiden saaneen itse vaikuttaa joissakin tilanteissa siihen käytetäänkö tutkivaa menetelmää vai ei. Oppilas 3 oli tällöin valinnut tutkivan menetelmän, sillä itse miettiminen oli hänelle motivoivampi tapa opiskella. Lisäksi hän oli kokenut itse tekemisen myös kilpailullisena haasteena:

”... jos muut ei keksi sitä ja itse keksii niin sitte... sit se on kivempi”

11.1.1.2 Vaikutukset oppilaan viihtymiseen opetuksessa

Opetuksessa viihtymisen todettiin parantuneen tutkivaa oppimista sovellettaessa. Viihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä löytyi useita. Tutkivaa oppimista sovellettaessa oppilaiden ei tarvinnut vain istua paikoillaan luokassa, vaan työskentelyyn liittyi myös liikkumista luokkatilassa esimerkiksi välineitä ja reagensseja hakiessa tai etsiessä. Luokkatilakaan ei aina rajoittanut oppilaita, vaan osa opetustapahtumaan liittyvästä toiminnasta tapahtui luokkatilan ulkopuolella. Esimerkiksi vetyrakettityön testaukset toteutettiin käytävällä ja ulkona. Oppilas 1 oli kokenut vapaamman liikkumisen ja väljemmät tilarajoitteet viihtyvyyttä lisäävänä tekijänä.

Myös itse kokeileminen ja tekeminen lisäsivät oppilaan 1 viihtymistä kemian opetuksessa. Oppilas 1 kertoi, että omaehtoinen työskentely lisäsi hänen kohdallaan työn teon mielekkyyttä ja siten myös paransi oppimista. Lisäksi oppilaan motivoituminen kokemastaan kilpailuasetelmasta oppilaiden välillä kertoo oman tekemisen mielekkyydestä.

Oppilas 1 toivoi menetelmää käytettävän enemmän opetuksessa. Tätä hän toivoi myös muissa oppiaineissa kuin vain kemiassa ja fysiikassa, joissa menetelmää tavanomaisesti sovelletaan. Esimerkkinä hän mainitsi kieltenopiskelun, jossa opettajajohtoiseen opetukseen ja tehtävien tekoon kaivattaisiin hänen mielestään vapaampia työskentelytapoja.

Myös oppilas 2 koki menetelmän viihtymistä tukevaksi:

”Ihan hauskaa, siinä sai ite aatella, soveltaa oppimaansa, mitä on aikasemmin katottu.”

Tässä oppilas 2 myös nostaa esiin aiemmin opitun tiedon hyödyntämisen viihtyvyyttä lisäävänä tekijänä. Kun tietoa täytyy soveltaa myöhemmin jossakin uudessa opetustilanteessa, sen oppiminen saa konkreettisen merkityksen ja lisää oppilaan motivaatiota oppimiseen. Näin tutkiva oppiminen mahdollistaa motivaation kasvun tietoa opeltaessa ja viihtymisen lisääntymisen myöhemmin, kun tietoa tarvitaan.

Niin kuin oppilaan 1 tapauksessa, myös oppilas 2 koki itse tekemisen mielekkääksi.

”Siinä on just se, saa kokeilla, ihan miten vaan. Ei haittaa vaikka menee pieleen, alottaa alusta ja tekee toisella lailla.”

Oppilaan 2 kommentissa kuvastuu myös omaehtoisen rajoittamattoman työskentelyn merkitys viihtymistä lisäävänä tekijänä. Erityisen huomionarvoista on, että oppilas kokee menetelmän soveltamisen sallivan enemmän epäonnistumisia, kuin tavanomaisen opetuksen.

Myös oppilas 3 koki itse tekemisen ja keksimisen viihtyvyyttä lisääväksi.

”...se oli ihan kivaa, kun me saatiin ite tehdä, et ei tarvinnu niinku kuunnella just niitä ohjeita, vaan sai ite keksii.”

Edelleen oppilas 3 koki tutkivan oppimisen soveltamisen mahdollistavan vapaamman työskentelyn ja siten lisäävän viihtyvyyttä. Hän nostaa myös esiin onnistumiset viihtyvyyttä lisäävinä kokemuksina. Lisäksi aika tuntui kuluneen nopeammin, kun itse tehdessä oli paljon tekemistä.

Oppilas 3 kertoo tutkivan oppimisen sosiaalisesta puolesta: oppilastovereiden kanssa pohtiminen ja toimiminen ovat mielekästä tekemistä. Kuten oppilas 1 myös hän toivoisi menetelmää sovellettavan enemmän kemian opetuksessa.

Ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen soveltamisen voidaan siis todeta parantaneen oppilaiden motivaatiota ja viihtymistä opetuksessa. Sisäistä motivaatiota lisäisi oppilaiden kokema valinnan vapaus sekä tutkimuksen avoimuuden herättämä mielenkiinto. Vastuuntunto omasta työskentelystä toimi ulkoisena motivaattorina. Toisaalta juuri omaehtoinen työskentely lisäsi mielenkiintoa, joten vastuuntunto voidaan nähdä myös sisäisenä motivaattorina. Ulkoisiksi motivaattoreiksi todettiin lisäksi oppilasryhmän sisälle mahdollisesti syntyvä kilpailuasetelma sekä opetuksen vaihtelevuutta lisännyt tutkivan oppimisen tuominen käytettävien opetusmenetelmien joukkoon.

Viihtyvyyttä lisäsi opetustapahtuman aikainen vapaa liikkuminen ja tilarajoitteiden poistaminen. Omaehtoinen työskentely, itse ajattelevuus, keksiminen, kokeileminen ja tekeminen lisäsivät myös opetuksessa viihtymistä. Myös tutkivan oppimisen sosiaalinen puoli mainittiin: kavereiden kanssa työskentely koettiin viihtyisämmäksi. Myös yllättävämpiä tekijöitä nousi esille: viihtyvyyttä lisäsi aiemmin opitun tiedon soveltaminen uudessa tilanteessa. Lisäksi epäonnistumisen pelon poistuminen paransi opetuksessa viihtymistä. Kaikki haastatellut oppilaat toivoivat menetelmän soveltamisen lisäämistä opetuksessa.

11.1.2 Ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen vaikutukset oppimiseen

Kappaleessa tarkastellaan ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen menetelmien vaikutuksia oppilaan oppimiseen oppimistulosten ja ymmärtämisen kautta. Myös vaikutuksia oppilaan ongelmanratkaisuun, tiedon soveltamiseen ja metakognitioon liittyviin taitoihin selvitetään.

11.1.2.1 Oppiminen ja opitun ymmärtämisen kehittyminen

Tutkimuksessa havaittiin sekä oppimistulosten että tiedon ymmärtämisen parantumiseen viittaavia merkkejä. Oppilas 1 kertoi oppineensa paremmin, kun tutkivaa oppimista sovellettiin. Vastaavasti hän kertoi muistavansa ne asiat paremmin, joita opittiin menetelmää

hyödyntämällä. Syyksi oppimisen ja muistamisen parantumiseen oppilas 1 mainitsee esimerkiksi erotusmenetelmätyössä ratkaisun etsimisen itsenäisesti.

Eriyisesti fysiikassa ja kemiassa oppilas 1 kertoo oppineensa paremmin tutkimusten kautta kuin pelkästään kirjasta lukemalla:

”...ite kokeilee ja etsii sitä tietoa, niin mä opin siitä aika hyvin.”

Oppilaan 1 mielestä itse kokeileminen oli myös olennaista opitun ymmärtämisen kannalta:

”No ehkä sillei just niinku kokeilee ite ni ymmärtää sillei iha hyvin. Et jos opettaja vaikka selittää et tää menee nyt näin ja näin nii ei välttämättä niinku hahmota et miten se oikeesti tapahtuu käytännössä...”

Vaikka kommentissa mainitaan opettaja tietoa selittävänä tekijänä, voi havainnon rinnastaa myös esimerkiksi keittokirjamaiseen työohjeeseen.

Myös oppilas 2 kertoi oppivansa kokeilemalla. Menetelmä mahdollistaa hänen mukaansa konkreettisen oppimisen. Tästä oppilas 2 antaa esimerkkinä hapen vaikutuksen räjähdysten suuruuteen vetyrakettityössä. Jos vetyrakettityön tekisi yksityiskohtaisen ohjeen kanssa, ei hapen vaikutus tulisi välttämättä esille. Tilanne on vastaava kappaleessa Tutkivan oppimisen vaikutus oppimiseen esitetyssä esimerkissä kaliumnatriumtartaatin kosteutta sitovasta ominaisuudesta.

Konkreettisuus vaikuttaa myös opitun tiedon ymmärtämiseen:

”Jos sää kirjasta sen luet, niin et tiedä mitä se todellisuudessa on, jos sitä ei näytetä.”

”Se [tieto] löytyy sieltä [kirjasta] kyllä, mutta sitä ei nää niin selkeesti. Sen vaan tietää sitte, mutta tässä ku tekee itseksensä, niin sen tietää ja ymmärtää.”

”Tajunnu paremmin siitä, sen et miten paljon pienikin määrä happea voi vaikuttaa siihen räjähdykseen.”

Edelleen myös oppilas 3 pitää menetelmää hyvänä oppimisen ja muistamisen kannalta:

”muistan siitä kaiken, mitä tehtiin, et siinä jäi mieleenkin ne asiat”

Lisäksi oppilas 3 pitää menetelmää parempana kirjasta opiskeluun verrattuna.

11.1.2.2 Ongelmanratkaisuun, tiedon soveltamiseen ja metakognitioon liittyvät taidot

Joitakin tekijöitä löydettiin, jotka parantavat ongelmanratkaisuun, tiedon soveltamiseen tai metakognitioon liittyviä taitoja. Haastatelluilla oppilailla ei kuitenkaan ollut yhtenäistä kokemusta niistä. Oppilas 1 kertoo tutkivan oppimisen soveltamisella olleen jonkinlainen vaikutus metakognitiivisiin kykyihin ainakin tiedonhankinnassa:

”...kyllä siinä sillei kuitenkin kokoajan kehitty ja sillei oppi löytää sitä tietoo paremmin.”

Tiedon soveltamiseen liittyvien kykyjen kehittymistä oppilas 1 ei kertonut havainneensa, muuten kuin muistamisen helpottumisena. Myöskään ongelmanratkaisutaitojen kehittymistä hän ei ollut havainnut.

Oppilas 2 puolestaan koki tutkivan oppimisen kehittävän tiedon soveltamiseen liittyviä kykyjä. Aiemmin kuvatussa vetyrakettiprojektissa kyseinen oppilas oli keksinyt lisätä happea vedyn sekaan polttoaineeksi. Tämän hän oli keksinyt pohjaten aiempaan tietoonsa palamisreaktion lähtöaineista:

”mietin, että miten kun happea tarvitaan aina palamisessa.” (pohjatieto)

”mietin, että nopeuttaisko se sitä [palamista]” (sovellus)

Vetyrakettiprojekti oli edelleen konkretisoitunut oppilaalle eri kaasujen määrien suhteen merkityksen. Ymmärtämällä tämän koskevan kaikkia palamisreaktioita, hän kykeni viemään tiedon uuteen tilanteeseen teknisen työn tunnille ja soveltamaan sitä onnistuneesti:

”Teknisessä, kun hitsattiin, olin ainut joka sai sen [hitsausliekin] syttymään. Argon-kaasua ei saa olla liikaa mutta kuitenkin. Pienikin määrä hapetta sammuttaa sen, mutta jos ei, siitä tulee hyvä ja kuuma [...] ihan vähän hapetta niin saadaan kuuma liekki.”

Edelleen oppilas 2 kertoi oppimiseen liittyvän pohtimisen helpottuneen. Hän kertoi, että pitämällä taukoa ajattelussa vaikka viikonkin verran, niin ajatukset prosessoituvat. Lisäksi oppilaan 2 kommentti esteen voittamisesta kuvastaa metakognitiivista ajattelua:

”...[tutkimusprosessissa] niitten edellistenkin työvaiheiden työvaiheiden muuttaminen voi auttaa pääsemään siihen seuraavaan vaiheeseen.”

Huomionarvoista on myös, että kysyttäessä työskentelytavasta tutkivaa oppimista soveltavalla oppitunnilla, oppilaalla 2 oli hyvin selkeä kuva tutkivan oppimisen menetelmälle ominaisista vaiheista ja niiden järjestyksestä. Myös tämä kertoo metakognitiivisesta taidosta.

Oppilas 3 kertoi puolestaan tutkivan oppimisen menetelmän kehittäneen itseluottamusta ongelmanratkaisutilanteissa. Menetelmän käyttäminen nosti eteen haasteita, joiden voittaminen toi onnistumisen kokemuksia ja valoi luottamusta omiin kykyihin menestyä myös jatkossa, vaikka ei heti keksisikään ratkaisua. Esimerkkinä tilanteista, jossa kuvatus laista itsetuntoa tarvitaan, oppilas 3 mainitsee matematiikan tehtävät.

Omiin kykyihinsä luottamista voidaan pitää ongelmanratkaisutaitona, sillä se on lähtökohta kaikessa haastavassa toiminnassa. Edelleen oman itseluottamuksen ja sen mahdollisuuksien tiedostaminen ovat metakognitiivisia kykyjä.

Oppimisen kannalta avoimen ja ohjatun tutkivan oppimisen havaittiin vaikuttaneen positiivisesti: sekä oppimistulokset että tiedon ymmärtäminen oli parantunut oppilailla. Yksittäisinä syinä havaintoon löytyivät itsenäisen tiedon etsiminen ja kokeileminen sekä menetelmän konkretisoiva vaikutus. Merkityksellistä on myös sellaisen piilotetun tiedon tuleminen esiin, joka ei valmista työohjetta seuraamalla näkyisi. Tällaisten yksittäisten tiedonjyvien oppiminen voi sinänsä olla toisarvoista, mutta kuten oppilaan 2 tapauksessa ne saattavat auttaa ymmärtämään ilmiötä oppilastyön taustalla.

Oppilaat 1 ja 2 kokivat metakognitiivisten taitojensa parantuneen tutkivassa oppimisessa. Tämä voitiin havaita sekä oppilaiden kommentteista että tavasta vastata kysymyksiin.

Tiedon soveltamiseen liittyviä taitoja havaittiin oppilaan 2 haastattelussa. On vaikea sanoa kehittyivätkö taidot juuri tutkivan oppimisen käyttämisen takia, vai oliko oppilas 2 jo lähtökohdiltaan parempi oppimisensa jäsentämisessä. Edellä esitettyihin esimerkkeihin pohjaten voidaan kuitenkin todeta, että ainakin avoin tutkiva oppiminen mahdollisti tiedon soveltamiseen liittyvien taitojen harjoittelun.

Sama tilanne tulee vastaan ongelmanratkaisutaitojen kohdalla: kyseiset taidot liittyvät läheisesti jo olemassa olevan tiedon soveltamiseen, joten voidaan todeta, että oppilaalla 2 oli hyvät ongelmanratkaisutaidot, mutta ei voida sanoa, olivatko oppilaalla kyseiset taidot jo ennalta. Oppilaan 3 tapauksessa itseluottamuksen ongelmanratkaisutilanteissa todettiin parantuneen menetelmän vaikutuksesta. Varsinaisten ongelmanratkaisumallien kehittymistä ei kuitenkaan havaittu oppilailla.

Sekä tiedon soveltamiseen että ongelmanratkaisuun liittyvien taitojen kohdalla voidaan kuitenkin todeta, että ainakin ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen harjoittaa oppilaita näissä taidoissa. Siten menetelmien vaikutukset näihin taitoihin eivät ainakaan voi olla negatiivisia.

11.2 Oppilasaineisto B

Oppilasaineisto B:n oppilaiden opetuksessa sovellettiin tutkivan oppimisen opettajajohtoisempaa tasoa, jäseneltyä tutkivaa oppimista (Bell *et al.* 2005). Tässä menetelmässä oppilailla on käytössään yksityiskohtaiset työohjeet oppilastöiden toteuttamista varten, mutta työn varsinainen lopputulos ja syyt siihen eivät ole tiedossa. Tämä ilmenee siten, että työohjeen lopussa oppilaita ohjataan pohtimaan tuloksia avoimin kysymyksin, jotka liittyvät esimerkiksi havaintojen merkityksiin tai tulosten taustalla vaikuttaviin tekijöihin.

Erona Oppilasaineisto A:n oppilaiden opetuksessa käytettyihin ohjattuun ja avoimeen tutkivaan oppimiseen on pääpiirteissään se, että jäsennellyssä tutkivassa oppimisessa tutkittavan aiheen ongelma-asettelu ja havaintojen saamiseen tähtäävä koejärjestely on valmiiksi rakennettu (Bell *et al.* 2005). Tällöin oppilaat työskentelevät avoimemmin vasta oppilastyön loppuvaiheessa, pohtiessaan tulosten merkitystä. Ohjatussa ja avoimessa tutkivassa oppimisessa oppilaat aloittavat avoimen työskentelyn heti oppilastyön alussa muovaillessaan tutkimuskysymyksiä.

Oppilasaineisto B:n oppilaille opetus oli jaettu selkeästi teorialunteihin ja laboratoriotunteihin. Pakollisen oppimäärän kemiassa tunnit jaettiin siten, että teoriaa oli ajallisesti yksi oppitunti ja laboratoriotyöskentelyä kaksi oppituntia. Valinnaisessa kemiassa laboratoriotyöskentelyä oli enemmän. Kaikki Oppilasaineisto B:n oppilaat olivat mukana myös valinnaisessa kemiassa. Teorialunneilla opetus tapahtui pääsääntöisesti opettajajohtoisesti. Vaikka kokeellisuutta oli mukana myös näillä tunneilla, oppilaat pääsivät käytännössä itse tekemään vasta laboratoriotunneilla.

Oppilas 4 kuvasi menetelmää soveltavan rautanaulatyön, jossa työohjeen mukaisesti kolme rautanaulaa laitettiin koeputkiin, joista ensimmäisessä oli vettä, toisessa suolavettä ja kolmannessa ruokaöljyä ja vettä. Rautanaulatyö on kemian oppilastyö, jolla pyritään havainnollistamaan metallien ruostumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Esiin tulevia tekijöitä ovat paitsi ilman hapen osuus ruostumisessa, myös veden toimiminen elektronien välittäjänä hapen ja metallin välillä. Suolavedessä Na^+ ja Cl^- -ionit lisäävät nesteen sähkönjohtavuutta, jolloin ruostuminen nopeutuu. Vesi ja öljy puolestaan erottuvat kahdeksi faasiksi. Koska öljy ei johda sähköä, ruostumista ei tapahdu öljyfaasissa. Myöskään vesifaasissa ruostumista ei tulisi merkittävässä määrin tapahtua, sillä öljy, jonka tiheys on pienempi kuin veden tiheys, asettuu vesifaasin yläpuolelle eristäen sen ilman hapesta.

Tämän työn suorittamiseen oppilaille oli käytössään ohjeet. Ennen työn aloittamista oppilaat muodostivat hypoteesin siitä, mitä rautanuloille tapahtuu seuraavaan opetuskertaan mennessä. Saatuaan tulokset, oppilaat vertasivat niitä hypoteesiin ja tekivät päätelmät.

11.2.1 Jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset opiskeluun

11.2.1.1 Vaikutukset oppilaiden motivaatioon

Oppilaat kertoivat itse tekemisen olevan merkittävä tekijä kemian opiskelussa jaksamisen kannalta. Merkittävää motivaation paranemista ei kuitenkaan havaittu ja osittain motivaation kerrottiin myös huonontuneen.

Oppilas 5 kertoi itse tekemisen parantavan hänen omaa jaksamistaan kemian tunnilla. Hän kuitenkin kertoi joidenkin oppilaiden motivaation romahtavan, kun työohje päättyy ja pitäisi itse pohtia tuloksia ja tehdä päätelmiä:

”...jotkut jättää tyliin jotain niinku tekemättä tai tälle jos ei osaa...”

Oppilas 6 piti kuitenkin itse tekemistä tärkeänä oman aktivoitumisen kannalta. Myös oppilas 5 kertoi itse tekemisen olevan aktiivisempaa toimintaa, kuin opettajajohtoisen opetuksen, jossa saattaa jättää oman ajattelun vähemmälle. Kovin merkittävästä aktivoitumisesta ei kuitenkaan voida yleisellä tasolla puhua, sillä yksikään haastatelluista oppilaista ei kertonut olleensa innostunut kokeilemaan mitään työohjeen ulkopuolelta. Yksi heistä kuitenkin mainitsi joidenkin tutkimusaineiston ulkopuolisten oppilaiden joskus esittäneen opettajalle toiveen kokeilla jotain, mitä työohjeessa ei suoraan ollut esitetty.

11.2.1.2 Vaikutukset oppilaiden viihtymiseen opetuksessa

Viihtyvyyden kannalta tulokset vaikuttavat positiivisilta. Oppilas 4 kertoi jaksavansa keskittyä aiheeseen hyvin laboratoriotunneilla, koska piti itse testaamista mielenkiintoisena. Kaikkiaan hän koki käytännön tunnit mielekkäämmiksi kuin teoritunnit, mutta piti edellä mainittua tuntijakoa hyvänä.

Oppilaalle 5 itse tekemisen omaehtoisuus oli viihtyvyyttä lisäävä tekijä. Toisaalta hän piti enemmän opettajajohtoisesta opetuksesta, sillä silloin hänen mukaansa saavutetaan paremmat oppimistulokset eikä virhekäsityksiä synny.

Myös oppilaan 6 mielestä itse tekeminen ja miettiminen lisäsivät opiskelun viihtyvyyttä. Myös tekemisen vapaus ja työskentelyn sosiaalinen puoli toimivat hänelle viihtyvyyttä parantavana tekijänä.

Yleisesti oppilaat kokivat kemian vaikeaksi, mutta mielekkääksi aineeksi. Tähän syinä mainittiin oppiaineen mielenkiintoisuus sekä käytännön tekeminen.

Motivaation kannalta jäsenelty tutkiva oppiminen ei vaikuta olevan kovin merkityksellinen tekijä oppilaille. Positiivisia vaikutuksia ei juuri havaittu, toisaalta saatiin viitteitä negatiivisesta vaikutuksesta. Tutkivan oppimisen alempien tasojen (vahvistaminen ja jäsenelty tutkiva oppiminen) motivationaalista rajallisuutta uumoiltiin jo tutkielman alkupuolella motivaatiota käsitellessä: heikko motivaatio saattaa johtua esimerkiksi siitä, että kyseisillä tasoilla tutkittavat aiheet tulevat valmiina. Tällöin oppilaat eivät pääse valitsemaan niitä kiinnostuksensa mukaan.

Välillisesti, itse tekemisellä oppilaiden voidaan sanoa motivoituneen kuitenkin jonkin verran, mutta tämän tekijän kohdalla on kyse enemmän kokeellisuuden hyödyntämisestä opetuksessa kuin tutkivasta oppimisesta.

Viihtyvyyttä lisääväksi tekijäksi nousee kaikilla oppilailla niin ikään itse tekeminen: oppilaat pitivät laboratoriotunteja lähtökohtaisesti teorialunteja viihtyisämpinä. Omaehtoisuuden lisäksi myös sosiaalisten tekijöiden kerrottiin lisäävän viihtyvyyttä. Toisaalta myös opettajajohtoista opetusta arvostettiin, sillä itsenäisestä työskentelystä syntyvän oppimisen oikeellisuutta epäiltiin.

11.2.2 Jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset oppimiseen

Kuten oppilasaineisto A:n kohdalla myös tässä oppimiseen liittyviä vaikutuksia tarkastellaan oppimistulosten ja ymmärtämisen kannalta sekä tiedon soveltamiseen, ongelmanratkaisuun ja metakognitioon liittyvien taitojen pohjalta. Tarkastelussa viitataan osittain myös oppilaiden saamaan teoriaopetukseen.

11.2.2.1 Oppiminen ja opitun ymmärtäminen

Oppimiseen liittyen sekä itsenäinen käytännön työskentely että opettajajohtoinen opetus saivat oppilailta kannatusta. Esimerkiksi oppilas 4 koki opetuksessa sovelletun laboratorio- ja teorialuentien jaon oppimisen kannalta toimivaksi. Hän mainitsi kuitenkin, että opittavien sisältöjen ollessa vaikeita on parempi, että se käsitellään teorialuentilla.

Oppilas 4 kertoi kaiken kaikkiaan oppivansa paremmin teorialuentilla. Asiat myös jäävät mieleen paremmin. Oppilas 5 oli enemmän käytännön työskentelyn kannalla, hän koki oppivansa paremmin itse tekemisen kautta.

”No onhan siitä [hyötyä], ku sit niinku saattaa jäädä päähän enemmän...”

Toisaalta oppilaan 5 oppimistyyli saattaa muutenkin olla melko itseohjautuva, sillä hän kertoi myös projektista, jossa oppilaiden tuli opiskella itsenäisesti kuusi oppikirjan kappaletta ja kirjoittaa näistä tiivistelmät sekä tehdä ennalta määrättyt tehtävät. Oppilas 5 kertoi tällöin oppineensa tehokkaammin kuin oppitunnilla istumalla.

Kuitenkin myös oppilas 6 koki, että käytännön kokeileminen ja itse tekeminen parantaa oppimista:

”...et kyllä se niinku vaikuttaa sullei positiivisesti siihen [oppimiseen], vähän paremmin mukana ja tällei itekin kivaa kokeilla...”

Kommentista voidaan päätellä, että oppilas 6 nostaa oppimisen parantumisen syiksi osittain myös välillisiä tekijöitä, kuten opetuksessa viihtymisen ja motivaatioon liittyvät seikat.

Opitun ymmärtämisen puolesta oppilaat pelkäsivät virheellisen oppimisen syntymistä itsenäisemmässä työskentelyssä. Oppilas 6 kommentoi asiaa näin:

”Mä ite tykkään välillä sullei et niinku kerrotaan sullei hyvin, mut on mukava mennä sullei niinku kattoo aluksi te et ymmärtääkö joitain asioita ja sit niinku kerrotaan sulle se asia sit myöhemmin.”

Oppilas 6 ei siis täysin luota omiin kykyihinsä tuottaa oikeellista tietoa, vaan haluaa opettajan varmistavan oppimisen. Kommentti kannustaa soveltamaan muita, opettajajohtoisempia menetelmiä jäsennellyn tutkivan oppimisen ohella. Esimerkin käytännön siirtymisestä menetelmien välillä esitteli Smithenry (2010).

Oppilaiden saama kokeellinen opetus auttoi joissakin tapauksissa ymmärtämään asioita, mutta toisaalta välillä niiden koettiin myös sekoittavan ajatuksia. Oppilas 6 kuitenkin koki yleisesti ottaen ymmärtäneensä asiat paremmin kokeellisessa opetuksessa. Tästä esimerkkinä hän mainitsee happojen ja emästen syntymisen metalleista ja epämetalleista, jossa käytännön kokeileminen auttoi ymmärtämään asian.

Oppimiseen ja ymmärtämiseen liittyen ei voida suoraan vetää johtopäätöksiä jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutuksista, sillä havainnot koskevat ehkä enemmän kokeellista työskentelyä. Osa oppilaista kuitenkin katsoi oppimisen parantuneen välillisten tekijöiden, kuten opetuksessa viihtymisen vaikutuksesta. Siitä huolimatta oppimisen ja ymmärtämisen oikeellisuus itsenäisessä työskentelyssä kuitenkin huolestutti oppilaita ja osa heistä pitikin siksi opettajajohtoista teoriaopetusta laboratoriotyöskentelyä parempana.

11.2.2.2 Tiedon soveltamiseen, ongelmanratkaisuun ja metakognitioon liittyvät taidot

Oppilaiden tiedon soveltamiseen, ongelmanratkaisuun tai metakognitioon liittyvistä taidoista ei saatu luotettavia tuloksia. Osa oppilaista epäili jonkinlaista kehittymistä tapahtuneen metakognitiivisissa taidoissa, mutta mitään konkreettista esimerkkiä heillä ei ollut antaa.

11.3 Oppilasaineistoissa koetut tutkivan oppimisen soveltamiseen liittyvät haasteet

Kaikki oppilasaineisto A:n oppilaat olivat kokeneet tutkivaa oppimista sovellettaessa aluksi riittämättömyyden tunnetta, kun piti itse keksiä mistä lähteä liikkeelle. Tämä esiintyy usein haasteena oppilaille, jotka eivät ole tottuneet käyttämään tutkivia oppimisstrategioita. Myös Oppilasaineisto B:n oppilaat kokivat vaikeuksia alkuun pääsemisessä. Tämä tapahtui tosin vasta siinä vaiheessa, kun työohje loppui ja oppilaan tuli tehdä päätelmät itse.

Oppilasaineisto A:n oppilaat kokivat ajankäytön haasteena ja rajoitteena työskentelylle. He myös mainitsevat rajoitteina turvallisuuden ja tarvittavien materiaalien löytymisen koululta. Lisäksi opettaja ei oppilaiden mukaan aina ehtinyt auttamaan, sillä neuvoa tarvitsevia oli useita. Oppilasaineisto B:n oppilaat puolestaan kokivat ajan riittäneen työskentelyyn. Lisäksi he eivät mainitse muita rajoituksia.

11.4 Opettaja-aineisto

Oppilashaastattelujen ohella tutkimusta varten haastateltiin myös matemaattisten aineiden opettajaa. Hän toimi osittain myös Oppilasaineisto B:n oppilaiden opettajana ja sovelsi siten opetuksessaan tutkivan oppimisen toista tasoa, jäsenneltyä tutkivaa oppimista (Bell *et al.* 2005).

Kemian opetuksessaan opettaja ei ollut teettänyt oppilaillaan pidempiä projekteja vaan pyrkinyt lyhyemmällä opetustapahtumilla kasaamaan laajemman, yhtenäisen kokonaisuuden opittavista asioista. Kaikilla hänen oppitunneillaan kokeellisuus oli vahvasti läsnä, mutta oppitunnit oli pääasiallisesti jaoteltu opettajajohtoisiin teorialunteihin ja laboratoriotunteihin, joissa sovellettiin opetusmenetelmänä jäseneltyä tutkivaa oppimista. Jäseneltyyn tutkivan oppimisen menetelmää on avattu tarkemmin edellä.

11.4.1 Näkemyksiä jäseneltyyn tutkivan oppimisen vaikutuksista opiskeluun

11.4.1.1 Oppilaan kokema motivaatio

Opettajan mukaan tutkiva oppiminen lisää oppilaan motivaatiota yleisesti ottaen. Hänen mukaansa jäseneltyyn tutkivaan oppimiseen liittyvä itse pohtiminen luo oppilaille hyvän haasteen. Hän kertoo oppilaiden myös innostuneen tästä verrattuna pelkästään opettajajohtoiseen opetukseen.

Toisaalta opettaja kertoi, että olisi odottanut suurempaa aktiivisuutta oppilailtaan opetuksen ideoinnissa. Tällä hän viittaa siihen, että oppilailta ei ollut tullut ehdotuksia tutkittavista aiheista tai ilmiöistä.

”se on hyvinkin vähäistä ollu, että et kyllä yleensä oppilaat on sulle odottavalla kannalla ja et sitä lähdetään ohjaamaan että... en tiedä sitten... se vaatis ehkä sellasen tosi sopivan ikäluokan et ois osunu kohdalleen... et tuota... ois semmonen niinkun porukkanakin sopiva meno heillä päällä.”

Opettaja siis epäilee, että tässä suhteessa aktivoituminen on ainakin osittain oppilasaineksesta ja toisaalta myös ryhmädynamiikasta kiinni. Hän kuitenkin kertoo oppilaiden tehneen joitakin yksittäisiä, pienimuotoisia omia testejä muun työskentelyn ohessa. Lisäksi opetuksen tutkimuksellisuus on saanut oppilaat esittämään enemmän kysymyksiä:

”Kyllä niitä hyviä kysymyksiä sieltä ainakin tulee niinkun enemmän esille ja tuota sen myötä ehkä sitten sellanen halu kokeillakin vielä lisää.”

Opettaja korostaa myös valinnaisen kurssin merkitystä oppilaiden motivaation kasvussa. Koska valinnaisessa kemian opetuksessa laborointia oli huomattavasti pakollisen oppimäärän opetukseen verrattuna, tämä korostaa edelleen jäsenneilyn tutkivan oppimisen parantavan oppilaan motivaatiota. Valinnaisen kurssin merkitystä oppilaiden motivaation kehityksessä käsitellään enemmän kappaleessa Opettajan näkemyksiä tutkivan oppimisen arviointiin.

11.4.1.2 Oppilaiden viihtyminen

Opettajan näkemyksen mukaan tutkimuksellisuus opetuksessa parantaa oppilaiden viihtymistä ja se linkittyy läheisesti oppilaiden kokemaan motivaatioon: motivaatio opiskeluun parantaa viihtymistä. Lisäksi hänen havainnoimansa oppilaiden viihtyminen tulee enemmän sisäisesti opittavan asian puolesta, eikä niinkään ulkoisista seikoista.

Edelleen opettajan mukaan sosiaalinen kanssakäynti tukee viihtymistä: oppilaiden opetuksen aikana käymä keskustelu koski hänen mukaansa enemmän opiskeltavaa aihetta ja siihen liittyi myös toisten auttamista.

”...kun ne [oppilaat] on oppineet työskentelemään tällä tavalla niin se lisää myös sellasta niinku ajatusten vaihtoa. Ei olla niin sulkeutuneena siihen omaan hommaansa, vaan [...] siellä saatetaan lähteä nimenomaan sen asian pohjalta juttelemaan toisten kanssa. [...] tulee kuitenkin sellasta luonnollista ajattelunvaihtoa paremmin, kun sitten ihan vaan pelkästään opettajajohtoisessa opetuksessa.”

Tutkivan oppimisen soveltaminen muutti siis oppilaiden välistä kommunikointia tieteellisemmäksi ja opittavaa aihetta koskevaksi (vertaa: Fraser ja Wolf 2008, Talanquer ja Xu 2013 a). Myös opiskeluasenteen opettaja kertoo parantuvan tutkivassa oppimisessa:

”...se [opetuksen tutkimuksellisuus] parantaa sitä asennetta ja tuota se herättää mielenkiintoa jokapäiväisiin tilanteisiin huomaamaan varmasti enemmän, että missä sitä kemiaa on ja sitä kautta taas [...] se kiinnostaa se oppiaine enemmän.”

Kuten jo aiemmin on todettu opiskeltavien aiheiden liittäminen oppilaiden arkielämään voi toimia myös motivaattorina oppilaille.

Kokonaisuutena jäsennellyllä tutkivalla oppimisella vaikuttaisi opettajan mukaan olevan merkitystä sekä oppilaan kokeman motivaation että opetuksessa viihtymisen kannalta. Havainto on osittain ristiriidassa Oppilasaineisto B:stä saatujen havaintojen kanssa, sillä tästä aineistosta saadut tulokset eivät olleet motivaation kohdalla yhtä positiivissävytteisiä. Toisaalta viihtyvyyteen liittyen jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset ovat yhtenäisemmät. Opettajan mukaan vaikutukset myös seuraavat toisistaan: motivaatio ja tutkivan menetelmän mahdollistama sosiaalinen työtapo parantavat viihtymistä (vertaa Hofstein *et al.* 2001).

11.4.2 Näkemyksiä jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutuksesta oppimiseen

11.4.2.1 Oppiminen ja ymmärtäminen

Opettajan mielestä tutkiva oppiminen auttaa oppilasta ymmärtämään oppimaansa:

”...auttaa selkeesti, kun sä pystyt havainnoida ja pohtia ja sitä kautta mennä eteenpäin, niin sulla ei mee asiat ulkoaopetteluksi. [...] ...kun tajuat, niin sä pystyt myös jatkossa käyttää niitä tietoja paremmin kun mennään eteenpäin.”

Opettaja siis tarkoittaa, että ymmärtämällä asiat on helpompaa oppia ja muistaa. Kommentista tulee esille myös selkeä yhteys tiedon ymmärtämisen ja soveltamisen välille.

”... kun tulee sitten jotain uutta ja joku tilanne tai näin, niin sä pystyt yhdistään niitä asioita.”

Toisin sanoen tutkivan oppimisen soveltaminen tukee oppilasta havainnoinnin ja pohtimisen kautta ymmärtämään oppimaansa. Edelleen ymmärtäminen helpottaa tiedon soveltamisessa uudessa tilanteessa ja kokonaisuuksien hahmottamisessa.

11.4.2.2 Ongelmanratkaisuun ja tiedon soveltamiseen liittyvät kyvyt

Kuten edellä tuli jo esille, opettaja kertoo havainneensa oppilaidensa tiedon soveltamiseen liittyvien taitojen kehittyneen. Lisäksi opettajan mielestä tutkiva oppiminen kehittää oppilaiden ongelmanratkaisutaitoja. Hän kuitenkin korosti, että kehitys tehostuu, jos tutkimuksellisuuteen liitetään lisäksi opettajajohtoista opetuskeskustelua. Tällöin hänen mukaansa oppilaat oppivat sulkemaan pois esimerkiksi havainnoista tehtyjä vääriä päätelmiä. Tämä tulos edelleen kannustaa soveltamaan tutkivaa oppimista muiden opetusmenetelmien ohella.

Opettajan haastattelun pohjalta voidaan sanoa siis tutkivan oppimisen soveltamisen tehostavan oppilaan oppimista erityisesti ymmärtämisen kautta. Ymmärtäminen edelleen tukee oppilasta tiedon soveltamisessa. Lisäksi myös ongelmanratkaisutaidot kehittyvät tutkivassa oppimisessa.

11.4.3 Näkemyksiä tutkivan oppimisen soveltamisen rajoitteista ja haasteista

Opettajan näkemyksen mukaan kaikissa kemian oppiaineissa kannattaa lähteä liikkeelle ongelma-asetelmasta, mutta pakollisen oppimäärän opetuksessa tutkimuksellisuuden mittakaava on hänen mukaansa merkittävästi suppeampi kuin esimerkiksi valinnaisen oppimäärän kohdalla. Tätä hän perustelee sillä, että normaalimmalle opetukselle ja harjoitustehtävien tekemiselle on jätettävä tilaa.

Ajankäyttöön liittyvät rajat (Cheung 2011, Salo 2014) siis määräävät haastattelun opettajan opetuksessa tutkivan oppimisen soveltamisen määrän. Opettaja kertoo, että jos opetukseen varattua aikaa ei ole kulunut muihin opettajan työhön liittyviin asioihin, tutkivaa oppimista

pystyisi soveltamaan noin 50 % oppitunneista. Jos taas aikaa kuluu muuhun tekemiseen, on siirryttävä enemmän opettajalähtöiseen opetukseen, sillä se on aikataulullisesti tehokkaampaa. Toisin sanoen periaatteessa nykyisessä tuntikehyksessä on aikaa tutkimukselliselle opetukselle, mutta käytännössä se ei toteudu yhtä laajasti. Opettaja kertoo muun opetukselta aikaa vievän tekemisen lisääntyneen uransa aikana.

Tutkiva oppiminen soveltuu kuitenkin hänen mukaansa jokaiseen oppiaiheeseen:

”...oikeestaan se on sellasesta omasta ja kollegojen kanssa valmistautumisesta kiinni ja näin, että pyritään nimenomaan löytämään sitä tutkimuskeskeistä, ongelmakeskeistä opetusta. Se löytyy aivan varmasti. Jos johonkin asiaan ei ole löytynyt, niin siihen on aina pohdittavissa. Joskus se vaatii enemmän päähkäilyä ja kokeilua ja muuta, mutta joskus se menee sitten oikeestaan aika luonteikkaasti. Kerran on tullut sitten käytettyä jo useita kertoja useampien vastaavien asiakokonaisuuksien yhteydessä.”

Toisin sanoen osaan oppiaiheista on suhteellisen suoraviivaista rakentaa tutkivaa oppimista soveltava opetuskokonaisuus, tosin se vaatii enemmän valmistautumista. Yhtenä tutkivan oppimisen haasteena voidaan siis katsoa olevan opettajan tekemän suunnittelutyön määrä. Tämä haaste on läheisesti yhteydessä ajankäyttöön liittyviin haasteisiin (Cheung 2011, Salo 2014). Toisaalta huomion arvoinen seikka on, että tähän haasteeseen törmää harvemmin, jos soveltaa tutkivaa oppimista vain niissä oppiaiheissa, joihin se taipuu helpommin.

11.4.4 Opettajan käyttämiä arviointimenetelmiä

Tässä kappaleessa käsitellään opettajan käyttämiä arviointimenetelmiä sekä perinteisemmässä opettajajohtoisessa opetuksessa että jäsenneltyä tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa. Jäsenneltyä tutkivaa oppimista sovelletaan hänen mukaansa erityisesti valinnaisen oppimäärän puitteissa.

Kaikkiaan opettajan tavallisesti tekemä arviointi koostuu oppilaiden jatkuvasta seurannasta, tuotosten arvioinnista sekä kirjallisista kokeista. Kirjalliset kokeet käsittävät yleensä kaksi

laajempaa koetta, joista toinen pidetään kurssin lopuksi. Lisäksi tähän kokonaisuuteen kuuluu myös pistokokeita.

Valinnaisen kurssin arviointi kuitenkin poikkeaa tästä arviointikäytännöstä: kurssikoetta ei pidetä ollenkaan, vaan arviointi pohjautuu täysin oppilaiden havainnointiin, kirjallisiin työselostuksiin ja oppilaiden kokoamaan portfolioon. Tällöin kukin osa-alue kattaa opettajan mukaan kolmanneksen arvioinnista.

Opettaja kertoi havainnoidessaan oppilaidensa työskentelyä keskittyvänsä siihen, miten oppilaat etenevät työssään ja erityisesti sitä kuinka he ovat kehittyneet:

”Ei pelkästään se, että mitä he on saanu irti vaan, kuinka he pystyy muokkaamaan sitä omaa [...] työskentelyä eteenpäin ja omaa ajatusmaailmaansa.”

Opettajan näkemyksen mukaan kehityksen arvioinnissa oppilaantuntemus on keskeistä. Oppilaiden havainnoinnin apuvälineenä opettaja kertoo käyttävänsä lähinnä Wilma-oppilastietojärjestelmää, jossa hän antaa oppilailleen positiivista palautetta sen mukaan onko kehitystä tapahtunut kyseisellä opetuskerralla.

Opettaja kertoi tutkimuksellisuuden muuttavan oppilaiden muistiinpanojen luonnetta: oppilaat eivät kirjoita strukturoidusti tietyn kaavan mukaisesti muistiinpanoja, vaan heille annetaan tilaa laittaa asiat muistiin omalla tavallaan. Opettajan mukaan tällaiset vapaammat muistiinpanot helpottavat oppilaan kehittymisen arvioimisessa:

”...myös niistä pystyy hyvin kattoon tämän työskentelyn lisäksi sitten sitä, että minkälaista kehitystä siellä on tapahtunut.”

Valinnaisen oppimäärän opetuksessa oppilailla ei tarkoituksen mukaisesti ollut käytössään kirjoja tai vihkoja, vaan heille annettiin tyhjiä luentolehtiä, joihin he tekivät muistiinpanoja. Nämä muistiinpanot kasattiin portfolioiksi (kuten Hofstein 2004, Backus 2005).

Kirjallisia arvioitavia työselostuksia tulee opettajan mukaan valinnaisen kurssin puitteissa muutama. Niiden tekoa harjoitellaan ensiksi valmiille pohjalle, mutta myöhemmin oppilaat

tekevät niitä itse. Myöhemmin mukaan saadaan myös kirjallisuustietoja ja tulosten vertailua niihin. Kirjallisten tuotosten arviointikriteereinä opettaja kertoo käyttävänsä loogisuutta ja johdonmukaisuutta, sisältöä, oppilaan omaa pohdintaa ja ajatuksia jatkotutkimusmahdollisuuksista sekä sitä onko aiemmin opittuja tietoja huomioitu työselostuksessa (Cheung 2006).

Kuten aiemmin on mainittu, arviointimetoja tulee voida muuttaa opetuksessa käytettävien menetelmien mukaan. Opettajan mukaan opetustavan vaihtuessa perinteisemmän opettajajohtoisen opetuksen ja tutkivan oppimisen välillä, arvioinnin sovittaminen hoituu arvioinnin osa-alueiden painotuksella.

Opettajajohtoista opetusta arvioitaessa kirjallinen osuus, kuten kurssikokeet painottuvat enemmän. Tutkivaa oppimista sovellettaessa muut osa-alueet saavat suuremman merkityksen. Kun opetuksessa käytettiin tutkivia menetelmiä, opettaja painotti arvioinnissaan puolestaan oppilaiden työskentelyä. Myös oppilaiden omien tuotosten merkitys korostui.

Opettaja kertoi myös teettävänsä itsearviointeja oppilaillaan. Tämä tapahtuu yleensä kurssin lopuksi ja itsearviointiin liittyy myös keskustelu opettajan kanssa. Itsearviointiin lisäksi opettaja käyttää arvioinnin apuna myös oppilaan tuntemuksien havainnointia koko opetusjakson ajan:

”...pitkin matkaa kuitenkin pyrkiä siihen nimenomaan, että koettaa lypsää niitä tuntemuksia myös siltä oppilaalta ja se on yks mikä [...] antaa osviittaa myös siihen, että mihinkä suuntaan sitä numeroa lähetään rajatapauksissa sitten säätämään.”

Opettaja nostaa esiin myös arvioinnin vaikutukset oppilaiden motivaatioon. Hänen mukaansa valinnaisen oppimäärän yksi tarkoitus onkin innostaa oppilasta opiskeluun myös pakollisen oppimäärän opetuksessa. Välillä on hänen mukaansa käynyt niin, että erot arviointipohjissa valinnaisen ja pakollisen oppimäärän välillä ovat aiheuttaneet jopa 2 – 3 numeron eroja.

Opettaja ei kuitenkaan näe tätä ongelmana vaan korostaa, että ero kertoo, millainen potentiaali kyseisellä oppilaalla olisi opiskella. Hän myös kertoo, että joissakin tapauksissa

arvosanojen nouseminen valinnaisella kurssilla on innostanut opiskelemaan myös pakollisen oppimäärän opetuksessa siten, että arvosanat ovat nousseet myös siellä. Oppilaat ovat hänen mukaansa ”tulleet sinuiksi” oppiaineen kanssa ja motivoituneet valinnaisen kurssin opetuksessa.

”Kysymys ei oo siitä, että mä opettaisin kyseiselle henkilölle molemmat kurssit, vaan on toinen opettajakin tullut sanomaan, että tää on niinku syttyny nyt tää tyyppi [...] on saanu uutta intoa.”

Opettajan tekemät havainnot esittävät selkeästi valinnaisen oppimäärän opetuksen oppilaiden motivaatiota ja viihtymistä opetuksessa. Ei kuitenkaan voida suoraa linjata tämän johtuneen juuri jäsennellystä tutkivasta oppimisesta tai tutkivasta oppimisesta yleensä, sillä vaikutukset saattavat seurata myös muista tekijöistä, kuten vapaasta, omaehtoisesta työskentelystä tai kokeellisuuden lisääntymisestä opetuksessa. Toisaalta tutkiva oppiminen korostaa juuri näitä tekijöitä.

12. Yhteenveto

Tulokset jakaantuivat sovelletun tutkivan oppimisen menetelmän mukaan kahteen osaan: Oppilasaineisto A:n opetuksessa sovellettiin ohjattua ja avointa tutkivaa oppimista, kun taas Oppilasaineisto B:n opetuksessa käytettiin jäsennellyä tutkivaa oppimista. Lisäksi haastateltu opettaja, joka toimi osittain Oppilasaineisto B:n oppilaiden opettajana, käytti tätä menetelmää. Tästä syystä tutkimuksessa saatuja tuloksia tarkastellaan sekä tutkivan oppimisen vaikutuksina yleisellä tasolla että tarkemmin menetelmän eri tasojen vaikutuksina.

Opiskelun kannalta tutkiva oppiminen vaikuttaa parantavan oppilaiden viihtymistä opetuksessa. Tulos oli positiivinen kaikilla tutkituilla tutkivan oppimisen tasoilla. Myös opettajan haastattelu tukee havaintoa. Erityiseksi syyksi viihtyvyyden lisääntymiselle nousi esiin työskentelyyn liittyvä itse tekeminen. Motivaation osalta tutkivan oppimisen vaikutuksista yleisellä tasolla ei voida vetää yhtenäistä linjaa, mutta menetelmän eri tasoilla on selviä eroavaisuuksia: tutkimustulosten mukaan ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen

lisäävät oppilaiden motivaatiota. Oppilasaineisto B:n oppilaat puolestaan kertoivat jopa negatiivisista kokemuksista motivaation suhteen. Kuitenkin opettajan kokemuksen mukaan jäsenNELTY tutkiva oppiminen paransi oppilaiden motivaatiota, erimerkiksi arkikokemusten opetukseen liittämisen kautta.

Oppilaan oppimiseen liittyen tutkivan oppimisen soveltamisen positiiviset vaikutukset korostuivat erityisesti Oppilasaineisto A:n kohdalla sekä oppimisen että opitun ymmärtämisen kohdalla. Näin ollen voidaan sanoa ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen parantavan oppimista ja opitun ymmärtämistä (Chatterjee *et al.* 2009). Vaikka sekä opettaja että Oppilasaineisto B:n oppilaat tekivät varovaisia positiivisia huomioita jäsenNELLYN tutkivan oppimisen vaikutuksista oppimiseen ja opitun ymmärtämiseen, ei tämän tutkimuksen puitteissa kyetä suoraan sanomaan menetelmän kehittäneen niitä.

Oppilasaineisto B:n haastatteluista ei saatu tuloksia koskien ongelmanratkaisuun ja tiedon soveltamiseen liittyviä taitoja. Tästä syystä ei voida luotettavasti väittää jäsenNELLYN tutkivan oppimisen soveltamisen vaikuttaneen suuntaan tai toiseen. Haastateltu opettaja kuitenkin uskoi menetelmän kehittävän oppilaita näissä taidoissa. Myös ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen todettiin harjoittavan oppilaita näissä taidoissa.

Koko aineistoon pohjaten voidaan todeta, että tutkiva oppiminen koettiin haastavaksi. Kaikki haastatellut oppilaat kokivat alkuun pääsemisen haasteelliseksi. Toisaalta ajankäyttöön, opetuksessa tarvittavaan välineistöön ja opettajan ehtimiseen liittyviä haasteista koettiin vain ohjatussa ja avoimessa tutkivassa oppimisessa. Myös haastateltu opettaja kertoi välttäneensä tutkivan oppimisen ylempiä tasoja ajallisten ja välineistöön liittyvien rajojen vuoksi. Voidaan siis todeta, että ohjatussa ja avoimessa tutkivassa oppimisessa haasteita kohdataan määrällisesti enemmän kuin jäsenNELLYSSÄ tutkivassa oppimisessa.

Kirjallisuuteen pohjaten ratkaisuja eri haasteisiin löydettiin useita (Cheung 2007). Esimerkiksi ajankäyttöön liittyviin haasteisiin pystytään vastaamaan vähentämällä opetuksen tutkimuksellisuuden avoimuutta ja rajaamalla tehtävät tutkimukset ajallisesti lyhyemmiksi. Myös tiedonhankintaan liittyvä työnjako voi auttaa ajan säästämässä. Työnjako vähentää myös tarvittavan välineistön lukumäärää. Edelleen arviointikriteerien selvittäminen

oppilaille vähentää oppilailta tulevia epäolennaisia kysymyksiä, minkä ansiosta opettaja ehtii neuvoa useampia oppilaita.

Koska haastatteluista vain opettaja-aineisto koskettaa arviointia, otetaan tulosten käsittelyssä huomioon myös kirjallisuudesta hankittu tieto. Siten kokonaisuutena voidaan sanoa, että tutkivaa oppimista voidaan arvioida lähes samankaltaisin metodein kuin perinteisempääkin opetusta. Erona on arvioinnin eri osa-alueiden painottaminen. Tutkivaa oppimista arvioitaessa painopisteen tulisi olla enemmän oppilaan omassa kehityksessä ja ajattelussa. Tällöin kirjallisten kokeiden merkitys arvosanan kannalta vähenee.

Oppilaan kehittymiseen ja ajatusmaailmaan päästään käsiksi esimerkiksi arvioimalla oppilaan valmistamia tuotoksia, kuten muistiinpanoja ja työselostuksia, sekä havainnoimalla oppilaan työskentelyä koko opetusjakson ajan. Toisaalta myös kirjallisen kokeen tehtävät voidaan rakentaa tutkimuksellisuutta korostaen.

13. Pohdinta

Tutkivan oppimisen luonnetta ja ominaisuuksia on edellä käsitelty sekä kirjallisuuteen perehtyen että haastattelututkimuksen kautta. Tässä luvussa molemmista osista tehdyt havainnot ja päätelmät pyritään yhdistämään laajemmiksi kokonaisuuksiksi. Lopuksi selvitetään näiden kokonaisuuksien yleistettävyyttä ja sovellettavuutta osana kemian opetusta. Lisäksi arvioidaan tutkimuksen ja sen tulosten luotettavuutta sekä pohditaan jatkotutkimusaiheita.

13.1 Oppimisen ja opiskelun tukeminen kemian opetuksessa

Yhtenä tutkimuksen teemana oli tarkastella tutkivan oppimisen mahdollisuuksia kehittää oppilaan oppimista sekä tukea oppilaan opiskelua kemian opetuksessa. Oppimista tarkasteltiin erityisesti ymmärtämisen ja oppimistulosten sekä ongelmanratkaisuun ja tiedon

soveltamiseen liittyvien taitojen kannalta. Pohjaten osittain suomalaisten oppilaiden huonoon viihtymiseen koulussa (Haapasalo *et al.* 2012), oppilaan tukemisen kannalta keskeisiksi aiheiksi valittiin juuri viihtyminen kemian opetuksessa sekä oppilaan kokema motivaatio.

Yleisesti tutkivan oppimisen vaikutukset oppilaan oppimisen kannalta eivät ole yksiselitteiset. Kuten kirjallisuudestakin käy ilmi, suurin osa tutkimuksista kertoo menetelmän tuottaneen varovaisen positiivisia oppimistuloksia (Chase *et al.* 2013, Century *et al.* 2010). Myös tätä tutkimusta varten tehdyistä haastatteluista voidaan johtaa samankaltainen tulos. Positiiviset vaikutukset ovat selvemmät ohjattua ja avointa tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa. Jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutukset oppimistulosten paranemiseen jäivät heikommiksi.

Yleisellä tasolla tutkivan oppimisen voidaan sanoa parantavan opitun tiedon ymmärtämistä, vaikkakin tämän tutkielman osana tehty tutkimus jättää tulkinnanvaraa jäsennellyn tutkivan oppimisen vaikutuksista. Havaintoa tukee myös läpikäyty kirjallisuus (Atwood *et al.* 2010, Hofstein ja Kipnis 2006, Century *et al.* 2010, Sesen ja Tarhan 2013).

Tiedon ymmärtämisen kannalta haastatteluista saadut tulokset olivat positiivisia erityisesti ohjatussa ja avoimessa tutkivassa oppimisessa. Kuten oppilaan 2 haastattelusta käy ilmi, tutkiva oppiminen onnistui tuomaan esille sellaisiakin tiedonjyväsiä (esimerkiksi hapen osuus vetyrakettiprojektissa), jotka valmista laboratorio-ohjetta seurattaessa eivät välttämättä näkyisi. Tämä lisäsi oppilaan oppiman tiedon määrää, mutta lisätieto selitti myös opittavan aiheen taustalla olevaa ilmiötä.

Jos oppimisen tavoitteena on jokin tiukasti rajattu kokonaisuus, ei lisätiedolla ole välttämättä suurta arvoa. Kuitenkin, pitäen silmällä uudemman vuonna 2016 käyttöön otettavan perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden ilmiölähtöistä otetta, tutkivalla oppimisella saattaa olla paljonkin annettavaa (perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014). Kuten oppilaan 2 tapauksessa, tutkivan oppimisen soveltaminen voi auttaa kokonaisuuksien ja asiayhteyksien hahmottamisessa ja ymmärtämisessä. Tällöin tiedon soveltaminen uudessa tilanteessa tai jopa toisessa oppiaineessa helpottuu, mikä nimenomaan on keskeistä ilmiölähtöisyyteen pohjaavassa oppimisessa.

Erilliset tiedonjyväsät tulevat helpoimmin esille silloin, kun valmista työohjetta ei ole. Saman huomasi myös Backus (2005): poistettuaan opetuksestaan kaikki työohjeet, hänen oppilaansa törmäsivät useisiin taustatekijöihin, joiden vaikutus työohjetta kirjoitettaessa oli eliminoitu työnteon sujuvuuden lisäämiseksi. Tämä seikka osaltaan heikentää ennustetta tutkivan oppimisen alempien tasojen (vahvistaminen ja jäsenneily tutkiva oppiminen) mahdollisuuksista kehittää ymmärrystä, sillä näissä menetelmissä työohjeet ovat keskeisesti käytössä. Tehtyjen havaintojen perusteella vaikuttaisi siis siltä, että tutkivan oppimisen ylempät tasot (ohjattu ja avoin tutkiva oppiminen) auttavat paremmin oppilasta ymmärtämään oppimaansa.

Tutkivan oppimisen vaikutuksista ongelmanratkaisuun ja tiedon soveltamiseen liittyvien taitojen kehittämisessä ei voida luotettavasti vetää suoraa johtopäätöksiä, vaikkakin ohjatun ja avoimen tutkivan oppimisen todettiin harjoittavan oppilaita näissä taidoissa. Myöskään kirjallisuudessa ei anneta tyhjentävää vastausta menetelmän vaikutuksista.

Kummankin oppilasaineiston oppilaiden viihtyminen tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa rohkaisee käyttämään tutkivaa oppimista yleisellä tasolla. Havaintoa tukee myös tutkittu kirjallisuus (Hofstein *et al.* 2001, Hofstein ja Lunetta (2004), Sesen ja Tarhan 2013, Li ja Yang 2009). Toisaalta kuten kirjallisuudessa tuli esille, koettu viihtyminen voi olla seurausta myös muista tekijöistä, kuten sosiaalisesta kanssakäymisestä. Tutkivaa oppimista ei siis voida erikseen nostaa viihtyvyyttä lisääväksi metodiksi, mutta toisaalta sen käyttäminen luo viihtyisiä tilanteita.

Haastattelujen pohjalta vaikuttasi siltä, että motivaation kehittämisessä tutkivan oppimisen tasoilla on eroja: ylempät tasot tuottivat sekä ulkoista että sisäistä motivaatiota, kun taas jäsenneilyn tutkivan oppimisen näytöt tässä suhteessa eivät olleet yhtä vakuuttavia. Kokonaisuutena tarkasteltaessa erityisesti tutkivalle oppimiselle ominainen omaehtoinen tekeminen kasvattaa oppilaiden motivaatiota.

Huomionarvoista on myös se, että ohjatussa ja avoimessa tutkivassa oppimisessa työssä epäonnistumisen pelko poistui. Kun valmista ohjetta tai vastausta ei ole, myöskään epäonnistuminen ei ole mahdollista. Toisaalta jäsenneilyyn tutkivaan oppimiseen liittyy

keskeisenä juuri tiettyyn tulokseen tähtäävä työohje, on onnistumisen ja epäonnistumisen arviointi keskeistä.

Haastatteluissa havaitut negatiiviset motivaatiovaikutukset jäsennellyssä tutkivassa oppimisessa saavat pohtimaan menetelmän rakenteen toimivuutta. Kuten kirjallisuutta tutkiessa todettiin, suora hyppäys liian korkealle tutkivan oppimisen tasolle voi olla oppilaille turhauttavaa (Bell *et. al* 2005). Kun jäsennellyssä tutkivassa oppimisessa työohje loppuu, oppilaiden tulee pohtia saamiaan tuloksia avoimesti. Siten menetelmä sisältää itsessään useamman, toisistaan hyvin paljon poikkeavan tason, joiden vaihtaminen kesken kaiken voi aiheuttaa motivaation romahtamisen.

Onko tutkivaa oppimista siis perusteltua käyttää kemian opetuksessa? Vaikuttaisi siltä, että tutkiva oppiminen sopii opetusmenetelmänä hyvin muiden menetelmien joukkoon. Potentiaali näkyy erityisesti tiedon ymmärtämisessä ja opetuksen viihtyvyyden lisäämisessä. Vaikka tutkittuja vaikutuksia havaittiin osittain kaikilla tutkivan oppimisen tasoilla, tietty tasoja erottava johdonmukaisuus on näkyvissä: tutkivan oppimisen ylemmät tasot tarjoavat enemmän positiivisia vaikutuksia ja mahdollisuuksia kuin alemmat tasot.

Kuten sanottu, kemian opetuksessa on varmasti perustelua käyttää useita erilaisia opetusmenetelmiä. Kaikkiaan monipuolinen opetus lisää paitsi opetuksen vaihtelevuuden kautta viihtyvyyttä, myös mahdollistaa useita erilaisia tapoja oppia, mikä tukee laajempaa määrää oppilaita. Vaikka kaikkien kemian oppiainheiden todettiin soveltuvan tavalla tai toisella, Rickey *et al.* (2000) puhuu oppilaskeskeisen ja opettajajohtoisen opetuksen oikean suhteen löytämisestä.

13.2 Tutkivan oppimisen vieminen käytäntöön kemian opetuksessa

Toisena tutkimuksen keskeisenä teemana oli tulla tutuksi menetelmän kanssa, jotta sen käytännön soveltaminen kemian opetuksessa helpottuisi. Tähän teemaan liittyi olennaisesti menetelmään tutustuminen sekä teoriana että käytännöllisemmin perehtymällä kuvauksiin

tutkivan oppimisen soveltamisesta kemian opetuksessa. Lisäksi lähestyttiin menetelmän soveltamiseen liittyviä keskeisiä ongelmia.

Useissa tutkivaa oppimista käsittelevissä tutkimuksissa (Andersson 2002, Backus 2005, Cheung 2007, 2011, Deters 2005, Hofstein 2004, Hofstein *et al.* 2005, van der Schee *et al.* 2010, Salo 2014) nostettiin esiin tutkivan oppimisen käytännön soveltamisen haastavuus. Lisäksi myös arvioinnin toteuttaminen tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa koettiin haastavaksi (Hofstein 2004). Näiden havaintojen pohjalta teemaan liittyen tutkimuskysymyksiksi valikoituivat juuri tutkivan oppimisen haasteet ja niihin vastaaminen sekä arviointi menetelmää käytettäessä.

Kuten aiemmissa tutkimuksissakin, myös tämän tutkimuksen puitteissa löydettiin useita haasteita. Tällaisia olivat esimerkiksi ajankäyttöön liittyvät seikat sekä opetukseen varatun ajan puitteissa että siinä, kuinka paljon opettaja ehtii oppilaitaan neuvoa. Myös tarvittavien välineiden määrä sekä työturvallisuus nousivat esiin. Kirjallisuudesta löydettiin näihin haasteisiin vastaavia keinoja, jotka vaikuttivat kokeilemisen arvoisilta, vaikkakin käytännön toimivuuden todentaminen jokaisessa tilanteessa lienee mahdotonta.

Tutkivan oppimisen soveltamisen haastavuuteen liittyen konkreettisempi tulos kuitenkin oli, että ohjattua ja avointa tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa haasteita kohdattiin määrällisesti vähemmän kuin jäsenneltyä tutkivaa oppimista käyttävässä opetuksessa. Havainto antaa viitteitä siitä, että osa tutkivaan oppimiseen liittyvistä haasteista kehittyi vasta menetelmän ylemmillä tasoilla (Cheung 2007).

Kuten Oppilasaineisto B:n kohdalla, opetuksessa sovellettu jäsenneltyä tutkiva oppiminen on opetusmenetelmänä enemmän opettajan hallinnassa. Siten se on helpommin suunniteltavissa ajan ja tarvittavien materiaalien puitteissa, toisin kuin esimerkiksi ohjattu tai avoin tutkiva oppiminen. Myöskään ennalta arvaamattomia työturvallisuusriskejä ei synny seurattaessa valmista työohjetta.

Mikäli päätelmä pitää paikkansa, on sillä suuri merkitys tutkivan oppimisen viemisessä käytäntöön. Kuten Bell *et al.* (2005) esittävät, tutkivaan oppimiseen tottumattomalle oppilasryhmälle menetelmää sovelletaan lähtien juuri alemmilla tasoilla, joilla päätelmän

mukaan kohdataan vähemmän haasteita. Opettajien ei siis välttämättä tarvitse huolestua kaikista tutkivan oppimisen soveltamiseen liittyvistä haasteista suunnitellessaan menetelmän käyttöönottoa. Tutkivan oppimisen toteuttaminen on haasteiden puolesta helpompaa aluksi myös opettajalle.

Toisaalta tutkivan oppimisen alemmat tasot eivät välttämättä tuota kaikkia niistä hyödyistä, joilla tutkivan oppimisen menetelmän käyttämistä perustellaan. Kuten edellä kävi ilmi, esimerkiksi oppimisesta, opitun ymmärtämisestä ja ehkä tärkeimpänä oppilaan kokemasta motivaatiosta saatiin positiivisemmat tulokset ohjatussa ja avoimessa tutkivassa opetuksessa.

Jotta tutkivasta oppimisesta olisi todellista hyötyä, täytyy siis kehityksen suunnan aina olla kohti avoimempaa toteutusta. Vaikka alemmat tasot ovat helpompia niin oppilaalle kuin opettajalle, kehitystä eteenpäin ei saisi pysäyttää. Toisaalta menetelmää kokeillessaan opettajan ei tulisi odottaa tutkimuksissa luvattuja tuloksia heti. Laboratoriotakkia ei kannata riisua ennen ylempien tasojen saavuttamista.

On kuitenkin palautettava mieleen käytäntö. Erityisesti nykyään opettajan työhön kuuluu paljon opetuksen ulkopuolisia asioita, jotka käytännössä vievät aikaa opetukselta. Tämä kävi ilmi myös opettajan haastattelussa. Aikaa tutkimuksellisuuteen ei ehkä ole niin paljon kuin olisi tarpeen kaikkien tutkivan oppimisen positiivisten vaikutusten saamiseksi.

Toinen käytännön soveltamista vaikeuttava tekijä on oppilaiden erilaisuus. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi osaamiseen ja itseluottamukseen liittyviä tasoeroja tai erilaisia oppimistyyylejä, mutta myös inklusiivisen ajattelumallin yleisopetukseen mukaan tuomia erityisoppilaita. Olivatpa oppilaiden väliset erot minkälaisia tahansa, vaatii tutkivan oppimisen soveltaminen jokaiselle oppilaalle sopivalla tasolla voimakasta eriyttämistä. Opetuksen erityttäminen puolestaan lisää opetuksen toteutukseen ja erityisesti suunnitteluun käytetyn ajan määrää, mikä nimenomaan koettiin haastavaksi ja soveltamista rajoittavaksi tekijäksi.

Vaikka siis ratkaisumalleja on kehitelty, ei päästä mihinkään siitä, että tutkivan oppimisen soveltaminen opetuksessa vaikuttaa haastavalta. Suomalaisen koulun suunta on kuitenkin jo viitoitettu. Kuten opetussuunnitelman perusteita käsiteltäessä havaittiin, opetuksen

kehittämisen suunta on voimakkaasti kohti tutkimuksellisuutta. Tämä on havaittavissa paitsi yleisellä tasolla, myös kemian kohdalla asetetuissa arviointikriteereissä.

Kaikeksi onneksi, vaikka arviointikriteerit ovat muuttuneet, arvioinnin osalta tutkivan oppimisen soveltaminen vaikuttaa kuitenkin melko suoraviivaiselta. Kuten sekä kirjallisuudessa että opettajan haastattelusta kävi ilmi, jo olemassa olevia arviointimenetelmiä ei tarvitse muuttaa.

Koska tutkivaa oppimista sovellettaessa oppilaan oppiminen ja kehittyminen on enemmän prosessimaista, on arvioinnin keskityttävä tutkimaan enemmän oppilaan omaa ajattelua kuin varsinaisia oppimistuloksia. Tähän päästään tekemällä oppilaan jatkuvaa seurantaan sekä arvioimalla oppilaan ajattelua kuvaavia tuotoksia, kuten muistiinpanoja tai työselostuksia. Kirjallisuutta tarkastellessa kävi ilmi, että näiden arvioimiseksi on olemassa menetelmiä ja niitä on jo käytettykin osana perinteisemmän opetuksen arviointia. Kyse onkin enemmän näiden arviointitapojen painottamisesta esimerkiksi kurssiarvosanaa määrittäessä.

Saadaanko siis tutkivaa oppimista käyttämällä oppilas kehittymään paremmaksi, motivoituneeksi ja opetuksessa viihtyväksi oppijaksi? Saadaanko vuonna 2016 käyttöön tulevan uuden opetussuunnitelman tuomiin haasteisiin vastattua? Mahdollisesti. Kuten hitsausliekin sytyttämisessäkin, kaikki riippuu oikeasta sekoitussuhteesta: perinteisten ja tutkivien opetusmenetelmien suhteesta, opettajan ja oppilaan vastuunjaosta, tulospaineiden ja oppimisen ilon kokemisesta, koulun, sekä oppilaiden ja opettajien henkisistä resursseista. Toisaalta myös tutkivaa oppimista itseään voi lähestyä tutkimuksellisesti kokeilemisen kautta. On vain luotettava kykyyn soveltaa jo olemassa olevaa tietoa ja sopeutua vastaan tuleviin tilanteisiin.

13.3 Kritiikki ja luotettavuus

Tarkasteltaessa tutkimuksen luotettavuutta ensimmäisenä esiin nousee aineiston pieni koko. Vaikka kyseessä on laadullinen tapaustutkimus, jossa aineisto on usein rajallinen, on tämä tekijä nostettava esiin, sillä tutkimuksessa vertailtiin eri tutkivan oppimisen tasoja, jolloin

aineisto jakaantuu entisestään (Eskola & Suoranta 1998). On myös olennaista kysyä, onko tutkimuksessa käytetty aineisto sopiva eri tasojen vertailua varten. Vertailtuja tasoja ei käytetty samoille oppilaille, jolloin oppilaat pystyivät kertomaan kokemuksiaan pohjaten vain yhdenlaiseen kokemukseen. Myös eri koulukulttuurit pääsevät vaikuttamaan tutkimukseen johtuen käytettyjen tasojen jakautumisesta koulujen välille.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentävät myös yksittäiset tekijät: molemmille oppilasaineistoille käytettiin samaa haastattelurunkoa, vaikka se soveltui paremmin tutkimaan ylempien tasojen tutkivaa oppimista. Tämä näkyi osittain myös Oppilasaineisto B:n aineiston laadussa. Lisäksi Oppilasaineisto A:n heidän opettajansa oli valinnut sellaisia oppilaita, joilla oli eniten sanottavaa tutkivasta oppimisesta. Oppilasaineisto B puolestaan oli valittu satunnaisesti, vaikkakin kaikki haastatellut oppilaat olivat valinneet myös valinnaisen kemian oppimäärän. On siis mahdollista, että tutkivan oppimisen ylempien tasojen tulokset ovat vääristyneet todellisuutta positiivisemmiksi.

Tuloksiin saattoi vaikuttaa myös se, että Oppilasaineisto A:n oppilailla kemian kurssista oli kulunut jo jonkin verran aikaa. Siten he vastasivat haastattelun kysymyksiin enemmän muistinsa varassa, kuin Oppilasaineisto B:n oppilaat, joiden kemian kurssi oli parhaillaan kesken.

Haastatteluihin oli voitu valmistautua ennalta paremmin. Tutkijalla ei ollut käytössään juurikaan taustatietoa haastattelussa mukana olleista kouluista, oppilaista tai opettajista, valmistellessaan haastattelurunkoa. Taustatiedon selvittäminen erillisellä esitutkimuksella, esimerkiksi kummankin oppilasaineiston opettajat haastattelemalla, olisi mahdollistanut paremman varautumisen ja edelleen voinut rikastaa oppilashaastatteluista saatuja tuloksia.

13.4 Yleistettävyys ja sovellettavuus

Tutkimuksen tulokset pohjautuvat melko pienikokoiseen ja yksittäiseltä alueelta (Keski-Suomi) koottuun aineistoon, joten niiden yleistäminen on tehtävä varoen. Toisaalta osa

tuloksista on linjassa kansainvälisten tutkimusten kanssa, joten näiden tulosten voidaan katsoa kuvaavan todellisuutta myös muualla.

Tutkielma antaa hyvän yleiskatsauksen tutkivan oppimisen luonteesta ja sen käytännön soveltamisesta. Lisäksi selvitettyt keinot menetelmän soveltamiseen liittyviin haasteisiin vastaamiseksi ovat kokeilemisen arvoisia. Tarkastellut arviointimetodit ovat myös käyttökelpoisia ja sopivat edellä kuvatulla painotuksella työkaluksi arviointia tehdessä myös tutkivaa oppimista soveltavassa opetuksessa.

Kaikkiaan tutkielma tarjoaa nopean perehdytyksen tutkivan oppimisen käyttöön kemian opetuksessa. Se myös tuo esille menetelmän mahdollisuudet ja sudenkuopat. Siten sillä voi olla merkitystä menetelmään uutena tutustuvalla opettajalle.

13.5 Jatkotutkimusaiheita

Johtuen osittain opetuksen kehittämisen viimeaikaisesta suunnanmuutoksesta kohti tutkimuksellisempaa opetusta vaatii tutkiva oppiminen kokonaisuutena paljon lisätutkimusta. Suuri osa tähän mennessä tehdyistä tutkimuksista on keskittynyt menetelmän vaikutuksiin ja päätynyt argumentoimaan siitä, tulisiko tutkivaa oppimista käyttää opetuksessa vai ei. Kuitenkin, nyt kun linjaus suomalaisen koulun puolesta päätetty, tulisi jatkotutkimusten ainakin Suomessa keskittyä enemmän siihen, kuinka menetelmää onnistuneesti sovelletaan käytännössä.

Tähän liittyen tutkimusta tarvittaisiin esimerkiksi tutkivan oppimisen sovittamisesta muiden menetelmien joukkoon. Edelleen tutkimustietoa tarvittaisiin siitä, kuinka menetelmää voitaisiin soveltaa pienimuotoisesti, sillä yleinen kuva tutkivan oppimisen soveltamisesta muodostuu helposti suurempien projektien kautta, jolloin menetelmä saa vaikeasti lähestyttävän kuvan.

Uuden opetussuunnitelman perusteiden käyttöönoton myötä voidaan opetuksessa koettujen haasteiden ja vaikeuksien määrän odottaa kasvavan merkittävästi lyhyellä aikavälillä. Siksi

myös menetelmän soveltamiseen liittyvistä haasteiden ratkaisemisesta tarvitaan paljon lisätietoa. Lisäksi, kuten tämän tutkimuksen tulokset antavat ymmärtää, on menetelmää helpompi käyttää sen alemmilla tasoilla. Tutkimusta tarvittaisiin siitä, miten haluttuja positiivisia vaikutuksia voitaisiin saada opetuksen avoimuutta (ja haasteellisuutta) lisäämättä. Lähtökohtana tällaiselle tutkimukselle voisi olla tarkempi selvitys siitä, mitä haasteita kohdataan milläkin tasolla ja miksi.

Olennaista olisi myös tutkia, miksi positiiviset vaikutukset oppimiseen ja motivaatioon lisääntyvät juuri tutkivan oppimisen ylemmillä tasoilla. Tällä hetkellä tulokset menetelmän positiivisista vaikutuksista pohjautuvat paljolti tapaustutkimuksille, jolloin ne eivät juuri kuvaa oppilaan kehittymistä oppijana. Pidempiaikainen seurantatutkimus oppilaista, jotka aloittaisivat tutkivan oppimisen alimmalta tasolta ja etenisivät aina ylimmälle saakka, voisi avata tätä aihetta tarkemmin.

14. Kirjallisuus

R.D. Anderson, Reforming science teaching: what research says about inquiry, *Journal of Science Teacher Education*, 2002, 13 (1), 1-12.

G. Anquandah, M. Baloga, P. Cohen, C. Giannoulis, T. Marcinkowski & K. Winkelmann, Improving students' inquiry skills and self-efficacy through research-inspired modules in the general chemistry laboratory, *Journal of Chemical Education*, 2015, 92 (2), 247-255.

M. Aksela, *Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Approach*, väitöskirja, kemian laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki, 2005.

R.K. Atwood, J.E. Christopher, M. Sackes & K.C. Trundle, The effect of guided inquiry-based instruction on middle school students' understanding of lunar concepts, *Research in Science Education*, 2010, 40, 451-478.

L. Backus, A year without procedures, *The Science Teacher*, 2005, 72 (7), 54-58.

J.E. Barker, L. Michaelson, Y. Munakata, L.S. Provan, A.D. Semenov & H.R. Snyder, Less-structured time in children's daily lives predicts self-directed executive functioning, *Frontiers in Psychology*, 2014, 5, 1-16.

R.L. Bell, I. Binns & L. Smetana, Simplifying inquiry instruction, *The Science Teacher*, 2005, October, 30-33.

J. Century, A.J. Levy & D.D. Minner, Inquiry-based science instruction –what is it and what does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002, *Journal of Research in Science Teaching*, 2010, 47 (4), 474-496.

A. Chase, D. Pakhira & M. Stains, Implementing process-oriented, guided-inquiry learning for the first time: adaptations and short-term impacts on students' attitude and performance, *Journal of Chemical Education*, 2013, 90, 409-416.

S. Chatterjee, K. McCann, M.L. Peck & V.M. Williamson, Surveying students' attitudes and perceptions toward guided-inquiry and open-inquiry laboratories, *Journal of Chemical Education*, 2009, 86 (12), 1427-1432.

D. Cheung, Teachers beliefs about implementing guided-inquiry laboratory experiments for secondary school chemistry, *Journal of Chemical Education*, 2011, 88, 1462-1468.

D. Cheung, Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2007, 6, 107-130.

D. Cheung, *Inquiry-Based laboratory in Chemistry: Teacher's guide*, Department of Curriculum and Instruction, The Chinese University of Hong Kong, Potential Technology and Internet, 2006.

M. Cooper, S. Sandi-Urena & R. Stevens, Effect of cooperative problem-Based lab instruction on metacognition and problem-solving skills, *Journal of Chemical Education*, 2012, 89, 700-706.

- E.L. Deci & R.M. Ryan, Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions, *Contemporary Educational Psychology*, 2000, 25, 54-67.
- K.M. Deters, Student opinions regarding inquiry-based labs, *Journal of Chemical Education*, 2005, 82 (8), 1178-1180.
- M. Ehmer, T. Grimm, M. Hammann & T.T.H. Phan, Assessing pupils' skills in experimentation, *Journal of Biological Education*, 2008, 42 (2), 66-72.
- C.J. Eick & M. Pickens, Studying motivational strategies used by two teachers in differently tracked science courses, *The Journal of Educational Research*, 2009, 102 (5), 349-362.
- J. Eskola & J. Suoranta, *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*, 7. painos, Vastapaino, Jyväskylä, 1998.
- M. Emden & E. Sumfleth, Assessing students' experimentation processes in guided inquiry, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2016, 14 (1), 29-54.
- B.J. Fraser & S.J. Wolf, Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities, *Research in Science Education*, 2008, 38, 321-341.
- I. Haapasalo, L. Kannas, K. Kämppi, K. Ojala, J. Tynjälä, J. Villberg & R. Välimaa, *Koulukokemusten kansainvälistä vertailua 2010 sekä muutokset Suomessa ja Pohjoismaissa 1994-2010 –WHO-koululaistutkimus (HBSC-Study)*, Koulutuksen seurantaraportit 2012:8, Juvenes Print – Tampereen yliopistopaino, Tampere 2012.
- K. Hakkarainen, L. Lipponen & K. Lonka, *Tutkiva oppiminen: järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*, 6. uudistettu painos, WSOY, Helsinki, 2004.
- C.E. Hmelo-Silver, Problem-based learning: what and how do students learn?, *Educational Psychology Review*, 2004, 16 (3), 235-266.

A. Hofstein & M. Kipnis, The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2008, 6, 601-627.

A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, O. Navon & M. Kipnis, Developing Students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories, *Journal of Research in Science Teaching*, 2005, 42 (7), 791-806.

A. Hofstein, The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research, *Chemistry Education: Research and Practice*, 2004, 5 (3), 247-264.

A. Hofstein & V.N. Lunetta, The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century, *Science Education*, 2004, 88 (1), 28-54.

A. Hofstein, T.L. Nahum & R. Shore, Assessment of the learning environment of inquiry-type laboratories, in high school chemistry, *Learning Environments Research*, 2001, 4, 197-207.

M.G. Jones & T.R. Tretter, Relationships between inquiry-based teaching and physical science standardized test scores, *School Science and Mathematics*, 2003, 103 (7), 345-350.

C. Li & S. Yang, Using student-developed, inquiry-based experiments to investigate the contributions of Ca and Mg to water hardness, *Journal of Chemical Education*, 2009, 86 (4), 506-513.

E.A. Linnenbrink & P.R. Pintrich, Motivation as an enabler for academic success, *School Psychology Review*, 2002, 31 (3), 313-327.

Lukiolaki, 17§ 30.12.2008/1116, ks. Suomen sähköinen säädöskokoelma,
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980629?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=lukiolaki>. Haettu 16.2.2016.

R. Mylläri, *Yhdessä melkein oikeaan suuntaan, vaikka vähän väärää reittiä pitkin – Opetuksen eheyttäminen peruskoulun vuosiluokilla 7-9*, Pro gradu -tutkielma, kasvatustieteiden yksikkö, Tampereen yliopisto, Tampere, 2015.

Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*, Määräykset ja ohjeet 2014:96, Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino, Tampere, 2015

Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*, Määräykset 1/011/2004, 2/011/2004 ja 3/011/2004, Vammalan Kirjapaino, Vammala, 2004.

Opetushallitus, *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*, Määräys 33/011/2003, Vammalan Kirjapaino, Vammala, 2003.

D. Rickey & A.M. Stacy, The role of metacognition in learning chemistry, *Journal of Chemical Education*, 2000, 77 (7), 915-920.

A. Salo, *Kemian lukio-opetus lähtökohtana ainerealin ja lukion päättötodistuksen arvosanoille*, Pro gradu -tutkielma, kemian laitos, Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, 2013.

S. Salo, *Tutkiva oppiminen opettajan näkökulmasta*, kandidaatintutkielma, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, 2014.

B.A. Sesen & L. Tarhan, Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: high school students' achievements and attitudes, *Research in Science Education*, 2013, 43, 413-435.

D.W. Smithenry, Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework, *International Journal of Science Education*, 2010, 32 (13), 1689-1714.

V. Talanquer & H. Xu, Effect of the level of inquiry on student interactions in chemistry laboratories, *Journal of Chemical Education*, 2013 a, 90, 23-36.

V. Talanquer & H. Xu, Effect of the level of inquiry of lab experiments on general chemistry students' written reflections, *Journal of Chemical Education*, 2013 b, 90, 21-28.

G. Tikkanen, *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*, väitöskirja, kemian laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki, 2010.

J. van der Schee, L. van Rens & A. Pilot, A framework for teaching scientific inquiry in upper secondary school chemistry, *Journal of Research in Science Teaching*, 2010, 47 (7), 788-806.

Ylioppilastutkintolautakunta, *Kemian koe*, 25.9.2015.

Esimerkki Cheungin (2007) arviointilomakkeesta

Assessment Criteria for Planning the Calcium Carbonate Investigation

Names of Students:

Date:

Criteria	Marks Possible	Assessment	
		Self	Teacher
1. The two methods are clear enough to be followed by other students.	_____	_____	_____
2. Labelled drawings are used to help present the methods.	_____	_____	_____
3. Calculations of the percent of CaCO ₃ are correct.	_____	_____	_____
4. Justification for the better method is convincing.	_____	_____	_____
5. Suitable choice of chemicals and apparatus.	_____	_____	_____
6. Chemicals and apparatus are easily available.	_____	_____	_____
7. Measurement errors are minimized by appropriate procedures or apparatus	_____	_____	_____
8. Specific hazardous chemicals are identified	_____	_____	_____
9. Steps are included to reduce risks.	_____	_____	_____
10. No invalid assumptions are made.	_____	_____	_____
11. Reagents that need accurate measurement are identified.	_____	_____	_____
12. Lab trials are stated.	_____	_____	_____
13. Repeats are stated.	_____	_____	_____
14. Controls on variables are clearly stated.	_____	_____	_____
15. Chemistry vocabulary is used correctly.	_____	_____	_____

TOTAL:

Haastattelurunko oppilas

Brief: esittele itsesi, mitä olet tekemässä

Teen tutkimusta liittyen graduuni Jyväskylän yliopistolla. Se liittyy kemian opetukseen ja oikeestaan kokeellisuuteen, siis labroihiin mitä tehdään. Sun tietoja ei mainita missään tilanteessa.

(Avoin: Teillä oli jokin aika sitten jokin työ erotusmenetelmistä? Kerro millanen se oli?)

Brief: kuvaile tutkiva oppiminen

valitaan joku tehtävä tai ilmiö. Joko oppilaat tai ope valitsee. Sit oppilaat lähtee tekemään vaikka ryhmissä, mut ilman työohjetta tai et ope sanois suoraan mitä tehdään. Ope neuvoo kyllä, mut oppilaat päättää ja keksii miten lähdetään tekemään.

[heitä esimerkki jos ei oppilas ei hiffaa mistä kyse, muuten välttä! Esim. jos mä haluan tutkia vaikka tutkia et miten paljon vaikka yks tuikku luovuttaa lämpöenergiaa kun se palaa. Ensin mä haen tietoa tuikuista ja steariinista vai mitä se on ja vaikka siitä miten lämpöä mitataan. Sit mä keksin et mä lämmitän sillä tuikulla vaikka vettä ja mittaan veden lämpötilan muutosta ja saan jotain tuloksia. Niillä tuloksilla mä voin sit vaikka laskea kuinka paljon vesi lämpeni ja mitä se tarkoittaa lämpöenergiana.]

Suora: onko teillä ollut tällaista tai sen tyyppistä?

Avoin: kerro vähän niistä?

Avoin: miten sä koet tällaisen työskentelyn?

Jatko: miksi?

Suora: mistä ne teidän tutkimustehtävät keksitään? Tuleeko kirjasta vai...

Suora: pääsettekö te vaikuttamaan siihen mitä tutkitaan?

Suora: tuntuuko et kun teette tällasta itsenäistä työtä, niin saatte tehdä sitä vapaasti, vai onko jotain rajoitteita?

Suora: miten teidän luokka sopii siihen?, onko aikaa riittävästi? MIstä tieto tulee mitä tarvitaan

Avoin: millä tavalla tekeminen on erilaista, kun valmista ohjetta ei olekaan? siis verrattuna tavallisiin töihin jossa ohje on

Suora: miltä työtapa tuntuu, onko siinä järkeä?

Suora: Tykäätkö sää tällasesta itsenäisemmästä työskentelystä?

Suora: miksi?

Suora: miten se vaikuttaa siihen jaksako keskittyä? (kiinnostus, motivaatio)

Suora: onkse kivaa tehdä sillain vai...?

Suora: oisko kiva jos tällasta ois enemmän vai vähemmän. miksi?

Suora: miten tällaisen menetelmän soveltaminen vaikuttaa sun mielestä siihen, millaseksi oppiaineeksi kemia koetaan. Millaisen kuvan se antaa kemiasta tai sen opiskelusta. (asenne)

Avoin: miten tällainen työtapa vaikuttaa sun oppimiseen?

Suora: sopiiko sellanen oppimistyyli sulle, olisiko joku muu tapa parempi?

Suora: ootko ymmärtänyt jotkut asiat paremmin vai onko jäänyt pimentoon?
(ymmärtäminen)

Jatko: minkä esimerkiksi

Suora: Tällasessa työskentelyssä joutuu aika paljon pohtimaan et mitä tehdä seuraavaksi. Ootko huomannu et sellanen pätkäily olis helpottunu kun sitä on harjoteltu.
(metakognitio)

Jatko: muuallakin kuin kemiassa?

Suora: ootko huomannu et sun olis helpompi käyttää tällä tavoin opittuja asioita muissa tilanteissa? (soveltaminen)

Jatko: mikä tilanne esimerkiksi?

Suora: onko sun mielestä sellaiset labrat opettanu ajattelee tai pääättelee asioita selkeemmin tai jotain? (ongelmanratkaisu)

Jatko: millasessa tilanteessa sä oot huomannu sen?

Suora: ootko kokenu jotain ahaa-elämyksiä tällasissa labroissa?

Avoin: koetko et sulle on ollu jotenkin muuten hyötyä siitä et tällaista tehdään kemiassa?

Jatko: esim. muissa aineissa?

Suora: onko muissa aineissa ollut tällaista?

Suora: onko teillä ollut sellaista tutkimusta et siinä tarvis tietoa tai tehdä sitä tutkimusta myös jossain toisessa tai vaikka useammassa aineessa?

Avoin: Onko jotain mieleen tullutta, mitä haluaisit sanoa tai kysyä multa puolestaan?

Haastattelurunko opettaja

Teemahaastattelu

Varmista että saat kaikista seuraavat tiedot: joo/ei, miksi, miten, käytännön esim. Aloita teema aina avoimesti: anna sen puhua, ennen kuin menet alakohtiin!!

Pohjustus

- tutkimuksen tarkoitus ja luottamuksellisuus
- Muutama taustatieto
 - kuinka kauan olet opettanut ja millä tasolla?
 - opetettavat aineet ja pätevyydet, koulutukset, omaa tutkimusta?
- aihe
 - Tutkivan oppimisen vaikutukset oppilaan opiskeluun ja oppimiseen kemiassa sekä kuinka tutkivaa oppimista soveltavaa opetusta tulisi arvioida
 - Määrittele tutkiva oppiminen: *tutkivalla oppimisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista menetelmää, jossa oppilaat lähestyvät opittavaa aihetta tutkijan tavoin. Eli ensimmäiseksi jäsennellään se mitä oikeastaan tutkitaan (tutkimuskysymykset) ja sitten pohditaan miten vastauksia voitaisiin saada (prosessin suunnittelu). Tutkimus toteutetaan ja havaintoja tarkastellaan kriittisesti. Luotettavista havainnoista muodostetaan päätelmiä (vastataan tutkimuskysymyksiin). Vastaukset myös perustellaan ja kehitysideoita tutkimukseen mietitään.*

Olennaista on siis se, että opettaja toimii vain ohjaajan roolissa ja auttaa oppilaita vain tarpeen mukaan, eikä anna vastauksia valmiina.

- Avoin teema: Miten toteutat tutkivaa oppimista
 - Millaisissa tilanteissa
 - Onko tutkiva oppiminen aina kokeellista
 - Kuinka paljon
 - Mistä aiheet tulevat
 - Miten ohjeistat työhön
 - Onko jotain tiettyä oppimateriaalia
 - Tuleeko oppilailta ideoita
- Teema 1: Millaisia vaikutuksia tutkivalla oppimisella on oppilaan työskentelyyn tai opiskeluun?
 - Oppilaan motivaatio
 - Oppilaan viihtyminen
 - miten viihtymisen huomaa, mistä tietää että oppilaat viihtyvät

- Oppilaan asenne
 - *ennakkoluulot kemiaa kohtaan, käsitykset aineen haastavuudesta ja tärkeydestä*
 - aktivoituvatko oppilaat/rohkaistuvatko esittämään omia ideoitaan

- Teema 2: Millaisia on oppilaan ja opettajan roolit tutkivassa oppimisessa?
 - *miten opettaja oppilas suhde muuttuu tai millainen se on*

- Teema 3: Miten arviointi suhtautuu tutkivaan oppimiseen?
 - Arviointimenetelmiä
 - Arviointi osana muunlaista opetusta
 - *miten sovitat arvioinnin yhteen esimerkiksi perinteisemmän ja tutkivan opettamisen menetelmien kanssa*
 - Kynnysarviointi mielipiteitä
 - *arviointi sellaisessa tilanteessa jossa arvioinnin tulisi olla varetaitavissa muiden kanssa*
 - Arviointi ja uusi OPS

- Teema 4: Millaisia vaikutuksia tutkivalla oppimisella on oppilaan oppimiseen
 - Metakognitiivisten kykyjen kehittyminen (mistä huomaa?!)
 - Opitun ymmärtäminen (mistä huomaa?!)
 - *kokonaisuuksien hahmottaminen*
 - Ongelmanratkaisukykyjen kehittyminen (mistä huomaa?!)
 - *siirtykö hyväksi todettu metodi toiseen tilanteeseen*
 - Opitun soveltaminen (mistä huomaa?!)
 - *miten oppilas osaa soveltaa jo oppimaansa uudessa tilanteessa (voi koskea faktoja tai toimintatapoja)*
 - Sosiaalisten taitojen kehittyminen (miten näkyy?!)

- Jotain mitä haluat sanoa, kysy

