

Sonja Plomp

DIDAKTISIA OPINTOJA TAMPEREEN YLIOPISTON KEMIAN OPETUKSEEN - KEHITTÄMISTUTKIMUS

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö

Marraskuu 2019

Tarkastajat: yliopistonlehtori Riikka Lahtinen ja dosentti Terttu Hukka

TIIVISTELMÄ

Sonja Plomp: Didaktisia opintoja Tampereen yliopiston kemian opetukseen -
kehittämistutkimus

Diplomityö

Tampereen yliopisto

Matemaattisten aineiden DI-opettajankoulutus

Marraskuu 2019

Suomalainen yhteiskunta tarvitsee luonnontieteiden osaajia tulevaisuudessa yhä enemmän. Kemian aineenopettajien koulutusta järjestetään Suomessa kuudessa eri yliopistossa, ja niiden tavoitteena on tuottaa mahdollisimman osaavia kemian opettajia. Tässä tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää, millaiset kemian didaktiset opinnot sopisivat teemoiltaan ja toteutukseltaan osaksi Tampereen yliopiston kemian aineopintoja. Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka empiirisen ongelma-analyysin aineisto hankittiin tarkastelemalla yliopistojen opintotarjonnasta ja kemian opetussuunnitelmien perusteista nousevia tarpeita ja teemoja sekä Tampereelta valmistuneiden kemian aineenopettaja-alumnien näkemyksiä opettajankoulutuksesta. Teoreettisessa ongelma-analyysissä taas tarkasteltiin analyysistä nousseiden kemian opetuksen teemojen tutkimuskirjallisuutta alustavan kehittämistuotoksen muodostamiseksi.

Ongelma-analyysien perusteella tutkimuksen ensimmäisen kehittämissyklin kehittämistuotokseksi muodostui opintopakso, jonka viidestä eri teemasta (kemian opetussuunnitelma, kemiallisen tiedon rakentuminen, motivaatio ja kemian opiskelu, molekyylihallinnus ja kokeellisuus) kolme kehitettiin yhden opintopisteen laajuisiksi tehtäväpaketeiksi. Toisessa kehittämissyklissä tehtäväpaketteja testasivat kaksi kemian aineenopettajaopiskelijaa, ja opintopakson toimivuutta tarkasteltiin niin palautettujen oppimisportfolioiden sisällönanalyysin kuin myös strukturoidun haastattelun avulla.

Tutkimuksen perusteella opintopakson viittä eri kemian opetuksen teemaa pidettiin kemian aineenopettajille sopivina. Testatuista tehtäväpaketeista varsinkin kokeellisuuteen ja laboratoriovierailun järjestämiseen sekä molekyylihallinnukseen liittyvät osuudet koettiin erityisen hyödyllisiksi. Opintopakson toteutuksessa arvostettiin muun muassa sen vaihtoehtoisia suorituslaajuuksia sekä tehtäväpaketien itsenäisen valinnan ja suorittamisen mahdollisuutta. Suurimmat opintopakson puutteet havaittiin liittyvän pääasiassa Moodle-pohjan rakenteeseen sekä tehtävien ohjeistuksien selkeyteen ja niiden materiaalien sopivuuteen kyseisen tehtäväpaketin osaamistavoitteiden kanssa. Varsinaisista tehtävistä kritisoitiin eniten opetusvideotehtävää, jota pidettiin melko haastavana. Opintopaksoon tehtiin tarvittavat muutokset kehittämistutkimuksen tulosten perusteella toisen kehittämissyklin päättämiseksi.

Avainsanat: Kehittämistutkimus, aineenopettajakoulutus, kemian opetus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Sonja Plomp: Didactic Course for Tampere University Chemistry Studies – Design-Based Research

Master's Thesis

Tampere University

Master's Degree Programme in Teaching of Mathematical Subjects

November 2019

Finnish society needs more experts of natural sciences in the future. Teacher training programs of chemistry teachers are arranged in six Finnish universities and their goal is to produce as competent chemistry teachers as possible. The purpose of this study was to examine, what kind of didactical chemistry studies (themes and execution) would fit to be part of the current subject studies of the chemistry in Tampere University. The research was conducted as a design-based research where the material of the empirical problem analysis was collected by finding the needs and themes that arise from universities' curriculums and Finnish government school chemistry curriculums and by conducting an interview for the chemistry teacher alumni of Tampere. The theoretical problem analysis studied the literature of the themes found from the previous analysis to create the initial design solution.

The design solution of the problem analysis' of the first design cycle was formed into a course of five themes (national chemistry curriculum, structure of chemical knowledge, motivation and studying of chemistry, molecular modelling and chemistry experiments) of which three were developed into one credit unit problem packages. In the second design cycle, the packages were tested by two chemistry teacher students and the suitability of the course was examined with a content analysis of the students' learning portfolios and with a structured interview.

The results show that, the five themes are suitable themes for chemistry teacher studies. Of the tested problems, the ones related to chemistry experiments and planning of laboratory visit and molecular modelling were seen especially useful. The execution of the study module was appreciated for its flexible credits and for its possibility of independent choice and execution of the problem packages. Course's biggest deficiencies were mainly associated with its Moodle structure, clarity of instruction and compatibilities of the materials with different goals of the problem packages. The only actual task criticized was the teaching video problem, that was perceived somewhat challenging for teacher students. Changes of the course were made according to the results to finish the second design cycle.

Keywords: Design-Based Research, Teacher Training, Chemistry Teaching

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on ollut osa Tampereen yliopiston matemaattisten aineiden aineenopettajakoulutuksen kehittämisprojektia. Olen kiitollinen, että olen saanut tehdä diplomityötä, jonka tulokset näkyvät konkreettisesti monien tulevien kemian opettajaopiskelijoiden opinnoissa. Haluan kiittää kaikkia tutkimuksen tamperelaisia yhteistyötahoja, varsinkin kemian ja biotekniikan laboratorion henkilökuntaa, mutta myös matematiikan ja fysiikan laboratorioden ja aineenopettajan pedagogisten opintojen yhteyshenkilöitä. Kiitos myös Helsingin yliopistolle omien opintojensa jakamisesta tämän tutkimuksen hyväksi.

Erityisesti haluan kiittää ohjaajaani, yliopistonlehtori Riikka Lahtista, kärsivällisyydestä, asiantuntevasta ohjauksesta sekä lähestyttävyydestä. Prosessi on ollut monivaiheinen ja erittäin haastava, ja en olisi siitä selvinnyt myöskään ilman mieheni Stefanin sekä perheeni tukea. Heille iso kiitos. Suurin kunnia työstäni kuuluu kuitenkin Hänelle, jolle kaikki kunnia kuuluu. Hän antoi parhaimmat ideat, paransi minut prosessin aikana, ja opetti sen kautta, mitä luottamus ja kuuliaisuus ovat ja mikä elämässä on merkityksellistä.

Ps. 23, 1. Kor 1:19

Tampereella, 25.11.2019

Sonja Plomp

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KEHITTÄMISTUTKIMUS	3
2.1 Kehittämistutkimuksen teoria ja toteutus	3
2.2 Kehittämistutkimuksen raportointi.....	6
2.3 Kehittämistutkimuksen luotettavuus	7
2.4 Tutkimuskysymykset.....	8
3. TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI	9
3.1 Opettajan pedagoginen sisältötieto ja kemian aineenopettajien koulutus	9
3.2 Oppijoiden motivaatio ja kiinnostus kemiaa kohtaan Suomessa.....	10
3.3 Aktiivinen oppiminen ja opetus.....	12
3.4 Kokeellisuus ja laboratoriotyöt kemian opetuksessa.....	13
3.4.1 Tutkimuksellinen kokeellisuus kemian opetuksessa.....	14
3.4.2 Kemian opettaja tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttajana	16
3.5 Kemian ymmärtämisen kolme tasoa	18
3.6 Visualisoinnin mahdollisuudet kemiassa	20
3.6.1 Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus kemian opetuksessa ...	20
3.6.2 Opetusvideot kemian opetuksessa	21
4. EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI	24
4.1 Matemaattis-luonnontieteellisen alan aineenopettajakoulutuksen laatustandardit Suomessa	24
4.2 Tampereen yliopiston tarjoamat ainedidaktiset opinnot matemaattisten aineiden opettajille	27
4.2.1 Fysiikan ja matematiikan laboratoriot	28
4.3 Aineenopettajille suunnatut kemian opinnot muissa Suomen yliopistoissa	31
4.3.1 Opintojaksojen aiheet	33
4.3.2 Opintojaksojen toteutus.....	37
4.4 Opetussuunnitelman perusteet kemiassa.....	38
4.4.1 Kemian tavoitteet	39
4.4.2 Kemian sisällöt.....	41
4.4.3 Arviointi kemiassa	43
4.5 Tampereelta valmistuneiden kemian opettaja-alumnien haastattelu... 44	
4.5.1 Haastatteluvastaukset.....	46
5. KEHITTÄMISPROSESSI	50
5.1 Kemian didaktinen opintojakso.....	50
5.1.1 Opintojakson sisältö, rakenne ja suorittaminen	51
5.1.2 Opintojakson testaus ja arviointi.....	57
5.1.2.1 Oppimisportfolioiden sisällönanalyysi	57

5.1.2.2	Opiskelijoiden haastattelu	61
5.1.2.3	Yhteenveto opintojakson testauksesta.....	64
5.2	Lopullinen kehittämistuotos	66
6.	YHTEENVETO JA POHDINTA	68
6.1	Kemian didaktinen erikoistyö kemian aineenopettajille suunnattuna Tampereen yliopiston opintojaksona.....	68
6.2	Kehittämistutkimuksen luotettavuus ja merkitys kemian aineenopettajien koulutukselle.....	69
6.3	Kemian didaktisen erikoistyön jatkokehittäminen	70
	LÄHTEET.....	72
	LIITE A: SUOMEN YLIOPISTOISSA OPETETTAVAT KEMIAN DIDAKTISET OPINTOJAKSOT	84
	LIITE B: KEMIAN OPETTAJA-ALUMNEILLE SÄHKÖPOSTILLA LÄHETETTY HAASTATTELU	88
	LIITE C: AINEENOPETTAJA-ALUMNIEN (A1-A9) ANTAMAT HAASTATELUVASTAUKSET	89
	LIITE E: OPINTOJAKSON MOODLE-POHJA	99
	LIITE F: TEHTÄVÄPAKETTIEN ALOITUSDOKUMENTTIEN SISÄLLÖT	101
	LIITE G: LABORATORIOVIERAILUN TUNTISUUNNITELMAPOHJA	108
	LIITE H: MALLITYÖOHJE	109
	LIITE I: OPISKELIJOIDEN HAASTATTELU	114
	LIITE J: OPISKELIJOIDEN VASTAUKSET HAASTATELUKYSYMYKSIIN	116

1. JOHDANTO

Kemian opettajien laadukkaalla koulutuksella on tärkeä tehtävä kemian osaamisen ja kestäväen tulevaisuuden varmistamisessa. Kyseisellä aineenopettajan koulutuksella pyritään vastaamaan yhteiskunnan tarpeisiin antamalla opettajille riittävät valmiudet opetussuunnitelman perusteiden erilaisten tavoitteiden toteutumiseksi. Tällaisia haasteita ovat suomalaisessa kemian opetuksessa muun muassa oppijoiden motivointi ja kiinnostuksen lisääminen kemiaa kohtaan, tieto- ja viestintätekniiikan ja visualisoinnin tuominen yhä vahvemmin osaksi kemian opetusta sekä esimerkiksi kokeellisuuden ja muun kemian opetuksen muuttamiseen oppilaita aktivoivaan ja autenttisempaan, tutkimuksellisuutta ja ilmiöpohjaisuutta korostavampaan suuntaan.

Kemian aineenopettajien koulutusta järjestetään kuitenkin eri tavoin suomalaisissa yliopistoissa. Tampereen yliopisto on esimerkiksi ainoa yliopisto, josta kemian aineenopettaja voi samalla valmistua myös diplomi-insinööriksi. Samalla koulutus ei kuitenkaan tarjoa aineenopettajien pedagogisten opintojen lisäksi kemian didaktisia opintojaksoja ainelaboratorion järjestämänä, joita taas esiintyy viidessä muussa kemian aineenopettajan koulutusta tarjoavassa yliopistossa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kehittää didaktisia kemian opintoja osaksi uuden, Tampereen teknillisestä yliopistosta ja vanhasta Tampereen yliopistosta, yhdistyneen yliopiston tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnan opintoja. Työn tarkoituksena oli tutkia, millaiset kemian didaktiset opinnot sopisivat osaksi Tampereen yliopiston kemian opintoja: mitä aiheita suomalaisen kemian aineenopettajakoulutuksen olisi hyvä käsitellä ja minkälainen toteutus palvelee parhaiten Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoita. Tutkimuksessa käytetään termiä oppija peruskoulun oppilaasta tai toisen asteen oppilaitoksen opiskelijasta sekä termiä opiskelija korkeakouluopiskelijasta käsitteilyn selkeyttämiseksi.

Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, ja sen aineistoa kerättiin haastattelemalla Tampereen teknillisen yliopiston opettaja-alumneja, tarkastelemalla Tampereen yliopiston tavoitteita ja sen ja muiden yliopistojen kemian aineenopettajille tarjoamia opintoja sekä analysoimalla perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteita (empiirinen ongelma-analyysi). Muun muassa näistä nousevista kemian opetuksen haasteista tehtiin myös kirjallisuuskatsaus (teoreettinen ongelma-analyysi). Tutkimuksen tuotos on viiden opintopisteen opintojakso Kemian opettajien erikoistyö, jossa on viisi teemaa ja jonka viidestä tehtäväpaketista suunniteltiin tässä tutkimuksessa kolme. Ensimmäinen kehittämissykli saatettiin loppuun testaamalla näiden tehtäväpakettien materiaaleja ja opintojakson toteutusta kahden kemian aineenopettajaopiskelijan suoritusten sekä haastattelun avulla.

Itse tutkimus koostuu johdannon lisäksi viidestä luvusta. Luvussa 2 käsitellään kehittämistutkimuksen teoriaa sekä esitetään tutkimuksen tutkimuskysymykset, joiden perusteella ongelma-analyysit suoritettiin. Teoreettinen ja empiirinen ongelma-analyysi on esitetty luvuissa 3 ja 4. Luvussa 5 taas kuvataan tutkimuksen ja tuotettujen materiaalien ja toteutustapojen kehittämisprosessi sekä tuotetun opintojakson testaus ja arviointi. Johtopäätökset ja pohdinta löytyvät tutkimuksen viimeisestä luvusta 6.

2. KEHITTÄMISTUTKIMUS

Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa teoreettinen tutkimus ja tutkimuksen soveltaminen käytännössä tapahtuvat samanaikaisesti ja jossa tämä prosessi tuottaa uusia toimintamalleja ja -tapoja [1]. Kehittämistutkimus syntyi käytännön opetustilanteista nousevista tarpeista 1990-luvulla, jolloin halu kehittää opetusta ja oppimisympäristöjä ja TVT:n nopea kehittyminen synnyttivät tarpeen uudentyyppiselle tutkimusmenetelmälle [2, 3]. Ensimmäinen opetusalan kehittämistutkimuksen nähdään olevan Brownin julkaisu vuodelta 1992, joka käsittelee oppimisympäristöjen kehittämistä ja kokeilua oikeissa luokahuoneilanteissa [2]. Tutkimusmenetelmä on jatkuvasti lisännyt suosiotaan menetelmäosaamisen kasvaessa, ja suosio näkyy tutkimusartikkeleiden ja julkaisujen aikaisempaa suurempana määränä [4, 5].

Kehittämistutkimuksen asiantuntijat (*The Design-Based Research Collective*) [1] pitävät kehittämistutkimusta tärkeänä metodologiana opetuksen tutkimuksessa, sillä se yhdistää teoreettisen tutkimuksen ja käytännön opetuksen. Sen on ajateltu pystyvän auttamaan opetusalan toimijoita ymmärtämään, miten teorioiden väitteet voidaan muuttaa tehokkaaksi opetukseksi ja oppimiseksi käytännössä. Kehittämisen ja kehittämistuotosten tarkasteleminen eri konteksteissa voivat tuottaa innovatiivisia ratkaisuja ja käytäntöjä, joita voidaan hyödyntää muissa oppimisympäristöissä. Samalla kehittämistutkimus voi luonteensa perusteella tuottaa itse opettamisen ja oppimisen teoriaa.

Kehittämistutkimuksesta on englanninkielisessä kirjallisuudessa käytetty termejä *design experiment* [2], *design research*, *development research* ja *design-based research* [6], joista *design-based research* (DBR) on kuitenkin vakiinnuttanut asemansa terminä kyseiselle tutkimusmenetelmälle [4, s.16] Suomessa tutkimusmenetelmälle on olemassa termi design-tutkimus, mutta koska se voidaan sekoittaa muotoilun tutkimukseen, käytetään tässä työssä termiä kehittämistutkimus. [5, s.7-11, 70]

2.1 Kehittämistutkimuksen teoria ja toteutus

Kehittämistutkimuksen määritelmiä on useita, mutta yleisesti sen kuvataan olevan tutkimusmenetelmä, jossa käytännön kehittäminen ja teoreettinen tutkimus yhdistyvät, ja se on alun perin kehitetty opetuksen tutkimusta varten [7]. Kehittämistutkimuksen vaiheet kuvataan toteutuvan kehittämissykleissä, joissa teoria ja kokeellisuus vuorottelevat keskenään [1, 6, 8].

Kehittämistutkimuksen ominaisia piirteitä ovat siis tutkimusprosessin joustavuus ja iteratiivisuus. Tutkimuksen aikana tehdään jatkuvaa arviointia, jolloin tutkimusongelmaa syvennetään ja uusia tavoitteita nostetaan esiin. Tämän perusteella kehitettyä tuotosta testataan ja kehitetään edelleen syklin mukaisesti siten, että se vastaa paremmin tutkimuksen alkuperäisiä tavoitteita. [6, 7, 9, 10]

Kehittämisen kohteena voi olla mikä tahansa asia, johon voidaan vaikuttaa, ja kehittämistutkimuksessa voidaan tarkastella esimerkiksi tapahtumapaikkaa, oppijoiden luonnetta ja etenemistapaa, ammatillista kasvua sekä oppimis- tai opetuskontekstia [11, 12]. Juuti & Lavonen [8] ovat asettaneet iteratiiviselle kehittämistutkimukselle kolme ominaispiirrettä: 1) kehittämisen täytyy syntyä muutoksen tarpeesta, 2) kehittämisestä syntyy käytettävä tuotos ja 3) kehittäminen tuottaa opetusta edistävää tietoa.

Kehittämistutkimukselle on siis tyypillistä käytännöllisyys ja kontekstuaalisuus, eli kehittämistutkimusta pyritään tekemään mahdollisimman autenttisessa kontekstissa [9, 10, 13]. Kehittämistutkimuksessa hyödynnetään tutkimukseen osallistujia, ja ilmiötä käsitellään todellisissa olosuhteissa, mikä erottaa kehittämistutkimuksen perinteisistä tutkimusmenetelmistä, joissa tutkimukseen osallistujia käsitellään vain koehenkilöinä, ja tutkimuksen suhde käytäntöön on vähäinen [14]. Kehittämistutkimus kuitenkin pohjautuu teoriaan, ja sen tavoitteena on myös tuottaa tutkimuksen ulkopuolella sovellettavaa teoriaa [1, 13]. Kehittämistutkimuksen teoriapohjana ja/tai kehittämistavoitteena olevia teorioita voi olla monia. DiSessa ja Cobb [15] ovat esittäneet kehittämistutkimukselle neljä erilaista teoriakategoriaa: yleiset pääteoriat (esim. gravitaatio), ajattelua ohjaavat teoriat (esim. behaviorismi), toimintaa ohjaavat teoriat (esim. ongelmalähtöinen oppiminen) ja oppiainekohtaiset teoriat (esim. konnektivismi biologian opetuksessa). Kehittämistutkimuksessa oppiainekohtaiset teoriat mahdollistavat opettamisen toimintamallien kehittämisen ja testaamisen. Toimintaa ohjaavat teoriat sopivat taas tutkimuksen teoriapohjaksi, mutta niiden monitahoisuus vaikeuttavat niiden kokonaisvaltaista huomiointia kehittämisessä. Tämän tutkimuksen teoriapohjana opintojen kehittämisessä on niin toimintaa ohjaavia teorioita (esim. luku 3.3) kuin myös oppiainekohtaisia teorioita (esim. luku 3.5).

Kehittämistutkimusta ei kuitenkaan pidetä täysin omana tutkimusmenetelmänään, vaikka sitä sellaiseksi usein kutsutaan. Kanasen ja Collinsin et al. [11, 12] mukaan kehittämistutkimus on monimenetelmällinen tutkimusote, jossa käytetään kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä riippuen tutkimusongelmasta (*engl. mixed methodology*). Erona perinteisiin tutkimusmenetelmiin on myös tutkimustilanteen avoimuus, jolloin mitattavia muuttujiakin on tavallista enemmän [14].

Edelsonin mukaan kehittämistutkimusta tekevä tutkija joutuu tutkimuksen luonteen vuoksi tekemään kolmenlaisia päätöksiä kehittämistutkimuksen aikana: 1) kuinka tutkimus etenee, 2) mihin tarpeisiin ja mahdollisuuksiin tutkimuksen tulee syventyä ja 3) millaiseksi tutkimustyön tulos lopulta muodostuu. Kaikki kolme päätöstä ohjaavat tutkimuksen lopullista suuntaa. [6] Edelson on myös kuvannut kehittämistutkimukselle kolme vaihetta näiden päätösten perusteella: 1) Ongelma-analyysi (*engl. design procedure*) 2) Kehittämisprosessi (*problem analysis*) ja 3) Kehittämistuotos (*engl. design solution*). Nämä vaiheet eivät ole kuitenkaan tiukan kronologisia, vaan

esittävät vain tiettyjä tutkimuksen hetkiä ja tutkijan toimintaa, ja kaikki vaiheet voivat toimia muiden vaiheiden muokkaamisen pohjana. Tutkimusta on siis vaikea kuvailla ennen kuin se on saatettu loppuun. [6]

Ongelma-analyysissä kartoitetaan tutkimuksen suuntaa ja tehdään tutkimuksen alustava tutkimussuunnitelma. Analyysi voi olla teoreettinen, empiirinen tai niiden yhdistelmä, ja siihen voi sisältyä esimerkiksi tarveanalyysiä tai testaamista. Haasteiden, tarpeiden ja tavoitteiden määrittely määrittävät myös rajat tutkimuksen suunnittelulle ja valmistautumiselle, tutkimuksen toteutukselle ja kehitykselle sekä mahdollisille tarkennuksille ja korjauksille. Ongelma-analyysi voi olla hyvinkin laaja ja monimutkainen riippuen tutkimuskohteesta ja tutkimuksen toteutuksesta. [6] Tässä työssä ongelma-analyysi toteutetaan tarkastelemalla kemian opetukseen ja aineenopettajakoulutukseen liittyviä haasteita ja välineitä kirjallisuudesta (teoreettinen ongelma-analyysi, ks. luku 3) sekä tutkimalla Tampereen yliopiston tavoitteita ja opintoja, muiden Suomen yliopistojen opintoja ja valtakunnallisia opetussuunnitelman perusteita sekä haastatteleamalla Tampereelta valmistuneita kemian opettaja-alumneja (empiirinen ongelma-analyysi, ks. luku 4).

Kehittämisosiossissa päätetään se, miten itse tutkimus suoritetaan ja millaiseksi kehittämistuosoksen on tarkoitus muodostua. Tässä vaiheessa tavoitteena on siis päättää ne prosessit, joita tutkimuksen suunnittelu, toteuttaminen, ja tuotoksen testaaminen, arviointi ja tuotoksen ja koko tutkimusprosessin kehittäminen vaativat. Kehittämisosiossi tulee kuvata tarkasti, ja luotettavassa kehittämistutkimuksessa kuvataan kaikki tekijät, jotka vaikuttivat kehittämistutkimukseen. [6] Tämän tutkimuksen kehittämisosiossi on esitetty luvussa 5 Kehittämisosiossi.

Kehittämistuosos on ratkaisu, joka on syntynyt kehittämistyön tuloksena. Se vastaa ongelma-analyysin haasteisiin ja kehittämisosiossin rajoituksiin, ja muuttuu iteratiivisesti kehittäjien tietojen kasvaessa tutkimusprosessin aikana. [6] Tämän kehittämistutkimuksen kehittämistuosoksena on opintojakso, joka kuvataan luvussa 5.1 Kemian didaktinen opintojakso.

Aksela ja Pernaa [5, s.186] ovat ehdottaneet hyvän pro-graduna tehtävän kehittämistutkimuksen koostuvan kahdesta syklistä, jolloin työn vaiheet määritellään seuraavasti:

1. Teoreettinen ongelma-analyysi
2. Empiirinen ongelma-analyysi
3. Ensimmäinen kehittämisosiossi
4. Toinen empiirinen ongelma-analyysi, jossa ensimmäisen kehittämisosiossin tulosta testataan mahdollisimman autenttisella kohderyhmällä
5. Toinen kehittämisosiossi, jossa testissä saatujen tulosten pohjalta muokataan kehittämistuososta
6. Raportointi.

Tämä kehittämistutkimus noudattaa toteutukseltaan Akselan ja Pernaan kuvaamaa mallia, missä toisesta empiiristä ongelma-analyysistä käytetään suoraan nimitystä kehittämistuotoksen testaus. Kehittämistutkimukselle tyypillisesti varsinkin ensimmäiset kolme vaihetta tapahtuivat kuitenkin tässä työssä lähes samanaikaisesti. Tarkempi kuvaus tutkimusprosessin etenemisestä on esitetty luvussa 5. Kehittämisprosessi.

Kehittämistutkimus toteutetaan harvoin yksilötasolla, vaan mukana on usein erilaisia sidosryhmiä [7, 9, 16]. Tässä kehittämistutkimuksessa sidosryhminä ovat kemian ja biotekniikan laboratorio ja sen opetukseen osallistuva henkilökunta, matemaattisten aineiden opettajakoulutuksen opiskelijat ja opettaja-alumnit sekä fysiikan ja matematiikan laboratorioiden vastuuhenkilöt.

2.2 Kehittämistutkimuksen raportointi

Collins et al. [11] mukaan kehittämistutkimusta ei voi täysin raportoida perinteisen tieteellisen julkaisun muodossa (johdanto, tiivistelmä, teoreettinen viitekehys, tutkimusmenetelmät, tulokset, pohdinta). Kehittämistutkimuksen raportoinnin tulee sen sijaan sisältää vähintäänkin seuraavat osiot:

1. Kehittämistavoitteet (liittyen teoriaan ja tutkimuksen kontekstiin)
2. Tutkimusasetelman kuvaus, jonka perusteella syklittäinen muutos voidaan arvioida
3. Syklittäiset kehittämiskuvaukset, jotka kuvaavat tapahtuneet muutokset ja niiden syyt
4. Syklittäiset kehittämistulokset
5. Pohdintaosuus, jossa arvioidaan kehittämisen mahdollisuuksia ja haasteita.

Kehittämistutkimuksen raportoinnista ei kuitenkaan yleisesti ole vain yhtä hyväksyttyä mallia [5, s.190]. Esimerkiksi Bell et al. [17] suosittelevat raportoinnin tapahtuvan kehittämiskuvauksen (*engl. design narrative*) muodossa, mutta eivät ota tarkkaa kantaa sen rakenteeseen. Kehittämiskuvauksen tärkein tavoite on silti kuvata kehittämisprosessi mahdollisimman luotettavasti ja kokonaisvaltaisesti esittäen esimerkiksi kehittämisen tavoitteet ja olosuhteet, prosessin aikana tehdyt päätökset ja arvioinnin tulokset.

Kehittämistutkimuksia raportoidaan yleensä monografioina eli joko yksittäisinä julkaisuina tai artikkeleina. Aksela ja Perna esittävät omiin kokemuksiinsa viitaten, että opinnäytetöissä kehittämisprosessin kuvauksen olisi hyvä edetä kronologisesti [5]. Tämä kehittämistutkimus noudattaa kehittämiskuvauksen raportoinnissa mallia, jossa tutkimuksen päävaiheet esitetään kronologisesti, mutta jossa esimerkiksi kehittämistuotoksen sisällön kehitys kuvataan kronologisesti teemoittain.

2.3 Kehittämistutkimuksen luotettavuus

Kehittämistutkimuksen kritiikissä on usein keskusteltu sen toteuttamisesta ja luotettavuuskriteereistä [10]. Tieteellisen tutkimuksen luotettavuutta on yleensä arvioitu validiteetin (pätevyys, tutkimus kohdistuu siihen, mitä on aiottu tutkia) ja reliabiliteetin (luotettavuus, tulosten toistettavuus) käsitteiden avulla. Käsitteitä ei kuitenkaan sellaisenaan voida täysin soveltaa kehittämistutkimuksen arviointiin, sillä käsitteet ovat muodostuneet nimenomaan määrällisen tutkimuksen tarpeisiin, ja kehittämistutkimus sisältää usein laadullisia osioita. [18, s.160] Kehittämistutkimuksen avoimuus ja kompleksisuus täytyy ottaa huomioon tutkimuksen luotettavuustarkastelussa ja siirrettävyyttä arvioitaessa [19], sillä mitattavia muuttujia on kehittämistutkimuksessa helposti enemmän kuin muissa tutkimusmenetelmissä [11]. Tutkimuksen rajaaminen ja raportointi voikin tältä osin olla hankalaa, sillä erilaisia tutkimusaineistoja tulee paljon ja joskus jopa suunnittelemattomana [19]. Kehittämistutkimusta onkin lähes mahdotonta toistaa sellaisenaan muussa kontekstissa, koska se on aina sosiaalisesti ainutlaatuinen ja kontekstisidonnainen tapahtuma [1, 19]. Tämä tekeekin kehittämistutkimuksen tulosten yleistämisestä usein vaikeaa [19], ja tulosten soveltamisessa täytyykin aina ottaa huomioon sen alkuperäinen konteksti [1]. Barab ja Squire [13] ehdottavatkin, että kehittämistutkimuksen onkin tavoitteena tuottaa lähinnä toimivia ratkaisuja paikalliselle tasolle, ja tuoda vasta sitten ne suurempiin sovelluskohteisiin, sekä painottavat, että kehittämistutkimus on vasta melko nuori tutkimusmenetelmä, johon liittyy siten ratkaisemattomia kysymyksiä.

Pernaa on muun muassa [5, s.20] esittänyt seuraavat laadukkaan kehittämistutkimuksen ja laadullisen tutkimuksen luotettavuuskriteereihin perustuvat kriteerit luotettavalle kehittämistutkimukselle:

- ”Kehittämisen tulee olla kokonaisvaltaista, jolloin kehittämistuloksena saadaan sekä ohjaavia malleja ja teorioita että kuvailevia teorioita (uskottavuus ja siirrettävyys).”
- ”Kehittämisen tulee edetä sykleittäin ja sisältää jatkuvaa kehittämistä ja arviointia (uskottavuus, luotettavuus ja vahvistettavuus).”
- ”Kehittämisessä tulee pyrkiä teorioihin, jotka ovat siirrettävissä kentälle opettajien tai muiden opetusalan ammattilaisten käyttöön (siirrettävyys).”
- ”Kehittämisprosessiin tulee sisältyä testaamista autenttisisissa olosuhteissa (siirrettävyys, luotettavuus ja vahvistettavuus).”
- ”Kehittämistutkimuksen kaikki syklit tulee dokumentoida tarkasti (luotettavuus ja vahvistettavuus).”

Muita kehittämistutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat luonnollisesti myös kehittämissyklarien määrä, sekä mahdollisimman tarkka kehittämisprosessin dokumentointi ja raportointi [1, 17]. Kehittämistutkimuksen heikkoudeksi on kuitenkin arvioitu sen usein pientä kvalitatiivista otosjoukkoa, mikä ei useinkaan vastaa korkeatasoisen kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän perusjoukkoa [6]. Myös kehittämistutkimuksen validiteettia on myös esimerkiksi arvosteltu, sillä tut-

kija on itse kehittämisprosessissa mukana ja siten tutkijan kannanottojen totuudellisuus ja luotettavuus voidaan asettaa kyseenalaisiksi [13]. Kehittämistutkimuksen joustavuus mahdollistaa kuitenkin kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien samanaikaisen käytön eli kehittämistutkimus voi olla monimenetelmällinen tutkimus [20]. Kyseistä triangulaatiota eli menetelmien yhdistämistä voidaan käyttää vahvistamaan kehittämistutkimuksen luotettavuutta, ja triangulaatio voi olla myös aineistojen, tutkijoiden tai teorioiden yhdistämistä [18, s.166-172]. Tämä mahdollistaa laajemmat yleistykset, mutta saattaa samalla kasvattaa tutkimusresursseja ajallisesti ja tutkijan pitää hallita useampia menetelmiä [20]. Yhteisöllisyys asettaa tähän myös omat lisähaasteensa [20], mutta esimerkiksi Pernaan tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että sillä on tärkeä rooli luotettavan kehittämistutkimuksen toteuttamisessa [21].

2.4 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa tutkimusongelmana on Tampereen yliopiston kemian ja biotekniikan laboratorion kemian didaktisten opintojen vähäinen määrä. Tutkimuksen tavoitteena on siis selvittää, minkälaiset opinnot sopisivat osaksi Tampereen yliopiston tekniikan ja luonnontieteen tiedekunnan opintoja ja tukisivat aineenopettajaksi valmistuvia kemian opiskelijoita aineenopettajan pedagogisten opintojen lisäksi.

Tutkimuksen tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Millainen didaktinen opintojakso sopisi osaksi Tampereen yliopiston kemian opettajaopinnottoja?
 - 1.1 Mitä teemoja kemian aineenopettajakoulutuksen olisi hyvä käsitellä?
 - 1.2. Minkälainen toteutus palvelee parhaiten Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoita näiden tietojen ja taitojen oppimiseksi?

Tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan aluksi lähinnä empiirisen ongelma-analyysin, mutta myös teoreettisen ongelma-analyysin avulla, joiden perusteella kehitetään alustava opintojakson materiaali ja rakenne (alustava kehittämistuotos). Tarkempia vastauksia tutkimuskysymyksiin pyritään saamaan testaamalla alustavaa kehittämistuotosta muutamilla aineenopettajaopiskelijoilla, minkä perusteella kehitetään lopullinen ehdotus opintojakson osuuksista materiaaleineen ja rakenteineen (lopullinen kehittämistuotos).

3. TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI

Teoreettinen ongelma-analyysi käsittää kemian opetukseen ja oppimiseen liittyviä keskeisten teorioiden aiempaa tutkimusta, ja käsiteltävät teoriat ovat osittain valikoituneet empiirisen ongelmanalyysin kehittämistavoitteiden pohjalta ja tarkentavat niitä. Aluksi tarkastellaan opettajuuden pätevyyttä kuvaavaa opettajan pedagogista sisältötietoa ja sen roolia kemian aineenopettajien koulutuksessa (luku 3.1), sekä suomalaisten kemian oppijoiden motivointia ja kiinnostusta (3.2) sekä aktiivista oppimista (3.3). Analyysissä tarkastellaan myös kokeellisuutta ja laboratoriotöitä varsinkin tutkimuksellisen kokeellisuuden ja sen toteuttamisen näkökulmasta (3.4), jotka ovat kemian opetuksen ja tutkimuksen suuria teemoja. Lopuksi vielä käsitellään kemiallisen tiedon rakennetta yleisesti kuvaava kemian kolmitaso (3.5) sekä miten esimerkiksi tamperelaisessa kemian opettajienkoulutuksessa vähäiselle huomiolle jääneet visualisointitavat, tietokoneavusteinen molekyylihallinnus ja opetusvideot, mahdollistavat kemian kolmitason huomioimisen ja laadukkaamman kemian opetuksen (3.6).

3.1 Opettajan pedagoginen sisältötieto ja kemian aineenopettajien koulutus

Luonnontieteiden tehokkaassa opetuksessa vaadittavia tietoja ja taitoja on tutkittu paljon, ja nykyinen tutkimus keskittyy erilaisten opettajan tietoluokkien vuorovaikutukseen [22]. Shulman [23] esitti jo 1980-luvulla pedagogisen sisältötiedon (*pedagogical content knowledge*) opettajan pätevyyttä kuvaavana käsitteenä, joka yhdistäisi niin opetettavan aineen sisältötiedon (*content knowledge*) sekä opettamisen liittyvän tiedon eli pedagogisen tiedon (*pedagogical knowledge*). Pedagoginen sisältötieto määriteltiin julkaisussa ”erityisenä sisällön ja pedagogiikan yhdistelmänä, joka on erityistä opettajille ja on heidän muodostama käsitys ammattitaidosta”. Myöhemmissä määritelmässä pedagogisen sisältötiedon käsitteen on myös ehdotettu sisältävän opetettavan aineen sisältötiedon ja pedagogisen tiedon lisäksi myös kontekstitiedon (*contextual knowledge*), joka kuvaa opetustilanteen ja oppijoiden monimuotoisuuden vaikutuksia opetukseen [24]. Pedagogisen sisältötiedon käsite toimii nykyäänkin yhtenä opettajien koulutuksen tutkimuksen pohjaoletuksena [25], ja sen kehittyminen on opettajankoulutuksen yksi päätavoite, vaikka käsitettä itseään ei usein opeteta itse opettajankoulutuksessa [26].

Kemian opetusta tutkitaan paljon, mutta kemian opettajien koulutuksen tutkimusta on siihen verrattuna melko vähän [27]. Luonnontieteiden aineenopettajankoulutusta järjestetään kuitenkin eri maissa monin eri tavoin ja niistä raportoidaan yhä enemmän (esim. [22, 28, 29]). Mamlok-Naaman et al. [30] on erottanut kemian opettajankoulutukselle kaksi yleistä toteutustapaa. Yksi tapa on opettaa kemian opettajaopiskelijoille pääasiassa kemian eri osa-alueiden sisältötietoja, kun taas toisessa lähestymistavassa pedagoginen näkökulma on läsnä lähes opintojen alusta asti, mutta itse kemiaan ei syvennyttä yhtä syvällisesti. Molemmissa lähestymistavoissa on omat vahvuutensa. Ensimmäisessä kemian opettaja saa kattavat perustiedot kemian eri osa-alueista ja on

oman alansa asiantuntija kemistien joukossa. Opettajan uravaihtoehdon voi myös valita opinnoissaan tässä lähestymistavassa myöhemmin. Tavan heikkona puolena on itse opettamisen harjoittelamisen vähyyks ja että opiskeltujen sisältöjen integroimista opetustilanteisiin ei useinkaan käsitellä opintojen aikana. Integroidussa tavassa opiskelija pääsee koko opintojensa ajan soveltamaan kemian sisältötietojaan niin yleiseen kuin kemian pedagogiikkaan ja pystyy myös paremmin keskittymään nimenomaan kouluissa käsiteltäviin kemian sisältöihin.

Kemian opettajaopiskelijoiden pedagogisesta sisältötiedosta on myös tehty jonkin verran tutkimusta, joilla pyritään yleensä testaamaan erilaisten teorioiden ja kurssien toteutumista ja vaikutusta kemian opettajien kehitykseen ja siten kehittämään luonnontieteiden opettajien koulutusta. Näistä tutkimuksista nousseet ehdotukset esittävät, että pedagogista sisältötietoa voi luonnontieteiden opettajankoulutuksessa esimerkiksi kasvattaa tutustuttamalla opiskelija siihen tietoon ja ajattelutapaan, joita kokeneet luonnontieteiden opettajat tutkitusti tekevät opetukseensa valmistautuessaan [26, 31] tai esimerkiksi sitomalla opettajankoulutuksen oppilaskeskeinen didaktiikka paremmin osaksi harjoittelukoulujen ja opetusharjoittelun arkea, sekä käsitellä entistä paremmin oman opetettavan aineen oppimisvaikeuksien tiedostamiseen ja huomioimiseen myös omaa opetustansa refleктоimalla [32]. Luonnontieteiden opettajaopiskelijoiden olisi hyvä kehittää myös omaa näkemystään luonnontieteen luonteesta ja harjoitella sen integroimista osaksi opetusta [33]. Myös teknologisen pedagogisen sisältötiedon (*technological pedagogical content knowledge*) katsotaan olevan tutkimusten perusteella oleellinen luonnontieteiden ja kemian opettajien tietoluokka, ja teknologian mahdollisuuksien sekä tarkoituksenmukaisten TVT-välineiden käytön kuuluisi siten olla osa luonnontieteiden opettajien koulutusta [34, 35].

Pedagogisen sisältötiedon pohjana on myös sisältötiedon (eli aineenhallinnan) taso, jonka kehittymiseen opettajankoulutuksessa yleensä pyritään. Kemian opettajaopiskelijoilla ja vastavalmistuneilla opettajilla on kuitenkin havaittu olevan melko rajallinen ja sirpaleinen tietämys jopa perustavaa laatua olevista kemian käsitteistä. Kemian opettajankoulutuksen olisikin hyvä tarjota opettajaopiskelijoille mahdollisuuksia rakentaa uudelleen heidän ymmärrystään olennaisista kemian käsitteistä. Vaikka opetettavan aineen sisältötieto onkin pedagogisen sisältötiedon pohjana, on opettajien koulutuksessa tarvetta kuitenkin molempien opettajien tietoluokkien ja etenkin pedagogisen sisältötiedon kehittämiseksi. [36] Kemian aineenopettajankoulutukselle tämä siis tarkoittaa kemian didaktiikan ja opettajaopiskelijoiden kemian opintojen jatkuvaa yhdistämistä opintojen aikana.

3.2 Oppijoiden motivaatio ja kiinnostus kemiaa kohtaan Suomessa

Oppijan halua osallistua opetukseen ja oppimiseen voidaan kuvata esimerkiksi motivaation tai kiinnostuksen käsitteiden kautta. Vaikka käsitteillä on yhteys toisiinsa sekä joitakin päällekkäisyyksiä, niiden erottaminen on kuitenkin ollut tarpeellista [37]. *Motivaatio* on psykologinen käsite,

jolla tarkoitetaan ihmisen toimintaa ajavaa voimaa, ja joka voidaan jakaa joko sisäiseen tai ulkoi-
seen riippuen sen syistä [38]. *Kiinnostuksen* voidaan ajatella olevan osa sisäistä motivaatiota, ja
esimerkiksi Krappin [39] määritelmän mukaan kiinnostus on yksilön tietty suhde käsiteltävään
aiheeseen, asiaan tai aktiviteettiin, johon liittyy positiivisia tunteiden ja henkilökohtaisen merkityk-
sen kokemista. Käsitteiden merkityksessä on siis jonkin verran eroa, mutta niillä molemmilla on
tärkeä merkitys oppimisen tutkimuksessa [37].

Vuoden 2008 Kemian opetus tänään -seurantatutkimuksessa kartoitettiin Suomen kemian ope-
tuksen senhetkistä tilaa ja haasteita aineenopettajien näkökulmasta, ja tuloksia verrattiin vuoden
1998 tutkimustuloksiin. Tuolloin kehittämishaasteiksi nousi etenkin oppilaiden innostuksen ja ar-
vostuksen nostaminen kemiaa kohtaan. [40] Vuonna 2012 julkaistu peruskoulun seurantaraportti
[41] sekä vuoden 2015 PISA-tutkimus [42] osoittivat kuitenkin, että kemian opettamisen yksi suu-
rimmista haasteista on edelleen nuorten alhainen kiinnostus kemiaa ja luonnontieteitä kohtaan.
Suomalaisten nuorten kiinnostus luonnontieteisiin oli esimerkiksi PISA-tutkimuksen mukaan las-
kenut merkittävästi edellisestä tutkimuksesta, ja luonnontieteitä heikosti osaavien nuorten osuus
oli kolminkertaistunut. Peruskoulun seurantaraportin mukaan oppilaat pitivät fysiikasta ja kemi-
asta vähemmän kuin muista luonnontieteistä, ja tytöt pitivät näistä oppiaineista vielä vähemmän
kuin pojat [41].

Ilmiö ei rajoitu kuitenkaan vain Suomeen, vaan myös muissa länsimaissa nuorten asenteet luon-
nontieteiden ja kemian opiskeluun ovat koko 2000-luvulla olleet yleisesti yhä negatiivisempia [43,
44]. Kiinnostus ja motivaatio luonnontieteiden opiskeluun vähenee tutkimusten mukaan kouluai-
kana varsinkin yläkoulussa [45]. Kemian kiinnostusta ja motivaatiota kasvattavia tekijöitä on kui-
tenkin löydetty, ja niitä ovat esimerkiksi kemian sisältöjen liittäminen niiden relevanttiin konteks-
tiin, oppijoiden osallistaminen opetukseen erilaisten aktiviteettien kuten kokeellisuuden kautta tai
sisältöjen ymmärrettävyyden lisääminen opetustapoja muuttamalla [37]. Peruskoulun seuranta-
raportin [41] tulokset tukevat myös tätä käsitystä, sillä suurin korrelaatio työ- ja toimintatapojen ja
kemiasta pitämisen välillä oli oppilaiden mukaan se, että opetuksessa saa ”tarpeellista tietoa
maailman kehityksestä, rakenteesta ja toiminnasta”. Oppilaat halusivat fysiikan ja kemian opiske-
luun muun muassa lisää videoita ja animaatioita, internetin hyödyntämistä, sekä lisää erilaisia
vierailuja, ja pitivät taas vähiten oppituntien itsenäisestä työskentelystä. Myös vanhempien kor-
keampi koulutustausta ja oppilaan jatko-opintohaaveet lukiossa vaikuttivat positiivisesti luonnon-
tieteiden opiskelumotivaatioon raportin perusteella.

Suomalainen yhteiskunta perustuu tieteen ja tutkimuksen saavutuksiin ja se tarvitsee luonnontie-
tieteiden, matematiikan ja eri teknologioiden osaajia yhä enemmän jo lähitulevaisuudessa [46].
Luonnontieteiden ja tekniikan aloille hakeutuminen ei näytä silti olevan kovinkaan suosittua vii-
meisimmän korkeakoulujen yhteishaun perusteella [47]. Suomalaisen kemian aineenopettajakou-

lutuksen yhdeksi tehtäväksi voidaan siten asettaa kemian maineen parantaminen eri ikäisten oppijoiden keskuudessa ja ymmärtää motivaatiota lisääviä ja heikentäviä tekijöitä kemian opetuksessa.

3.3 Aktiivinen oppiminen ja opetus

Aktiivinen oppiminen on oppimisen tapa, jonka perustana on konstruktivistinen oppimiskäsitys, jossa oppija rakentaa uutta tietoa vanhan tietonsa perusteella [48]. Aktiiviselle oppimiselle on erilaisia määritelmiä. Bonwell esitti alunperin jo vuonna 1991, että aktiivinen oppiminen on “opetuksellisia aktiviteetteja, joissa oppija tekee asioita ja ajattelee tekemäänsä” [49]. Ahonen on aktiivista oppimista käsittelevässä väitöstutkimuksessaan taas esittänyt, että “aktiivinen oppiminen on tahtoa, taitoa ja ymmärrystä ohjata omaa toimintaansa pedagogisessa kontekstissa mielekkään oppimisen mahdollistumiseksi”. [50, s.19] Princen vuonna 2004 antaman määritelmän mukaan aktiivisella oppimisella voidaan tarkoittaa kaikkea sellaista tekemistä, joka ei ole opettajan vaan oppijan toimintaa oppimisen saavuttamiseksi [49, 51]. Valtakunnalliset opetussuunnitelman perusteiden oppimiskäsitykset perustuvat myös selvästi aktiiviseen oppimiseen [52, s.17, 53, s.14], mikä osaltaan tutkimustulosten kanssa painottaa kyseisen lähestymistavan keskeisyyttä suomalaisen aineenopettajan opetuksessa.

Prince myös erottelee aktiivisen oppimisen ja opetuksen tutkimusta arvioivassa artikkelissaan, että aktiivinen oppiminen sisältää niin luentotyyppiseen opetukseen sisällytettyjä aktiviteetteja kuin menetelmiä oppijoiden osallistamiseksi [48, 51]. Aktiivinen oppiminen ei siis ole opetusmetodi itsessään, vaan eräänlainen lähestymistapa oppimiseen [51]. Aktiivisen oppimisen menetelmille on tyypillistä yhteistyö, reflektio, tutkiminen ja kriittinen ajattelu [54], jolloin oppija ei vaan vastaanota tietoa, vaan joutuu harjoittamaan korkean tason ajattelua [48]. Aktiiviselle oppimisen positiivisille oppimisvaikutuksille onkin laajaa näyttöä verrattuna niin sanottuun passivoivaan opetukseen [51, 54, 55], ja sen on erityisesti havaittu parantavan STEM-alojen opiskelijoiden ja siten myös kemian opettajaopiskelijoiden opintosuorituksia [56, 57], sekä muiden alempien koulutus-tasojen kemian oppijoiden oppimista [58]. Aktiivisen oppimisen menetelmien käytössä täytyy kuitenkin ottaa huomioon oppijoiden mahdollinen vastarinta liittyen oman oppimisen vastuuseen sekä oppijoiden käsityksiin opettajan käyttämistä metodeista [59], ja oppijat kannattaakin totuttaa vähitellen erilaisten aktiivisen oppimisen menetelmien tai välineiden käyttöön [48].

Ahonen on väitöskirjassatutkimuksessaan [50] tutkinut aktiivisen oppimisen roolia suomalaisten peruskoulun opettajien ajattelussa ja opettajaopiskelijoiden oppimisprosesseissa. Aktiivinen oppimisen havaittiin sisältyvän työssä olevien opettajien pedagogiseen ajatteluun, mutta sen havaittiin olevan rajoittunut vain tiettyihin tilanteisiin ja riippuvan toiminnan kohteesta. Oppilaille aktiivinen oppiminen oli mahdollista parhaiten luokkahuoneen ulkopuolisissa vapaammassa tilanteissa,

ja opettajilla aktiivinen oppiminen tapahtui yleensä kasvatuksellisia tilanteita ratkottaessa. Opettajaopiskelijoilla aktiivista oppimista tapahtui taas lähinnä niissä tilanteissa, jossa opiskelu liittyi opettajan identiteettiin tai teorian ja käytännön yhdistämiseen. Opettajaopiskelijoilla havaittiin myös olevan puutteita aktiivisen opettamisen taidon oppimisessa. Opettajilla ja opettajaopiskelijoilla havaittiin kuitenkin olevan selkeä tahtotila toteuttaa aktiivista oppimista omassa opetuksessaan, vaikka se ei ole muodostunut heidän omaksi tavakseen oppia.

Opettajaopiskelijoilla on siis halua opetussuunnitelman mukaisen oppimisen toteuttamiseksi aktiivisen oppimisen kautta, mutta heille pitäisi siis vielä tarjota entistä enemmän välineitä ja menetelmiä sen toteuttamiseksi tulevissa opetustilanteissa. Aktiivista oppimista painotetaan Tampereen yliopiston matemaattisten aineiden aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa, mutta olisi hyvä, että kemian aineenopettajat voisivat vielä pohtia, millä välineillä ja menetelmillä aktiivista oppimista voisi edesauttaa nimenomaan kemialle tyypillisissä aiheissa ja oppimistilanteissa.

3.4 Kokeellisuus ja laboratoriotyöt kemian opetuksessa

Kokeellisuus on monialainen käsite, joka käsittää kaiken demonstraatioista oppijoiden tekemiin yksittäisiin kokeellisiin töihin tai laajoihin projekteihin. Hofstein et al. [60] määrittelevät kokeellisen työn kaikeksi sellaiseksi ”toiminnaksi, jossa oppija pyrkii havainnoimaan ja ymmärtämään luonnon ilmiöitä suunnittelemalla koejärjestelyitä sekä tulkitsemalla niiden avulla saamiaan tuloksia”. Kokeellisuus ja laboratoriotyöt ovat pitkään olleet väline luonnollisen maailman ymmärtämiseen kemian opetusohjelmassa, ja kokeellisella työskentelyllä voidaan jäljitellä sitä, mitä kemisti tekee [61]. Laboratorio onkin ainutlaatuinen ympäristö oppimiselle, ohjeistukselle ja opetuksen arvioinnille. Kokeellisuudella voidaan kuitenkin tarkoittaa myös muutakin toimintaa kuin laboratoriotyöskentelyä, ja on opettajan vastuulla arvioida, miten kokeellisuuden päämäärät saavutetaan opetuksessa. [60]

Laboratoriotöillä on kuitenkin suuri merkitys kemian ja luonnontieteiden oppimisessa, ja niiden on raportoitu tukevan muun muassa käsitteiden, kokeellisten työskentelytaitojen oppimista sekä luonnontieteiden luonteen hahmottamista ja kriittistä ajattelua [60, 62]. Laboratoriotyöskentelyllä voidaan lisätä myös positiivisia asenteita ja kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan [60, 63]. Kemian yliopisto-opiskelijat suorittavat monia laboratoriotöitä ja -kurseja opintojensa aikana, ja näiden roolia ja vaikutuksia niin opettajaopiskelijoiden kuin muidenkin opiskelijoiden oppimisen on tutkittu jonkin verran [64]. Kemiallisen sisältötiedon lisäksi laboratorio-opetuksessa vaaditaan opettajalta kuitenkin myös oppijoiden, opetussuunnitelman ja opetusympäristön ottamista huomioon, ja luonnontieteiden opettajien opetuksessa näitä taitoja halutaankin opettaa usein laboratoriotyökursien kautta. [65]

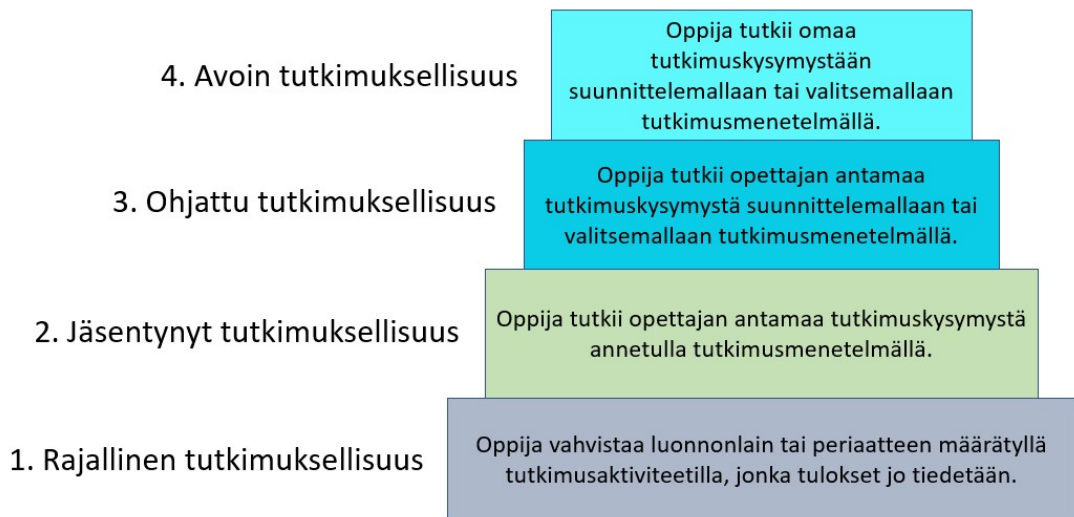
Suomalaisessa kemian aineenopettajakoulutuksessa kokeellisuus on myös tärkeässä roolissa (ks. luku 4.3.1), ja kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta ja sen toteuttamisesta on myös tutkittu. Helsingin yliopiston opintojaksolla suoritetussa tapaustutkimuksessa suomalaiset kemian opettajaopiskelijat pitivät kokeellisuutta tärkeänä osana kemian opetusta erityisesti kemian oppimisen ja motivoinnin kannalta. Opettajaopiskelijat pitivät kokeellista työskentelyä pääasiassa omakohtaisena toimintana ja suurin syy kokeellisten töiden sivuttamiseen oli työturvallisuus. [66] Jyväskylän yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin opiskelijapalautteen pohjalta kemian opettajakoulutuksen hyödyllisyyttä opettajan työtä ajatellen, ja tulosten mukaan opiskelijat pitivät juuri kokeellisia töitä yhdeksi positiivisimmista asioista aineenopettajakoulutuksessa [67].

Kokeellisia töitä voidaan jaotella perinteisiin ”reseptimäisiin” tai avoimempiin tutkimuksellisiin kokeellisiin töihin (ks. luku 3.4.1). Perinteisistä kokeellisista töistä on kuitenkin huomattu, että ne eivät välttämättä haasta oppijaa ajattelemaan käsiteltävää ilmiötä [60]. Kokeellisessa työskentelyssä pitäisi kuitenkin keskittyä enemmän tiedon prosessointiin kuin pelkkään havainnointiin, ja kokeellinen työskentely saattaa painottua liikaa fyysiseen tekemiseen eikä käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämiseen [68]. Viimeisimmän opetussuunnitelmauudistuksen myötä kemian opetuksessa korostetaan aiempaa vahvemmin tutkimuksellista kokeellista työskentelyä (ks. luku 4.3), ja koulussa tapahtuvaa kokeellista toimintaa yritetään siten ohjata tutkimuksellisempaan suuntaan. Seuraavassa luvussa avataan tutkimuksellista kokeellisuutta, ja sen vaikutuksia kemian opetukseen, sekä opettajan roolia sen toteuttajana.

3.4.1 Tutkimuksellinen kokeellisuus kemian opetuksessa

Tutkimuksellisuus on olennainen osa oppimista ja tieteen tekemistä, mutta kirjallisuudessa sekä opettajilla on usein erilaisia käsityksiä siitä, mitä tutkimuksellisuus (*engl. inquiry*) ja tutkimuksellisen oppiminen ja opettaminen (*engl. inquiry-based learning/teaching*) ovat [69, 70] Opettajille tutkimuksellisuus voi olla yksinkertaisesti ”asioiden selvittämistä” [71], kun taas kirjallisuudessa tutkimuksellisuus määritellään spesifisti esimerkiksi ”aktiiviseksi oppimisprosessiksi, jossa oppija hakee vastausta tutkimusongelmaan analysoimalla dataa” [72, s.31], tai vaikka ”prosessiksi, jossa löydetään uusia syy-seuraus -suhteita, oppijan luodessa hypoteeseja ja testatessaan niitä tekemällä kokeita sekä tekemällä havaintoja” [73, s.82]. Tutkimuksellisuus on sen moninaisista määritelmistä huolimatta 2000-luvun luonnontieteiden opetuksen tutkimuksen yksi suosituimmista teemoista [70], ja tutkimisen ja tutkimuksen tekemisen taitojen oppiminen ovat nykyisissä suomalaisissa yläkoulun ja lukion opetussuunnitelman perusteissa nostettu lähes tärkeimmiksi kemian opetuksen tavoitteiksi [52, s.394,53, s.157].

Tutkimuksellinen oppiminen voidaan kuvata sen eri vaiheiden kautta. Pedaste et al. [74] on tutkimuksellisuuden vaiheita kokoavassa tutkimuskatsauksessaan määrittelyt tutkimukselliselle oppimiselle viisivaiheisen etenemisarakenteen: orientaatio, käsitteellistäminen, tutkiminen/selvitystyö, johtopäätösten tekeminen ja keskustelu. Tutkimuksellinen toiminta ja tehtävät voidaan Banchin ja Bellin mukaan jaotella opettajan ohjauksen määrän perusteella neljään eri tasoon; rajalliseen (*limited*), jäsentyneeseen (*structured*), ohjattuun (*guided*) ja avoimeen (*open*) tutkimuksellisuuteen (*inquiry*) (kuva 3) [75]. Rajallisella tasolla eli perinteisessä laboratoriotyöskentelyssä oppija noudattaa ohjeita halutun lopputuloksen saavuttamiseksi, kun taas jäsentyneellä tasolla tehtävässä ei ole odotettua vastusta, vaan tulokset riippuvat oppijan tulkinnasta. Korkeammilla tutkimuksellisuuden tasoilla toiminta on kaikkein oppijakeskeisintä. Ohjatussa tutkimuksellisuudessa oppija kehittää itse tavan tutkimusongelmansa ratkaisemiseksi, ja lopulta avoimessa tutkimuksellisuudessa oppija esittää ja ratkaisee oman tutkimusongelmansa.



Kuva 1. Tutkimuksellisuuden neljä eri tasoa (mukailtu lähteestä [75]).

Tutkimuksellisuus voi kemiassa (ja muissakin luonnontieteissä) luonnollisesti tarkoittaa kokeellista työskentelyä. Tutkimuksellisella kokeellisuudella (*engl. inquiry-based practical chemistry*) [76] tarkoitetaan kuitenkin usein kokeellisuutta, joka eroaa perinteisestä reseptimäisestä eli rajallisesta laboratoriotyöskentelystä. Tutkimuksellisessa kokeellisuudessa oppijan rooli on aktiivinen ja perinteistä työskentelyä yhteistoiminnallisempi [77, 78], ja avoimella eli korkeimmalla tutkimuksellisuuden tasolla opetuksen ja tieteellisen tutkimuksen tekemisen raja onkin kaikkein pienin [79]. Rajallisen kokeellisen työskentelyn on kemiassa havaittu olevan oppijalle lähinnä eri työn vaiheiden suorittamista ja tiedon toistamista, jossa varsinainen opittavan asian sisäistäminen ja käsitysten muuttuminen ovat vasta toissijaisia oppimisen kohteita [62], ja oppijan korkeamman tason ajattelun taidot eivät kehity [80]. Rajallisen kokeellisen lähestymistavan on siis havaittu olevan puutteellinen antamaan riittävästi tarvittavia valmiuksia kemiassa esiintyvien oikeiden ongelmien ratkaisemiseen tai käsitteiden syvälliseen ymmärtämiseen, jolloin kemian opiskelu ei ole autenttista eikä kannusta oppijaa kemian opintoihin [69].

Tutkimuksellisesta kemian kokeellisesta opetuksesta on tehty paljon tutkimusta kouluikäisistä oppijoista yliopisto-opiskelijoihin, ja sen vaikutukset oppimiseen ovat olleet pääosin positiivisia. Tutkimuksellisen kokeellisen työskentelyn on havaittu tukevan niin yleisesti oppimistuloksia [81] ja kemiallisen tiedon oppimista ja kemian käsitteiden parempaa ymmärtämistä [82-84], aktivoivan ja kehittävän korkeamman tason ajattelutaitoja ja metakognitiivisia taitoja [62, 85, 86], parantavan tieteellisen tutkimisen taitoja [83, 84, 87], tieteellistä luku- ja ajattelutaitoa [85, 87, 88] sekä ongelmanratkaisukykyä ja kysymysten esittämistä [84, 89]. Tutkimuksellinen kokeellisuus tukee toisten tulosten mukaan myös kemian mielekästä oppimista [62, 90] sekä vaikuttaa positiivisesti oppijoiden asenteisiin, motivaatioon ja minäpystyvyyteen kemiaa ja sen laboratoriotöiden tekemistä kohtaan [91-94]. Tutkimuksellinen kokeellisuus voi aiheuttaa kuitenkin myös turhautuneisuutta, sillä opettaja ei välttämättä heti kerro olemassa olevia tieteellisiä perusteluja, vaan haluaa heidän kehittävän vastauksia havainnoistaan tutkijoiden tavoin [95, 96]. Oppijat pitävät autenttisemmasta kokeellisuudesta, mutta eivät pidä epävarmuudesta ja turhautumisesta, jotka liittyvät tieteelliseen työskentelyyn, ja perinteisessä laboratorio-opetuksessa oppija voikin olla virheellisesti itsevarmempi omasta osaamisestaan itselleen tutumman kysymyksenasettelun kautta [87].

3.4.2 Kemian opettaja tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttajana

Vaikka tutkimuksellisuuden kokeellisuuden hyödyntämisestä opetuksessa onkin siis paljon näyttöä, ja opettajat pitävät sitä tärkeänä menetelmänä luonnontieteiden oppimisessa [97], eivät monet opettajat eivät silti hyödynnä sitä omassa opetuksessaan [95, 98]. Opettajat pitävätkin yleisesti tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamista vaikeana [78, 99-101], ja heillä ei välttämättä ole kokemusta tällaisesta kokeellisuudesta [98, 101, 102]. Kemian opettajat ja opettajaopiskelijat ovat nostaneet esiin käyttöönottoa hankaloittaviksi ongelmiksi muun muassa tutkimuksellisen kokeellisuuden vaatiman ajan ja opetussuunnitelman vaatimusten toteutumisen varmistamisen [95, 97, 103, 104], oppijoiden turvallisuuteen ja erilaisuuteen liittyvät ongelmat kuten luokkakoon [95, 97, 104, 105], vähäisen valmiin materiaalin [103, 106] tai arvioinnin vaikeudet [95]. Monilla opettajilla ei tutkimusten mukaan kuitenkaan ole tarpeeksi tietoa, pedagogisia taitoja tai kokemusta tällaisen kokeellisuuden muodon toteuttamiseksi [95, 97, 102, 107] ja tutkimuksellisuuden opettaminen vaatiikin opettajalta syvää aineenhallintaa, sekä kemiallisen tiedon ja pedagogiikan taitavaa yhdistämistä [108, 109]. Avoimemmat tehtävänannot siirtävät vastuuta oppimisesta oppijalle, ja samalla opettaja joutuu myös harjoittelemaan mahdollisesti uutta rooliansa työskentelyn ohjaajana [110].

Myös opettajan käsitykset ja kokemukset luonnontieteistä, oppijoista, toimivista opetusmenetelmistä ja opetuksen tarkoituksesta on vaikuttavat siis siihen, millä tavalla opettaja ohjaa tutkimuksellista työskentelyä ja kuinka paljon [108, 110]. Esimerkiksi Roehrigin ja Luftin [102] tutkimuksessa aloittelevilla kemian opettajilla oli vaikeuksia käyttää kemiallista tietoansa tutkimukselliseksi

kemian tunnin luomiseksi, sillä heidän omat kokemuksensa ja uskomuksensa laboratoriotyöskentelystä olivat tiukan perinteisiä, ja Cheungin 2011 [98] tutkimuksessa havaittiin, että opettajat, jotka eivät käyttäneet ohjattua tutkimuksellisia töitä opetuksessansa uskoivat, että oppijat eivät pidä ohjatusta tutkimuksellisuudesta kokeellisuudesta ja että siitä ei ole paljoa hyötyä oppimisen kannalta. Tomperin ja Akselan tutkimuksessa [111] taas suomalaiset lukion kemian opettajat pitivät jäsentynyttä ja ohjattua tutkimuksellisuuden tasoja sopivina lukion kemian opetukseen, ja uskoivat, että tutkimuksellista työskentelyä voidaan toteuttaa vain hyvien opiskelijoiden kanssa. Opettajaopiskelijoita olisikin hyvä ohjata tarkastelemaan omia uskomuksiansa liittyen tutkimukselliseen kokeelliseen työskentelyyn.

Bruck ja Towns [112] ehdottavatkin, että tutkimuksellisia kemian laboratoriotöitä ohjaavat opettajat tarjoaisivat oppijoille muun muassa riittävästi taustatietoja sekä arvioivat oppijoiden käsitteellisen tietojen tasoa ennen tutkimuksellista työskentelyä, ohjata tutkimuksellisuuteen vähitellen ja tukeutumaan opettajan sijasta muihin, sekä kannustaa oppijoita itse suunnittelemaan, esittelemään ja keskustelemaan tehdyistä töistä tutkimuksellisten laboratoriotöiden onnistumiseksi. Opettajan täytyy pohtia myös, kuinka paljon hän voi kertoa vastauksia vähentämättä oppilaiden aktiivisuutta ja itseohjautuvuutta [113], sekä kiinnittää erityistä huomiota kirjallisten ohjeiden laadintaan, oppilaslähtöisen työskentelyn tukemiseksi [111]. Oman opettamisen muuttaminen onnistuukin tutkimusten mukaan parhaiten ei vain tutkimuksellisesta kokeellisuudesta tiedäviltä opettajilta ja opettajaopiskelijoilta, vaan sellaisilta, jotka ovat itse olleet mukana tutkimuksellisia prosesseissa ennen menetelmän käyttämistä omassa opetuksessansa [102, 108, 109, 114].

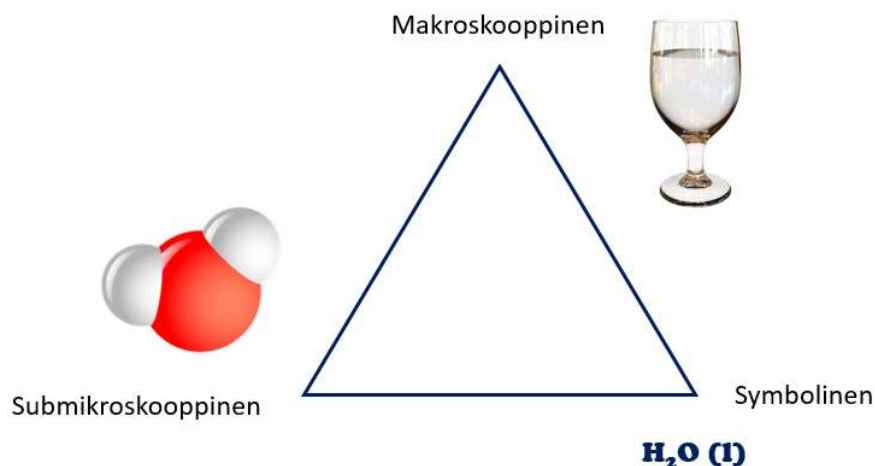
Detersin [95] mukaan tutkimuksellisten laboratoriotöiden tekemisen hyöty on silti suurempi niihin liittyvien haittoihin verrattuna, ja että perinteiset kokeelliset työt voi helposti muuttaa myös noudattamaan tutkimuksellisen kokeellisuuden rakennetta, kun niiden toteuttamiseen varaa hieman enemmän aikaa. Vaikka tutkimuksellisella kokeellisuudella pyritäänkin oppijalähtöisyyteen ja avoimuuteen, opettaja toimii silti tärkeässä roolissa työskentelyn aikana [107], ja opettajat saattavatkin virheellisesti kokea, että kaiken tutkimuksellisuuden täytyisi olla täysin avointa ollakseen riittävän tehokasta [115]. Vaikka avoin kokeellisuus onkin kaikkein oppijakeskeisin tutkimuksellisuuden taso ja haastavinta toteuttaa [116], ei kaiken tutkimuksellisuuden tarvitse olla aina avointa, vaan perinteisiä kokeellisia töitä voidaan käyttää esimerkiksi kokeellisten perustaitojen harjoitteluun. Jäsentynyttä ja ohjattua tutkimuksellisuutta voi esimerkiksi käyttää edelleen tutkimisen taitojen oppimiseksi [79], ja jo pienet muutokset kokeellisten töiden muuttamiseksi avoimempaan suuntaan voivat tuottaa hyviä tuloksia [99, 101]. Opettajaopiskelijoita tulisi siis kannustaa tutkimukselliseen toimintaan riippumatta resurssien määrästä ja ottaen huomioon oppimistilanteen tarpeet.

Luonnontieteiden opettajaopiskelijoilla on kuitenkin havaittu olevan selkeä halu opettaa luonnontieteitä tutkimuksellisesti [100, 104, 111], ja tutkimuksellisen kokeellisuuden harjoittelu on myös havaittu vahvistavan opettajaopiskelijoiden tutkivaa opettajaidentiteettiä [117]. Haasteita

tähänkin luo kuitenkin se, että opettajaopiskelijat eivät itse ole välttämättä kovinkaan harjaantuneita oman oppiaineensa tutkimukselliseen oppimiseen opiskeluaikanaan, ja opettajaopiskelijat käsittävät tutkimuksellisuuden ja sen käytön opettamisessa monin eri tavoin [100]. Tomperi esittääkin [76, s.130], että hyvä opettajankoulutus tukee tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoa käytännön kokeilun ja reflektion syklin avulla. Kemian ja luonnontieteiden suomalaisessa (ja myös tamperelaisessa) aineenopettajakoulutuksessa onkin parhaillaan jo ollut päätavoitteena tuottaa omaa opetustaan ja yleisesti opettamista tutkivia opettajia [70, 118, 119]. Tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamiselle on siis jo pohja aineenopettajien peruskoulutuksessa. Opettajaopiskelijoille tulisivikin tarjota kokemuksia tutkimuksellisempien ja lähtökohdiltaan oppijalle avoimempien kemian kokeellisten töiden ohjauksesta, sekä kannustaa heitä toimintansa reflektointiin oman opettajuutensa kehittämiseksi.

3.5 Kemian ymmärtämisen kolme tasoa

1990-luvun alussa Johnstone [120] ehdotti, että kemiallinen tieto koostuu kolmesta eri esitystasosta (*engl. the chemistry triplet*), jotka ovat makroskooppinen, submikroskooppinen ja esityksen taso. Näistä muodostuva ”Johnstonen kolmio” on esitetty kuvassa 2, jossa esityksen taso on esitetty sen nykyisin käytettävällä nimellä symbolinen taso [121]. Kolmion makroskooppisella tasolla tarkoitetaan aisteilla havaittavia kemian ilmiöitä, ja submikroskooppisella tasolla taas ihmiselle näkymättämiä atomien, molekyylien ja ionien kemiallisia ilmiöitä selittäviä malleja. Symbolisella tasolla tarkoitetaan niitä merkkejä, kaavoja ja yhtälöitä, joilla kemiallisia ilmiöitä tyypillisesti kuvataan [120, 122, 123].



Kuva 2. Kemian kolme tasoa (mukailtu lähteestä [120]).

Kolmen tason teoria on ollut merkittävä kemian opetuksen tutkimukseen vaikuttanut teoria ja se onkin alalla jo yleinen pohjaoletus kemialliselle tiedon rakenteelle [124, 125]. Teoriaa on myös

kehitetty eteenpäin, ja siihen on pääasiassa pyritty lisäämään humanistinen ”ihmisen konteksti”, jotta kolme tasoa kuvaisivat mahdollisimman hyvin oikean elämän kemialla ja ottaisivat huomioon esimerkiksi kemian teknologiset, sosiaalitieteelliset, historialliset ja filosofiset näkökulmat [122, 126, 127]. Myös itse kolmitasolle ja sen tulkinnalle on esitetty muutosta, ja esimerkiksi Taber [125] on ehdottanut, että symbolista tasoa ei välttämättä olisi hyvä esittää omana tasonaan, vaan lähinä kahden muun tason, kuvaavan makroskooppisen ja selittävän submikroskooppisen, välisenä kielenä niiden ymmärtämiseksi ja havainnollistamiseksi. Vaikka kolmen tason teoriaa onkin näin yritetty päivittää, käytetään teoriaa sellaisenaan usein edelleen [121, 123, 128].

Kolme tasoa eivät siis edusta vain kemiallisen tiedon rakennetta, vaan myös sitä, miten kemiallinen tieto ymmärretään. Kemian ammattilaisten onkin havaittu liikkuvan sujuvasti kaikkien kolmen tason välillä [123, 125], ja kemian opiskeluun liittyvät vaikeudet ja väärinkäsitykset onkin osaltaan havaittu liittyvän näiden ajattelu- ja tasojen erottamiseen ja yhdistämiseen liittyvänä vaikeutena [120, 122, 128]. Kolmen tason onnistunut yhdistäminen parantaa siis tutkimusten mukaan selvästi varsinkin kemian käsitteellistä ymmärtämistä ja estää virhekäsitysten syntymistä [121], vaikka niiden keskinäisiä suhteita ei olekaan tyhjentävästi selitetty [129]. Submikroskooppisen tason malleja pyritään käyttämään kemian opetuksessa, sillä niiden avulla voidaan mallintaa aineita ja siten selittää aineiden ominaisuuksia ja reaktioita, ja submikroskooppinen taso on myös oleellinen taso tietokoneavusteiselle kemian opetukselle. Usein kuitenkin opetustilanteissa reaktioiden opetuksessa tyydytään käyttämään makroskooppista ja symbolista tasoa. [128] Yksi suurimmista ongelmista kemian oppimisessa onkin, että oppijat eivät ymmärrä submikroskooppista tasoa ja sen selitysvaimaa [125], ja että he sekoittavat submikroskooppisen ja makroskooppisen tasonselitykset keskenään [128].

Taber [125] selittää kemian oppimisen vaikeuksia ihmisen työmuistin rajallisuudella, sillä makroskooppinen ja submikroskooppinen taso täytyy suhteuttaa toisiinsa sekä havaittuun ilmiöön käyttäen juuri oikeita tasojen sanastoa sekä kemialle tyypillisiä symbolisia esitystapoja. Vaikka tasoilla ei ole erityistä hierarkiaa [128], on kuitenkin havaittu, että kemian opetuksessa submikroskooppista sekä symbolista tasoa käsitelläänkin usein vasta hiljalleen opetuksen edetessä, ja että suurin osa opetuksesta käytetään varsinkin opetuksen alussa makroskooppisen tason selittämiseen, jolloin oppiminen tapahtuu pääasiassa oppijan aistien välityksellä [121]. Kyseinen trendi havaitaan myös nykyisissä suomalaisissa peruskoulun ja lukion opetussuunnitelman perusteissa, joissa submikroskooppista tasoa tuodaan kemian opetukseen vasta yläkoulun lopulla abstraktin ajattelun kehittyessä riittävälle tasolle [52, s.394] Lukiossa taas jokaisesta kolmesta tasosta pyritään opetuksessa luomaan selkeä kokonaisuus [53, s.157]. Taber [125] ehdottaakin tasojen välisen liikkuvuuden parantamiseksi esimerkiksi välttämään liiallisen informaation esittämistä kerralla, antamalla aikaa uuden tiedon oppimiseen, ja että kolmen tason välistä liikkumista mallinnetaan oppijalle opetuksessa vähitellen. Vastavalmistuneiden amerikkalaisten kemian opettajien opetusta seuranneessa väitöstutkimuksessa [122] havaittiin myös, että ensimmäisen vuoden aikana kemian opettajat saattavat kuitenkin painottaa symbolista ja submikroskooppista tasoa

enemmän kuin makroskooppista tasoa. Tutkimuksessa ehdotetaan, että työnsä aloittavilla kemian opettajilla kuuluisi olla alkava käsitys kolmitasosta, jotta he osaavat huomioida oppijoiden tarpeet jo uransa alussa. Virhekäsitysten syntymiseen on vaikea puuttua, jos opettaja ei ole tietoa kemian kolmen tason aiheuttamista haasteista kemian oppimiseen tai tiedosta tasojen välisen liikkumiseen automaattisuutta omassa ajattelussaan.

3.6 Visualisoinnin mahdollisuudet kemiassa

Visualisointitavat, joilla eri tasot voidaan yhdistää, ovat siis tärkeitä välineitä kemian oppimisen tukemisessa [130], sillä ne voivat auttaa oppijoiden yleistä vaikeutta hahmottaa submikroskooppista esitystasoa ja luovat yhteyksiä varsinkin makroskooppisen ja submikroskooppisen tasojen välille [124]. Tietokoneiden avulla aineiden rakenteita pystytään mallintamaan esimerkiksi simulaatioiden, animaatioiden ja videoiden avulla [131], niin kaksiulotteisesti kuin kolmiulotteisesti [128], jolloin kemian abstrakteja käsitteitä voidaan käsitteillä visuaalisesti samalla tavalla kuin tutkimuksessa [132]. Kemian opettajille on olemassa monia visualisointimahdollisuuksia, mutta monet opettajat eivät kuitenkaan käytä niitä monipuolisesti, ja rajoittavat siten opetustansa makroskooppiselle ja symboliselle tasolle [131]. Luvuissa 3.5.1 ja 3.5.2 tarkastellaankin, miten kahta eri visualisointitapaa, molekyyylimallinnusta ja opetusvideoita, voidaan hyödyntää tukemaan kemian oppimista.

3.6.1 Tietokoneavusteinen molekyyylimallinnus kemian opetuksessa

Mallit ja mallinnus ovat oleellinen ja autenttinen osa luonnontieteiden ja kemian opetusta, sillä ne ovat keskeisiä kemian tutkimuksessa ja kemiallisen tiedon kehityksessä [133]. Käsitteellä malli voidaan tarkoittaa kemiassa molekyyylimallien lisäksi kuitenkin vaikka esimerkiksi kaavoja tai kirjallista kuvausta [134], mutta molekyyylimallinnuksella tarkoitetaan usein juuri yksittäisten molekyylien tai muiden staattisten systeemien rakentamista ja visualisointia joko fyysisesti tai tietokoneavusteisesti [135]. Tietokoneavusteisesta molekyyylimallinnuksesta onkin tullut viime vuosina erittäin tärkeä väline kokeellisen ja teoreettisen ja siten myös näkyvän ja näkymättömän kemian yhdistämisessä [133], ja on siten huomionarvoinen aihe myös kemian opetuksessa. Tässä tutkimuksessa molekyyylimallinnuksella tarkoitetaan juuri tietokoneavusteista mallintamista.

Molekyyylimallinnuksen käyttö suomalaisessa kemian opetuksessa oli kuitenkin vielä 2000-luvun lopulla ollut sen mahdollisuuksiin verrattuna vähäistä, vaikka opettajat ovatkin olleet kiinnostuneita mallinnusohjelmien käytöstä. Opettajat toivoivat tuolloin muun muassa lisää pedagogista ja tietoteknistä opetusta molekyyylimallinnuksesta sekä lisää suomenkielistä materiaalia. [136] Tuo-

reemmassa Helppolaisen ja Akselan [137] tutkimuksessa huomattiin kuitenkin, että kemian opettajat eivät vielä täysin osaa käyttää omaa perushyvää tietoteknistä osaamistaan osana kemian opetusta, ja edelleen erityisiä puutteita nähtiin ainespesifisten mallinnusohjelmien tuntemuksessa. Voikin olla, että vaikka sähköistyminen ja tietotekniikan käyttö luonnontieteiden opetuksessa onkin lisääntynyt viime vuosina, ja kemian visualisointi on paremmin huomioitu aineenopettajien koulutuksessa (ks. luku 4.3), tarvitsevat opettajaopiskelijat edelleen lisää tietoa erilaisista molekyylihallinnusohjelmista.

Kemian opettajalle tietokoneella tehtävä molekyylihallinnus on kuitenkin yksi hyödyllisimpiä tapoja sisällyttää TVT:n luontevaa käyttöä osaksi opetusta [137], ja sen tutkittuja hyötyjä kemian opetukselle on useita [133]. Kemian opetuksessa käytettävien kolmiulotteisten mallien ymmärtämiseen liittyvässä tutkimuksessa on nimenomaan havaittu, että parhaisiin oppimistuloksiin päästään, kun opetuksessa käytetään juuri kolmiulotteisia malleja tai tietokoneella tehtyjä malleja, abstraktimpien mallien, kuten rakennekaavojen, sijasta [138]. Se tuo näkymättömät ilmiöt oppijan nähtäville, auttaa ymmärtämään submikroskooppisen tason kolmiulotteista rakennetta ja auttaa yhdistämään kemian kaikki kolme tasoa [139, 140]. Tämän mahdollisuuden on todettu auttavan erilaisten kemian käsitteiden oppimista ja kokeellisen ilmiöiden ymmärtämistä [135, 136], sekä edesauttaa korkeamman asteen ajattelutaitojen kehittymistä [141]. Mallintamista voidaan tehdä kaikenikäisten oppijoiden kanssa, ja sen avulla voidaan eriyttää opetusta [142].

Molekyylihallinnuksella voidaan siis positiivisesti vaikuttaa oppijoiden käsityksiin kemiallisista ilmiöistä, mutta ennen molekyylihallinnuksen käyttöä opetuksessa opettajan tulee olla tietoinen oppijoiden mahdollisista ennakkokäsityksistä [142]. Kuten kaiken teknologian hyödyntämisessä opettamisessa, molekyylihallinnuksessakin ohjelmien toiminnan (teknologinen sisältötieto) lisäksi opettajan on hyvä tietää sopiva ohjelman pedagoginen lähestymistapa (teknologinen pedagoginen tieto) sekä käsiteltävän aiheen pedagogiikka (pedagoginen sisältötieto) [143]. Opettajan täytyykin tiedostaa ja hallita kaikki nämä osa-alueet molekyylihallinnuksen käyttöönotossa [142], sekä ohjata oppijoiden ajattelua ja kannustaa oppijoita keskusteluun mallinnusta ja malleja käsiteltäessä oppimisen varmistamiseksi ja oman toiminnan reflektointimiseksi [21, 136]. Molekyylihallinnuksen erilaisten taitojen kokonaisvaltainen opetteleminen ja sen hyötyjen ymmärtäminen ovat siis tärkeä osa opettajankoulutusta laadukkaana kemian opetuksen varmistamiseksi.

3.6.2 Opetusvideot kemian opetuksessa

Videot ovat monelle nuorelle oppijalle yksi tärkeimmistä kommunikoinnin välineistä, ja he käyttävät videoita usein ensisijaisena tietolähteenään etsiessään vastauksia kysymyksiinsä. Koska nuoret oppijoille videot ovat luonnollinen opiskelemisen väline, on niiden kasvava käyttö opetuksessa perusteltua. [132, 144] Videoita on kemian opetuksessa käytetty pitkään, ja kemiaan liitty-

vät opetusvideot olivat niiden ilmestyessä opetukseen 1950-luvulla hyvin pitkiä, jopa elokuvamaisia ja kalliisti tuotettuja. Opetusvideot ovat nykyään taas melko lyhyitä, ja videoteknologian kehityksen myötä niiden tekeminen ja hyödyntäminen ovat opettajille aikaisempaa helpompaa. Internetistä löytyykin yhä enemmän kemian opetusvideoita, jotka käsittelevät erilaisia abstrakteja kemian aiheita. [145] Kehitys on muuttanut myös opettajankoulutusta [146], ja sosiaalinen media on mahdollistanut opetusvideoiden entistä helpomman käytön ja jakamisen [147].

Opetuksen, joka sisältää opetusvideoita, on yleisesti havaittu vaikuttavan positiivisesti oppimiseen [145]. Tutkimusten mukaan multimedial, äänen ja visuaalisten elementtien on yhdessä havaittu paremmin auttavan niin muistamista, ymmärtämistä kuin syvällistä oppimista, sen sijaan, että käytettäisiin vain yhtä näistä elementeistä [148]. Kemiassa opetusvideoiden avulla voidaan luontevasti yhdistää kemian makroskooppiset ja submikroskooppiset tasot, mikä helpottaa kemian abstraktien käsitteiden oppimista [145]. Kemian opetuksessa opetusvideoiden onkin havaittu myös auttavan erilaisten opetuksen ongelmien, kuten väärinkäsitysten tai motivaatio-ongelmien, selvittämisessä [145, 149]. Opetusvideot ovat osaltaan myös muuttaneet kemian opetustapoja opettajakeskeisestä oppijan aktiivista oppimista painottavampaan tapaan, jossa oppijoiden on mahdollista keskustella videolla esiintyvistä kemian ilmiöistä, ja oppija voi kelauksen avulla tarkastella ja kerrata videoiden sisältämää tietoa omassa tahdissaan [145, 150]. Opetusvideoiden avulla luonnontieteiden ja kemian opetukseen on mahdollista tuoda helposti ajantasaista informaatiota ja uusia näkökulmia, sekä tuoda opetusta lähemmäksi oppijan arkea [149, 151].

Opetusvideoita voidaan kemiassa käyttää myös erityisesti tukemaan kokeellista työskentelyä. Kemiassa on paljon dynaamisia ilmiöitä, joiden oppimiseen videot toimivat kuvia ja diagrammeja paremmin, ja opetusvideoiden avulla oppija voi nähdä näitä ilmiöitä submikroskooppisella tasolla. Opetusvideoiden avulla oppijalle voidaan näyttää vaikeasti käsiteltäviä, hitaita tai vaarallisia reagensseja sisältäviä reaktioita sekä kalliita kemiallisia välineitä ja laitteita, joiden käyttämiseen ei oppijalla ole muuten mahdollisuutta. [145] Pitkien ja vaarallisten töiden korvaamisen opetusvideoilla ei ole myöskään havaittu vaikuttavan negatiivisesti oppimistuloksiin [150].

Opetusvideoita kohtaan voidaan esittää myös kritiikkiä. Ne voivat sisältää vanhentunutta tietoa [145] sekä voivat esittää tietoa liian nopeasti tai sisältää liikaa yhtäaikaista kuvaa, ääntä ja tekstiä, jolloin oppijan kognitiivinen kuorma kasvaa liikaa ja oppiminen saattaa vaikeutua [144]. Huono kuvanlaatu voi vaikuttaa myös negatiivisesti opetusvideoiden hyödyllisyyteen, mikä täytyy huomioida etenkin yhdessä nopeiden videoiden kanssa, varinkin, jos kemian kokeellisia ilmiöitä tarkastellaan videoiden avulla [150]. Opetusvideoilla ei ole myöskään tarkoitus korvata opetusta [149], vaikka joskus opettajalla voikin olla tällainen käsitys [145]. Tärkeää ei ole vain opetusvideoiden käyttäminen ja tekeminen, vaan myös sen ymmärtäminen, mitä opetusvideoita opetuksessa käytetään, ja miten niillä tuetaan parhaiten oppimisprosessia [145].

Opetusvideoiden käytöllä on siis hyötyä kemian opetuksessa, ja kynnys kemian opetuksessa käytettävien videoiden käyttöön pitäisi olla matala. Videoiden tekoon voi opettajalla silti olla kynnys, vaikka kaikista kemian aiheista videomateriaalia ei löydykään oppijoiden äidinkielellä. Opettajankoulutuksen olisi hyvä tarjota siis teknistä ja didaktista tukea kemian opetusvideoiden tekemiseen ja hyödyntämiseen, sillä opettajat eivät aina tiedosta niiden hyötyä opetustilanteissa [145, 152]. Israelissa toteutetussa täydennyskoulutuksessa suoritetussa tutkimuksessa havaittiin, että kun opettajille opetettiin videoiden editointia ja niiden käyttämistä kemian opetuksessa, osasivat opettajat käyttää videoita paremmin kemian opetuksessa nousevien tarpeiden opettamisessa. Opettajien minäpystyvyys kasvoi myös selvästi, ja vaikka kaikki eivät koulutuksen jälkeen olleetkaan varmoja editointitaidoistaan, luottivat kaikki silti kykyynsä integroida videoita jatkossa osaksi kemian opetustansa. [153] Toivottavaa siis olisi, että kemian aineenopettajaopiskelijat osaisivat tarvittaessa tuottaa omaa videomateriaalia jo valmistuessaan oman opetuksensa tueksi.

4. EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI

Tämän tutkimuksen empiirisessä ongelma-analyysissä on tarkoitus kartoittaa analysoimalla matemaattis-luonnontieteellisen alan aineenopettajakoulutuksen nykytilannetta kemian osalta niin Tampereella (luku 4.2), kuin Suomen muissa yliopistoissa (luku 4.3) sekä olemassa olevien laatustandardien kautta (luku 4.1). Tämän lisäksi analyysissä on tarkasteltu opetussuunnitelman perusteiden asettamat vaatimukset kemian opetukselle (luku 4.4), ja selvitetty TTY:ltä valmistuneiden kemian aineenopettaja-alumnien kokemuksia kemian opettamisesta sekä aineenopettajakoulutuksen antamista valmiuksista kemian opettamiseen (luku 4.5). Ongelma-analyysissä käytetään myös hyväksi tutkijan omia kokemuksia aineenopettajan pedagogisista opinnoista luvulta 2016-2017.

4.1 Matemaattis-luonnontieteellisen alan aineenopettajakoulutuksen laatustandardit Suomessa

Matemaattis-luonnontieteellisen alan dekaanikokous asetti vuonna 2014 työryhmän aineenopettajakoulutuksen kehittämiseen ja profilointiin ja hahmotelemaan alustavat laatustandardit matemaattis-luonnontieteellisen alan aineenopettajakoulutukselle. Standardien tarkoituksena on taata aineenopettajakoulutuksen resurssit, jotka on standardeissa jaoteltu henkilökunnan ja opiskelijoiden käytettävissä olevaan aikaan, henkilökunnan osaamistasoon, yksikön sitoutumiseen ja oppimisympäristöihin. Laatustandardit voivat mahdollisesti vaikuttaa opiskelijoiden hakupäätöksiin ja sitä kautta myös matemaattisten aineiden opettajakoulutuksen opiskelija-ainekseen, minkä takia Tampereen yliopiston teknis-luonnontieteellisen tiedekunnan intresseissä on kehittää matemaattisten aineiden opettajakoulutuksen opetusta.

Laatustandardit esitettiin vuonna 2017, ja eri resursseille jaettiin niissä kolme "arvosanaa": hyvä (A), kohtuullinen (B) ja välttävä (C), joiden avulla koulutusohjelmia voidaan verrata. Kyseiset arvosanat jaettiin niin tutkintorakenteelle (1), jatko-opinnoille (2), aineenopettajakoulutuksen ympäristölle (3), henkilöstölle (4) kuin myös opettajuuteen liittyvien opintojen ajoitukselle (5). Tässä osiossa tarkastellaan laatustandardin niitä kohtia, joihin voidaan vaikuttaa tämän kehittämistutkimuksen ja kehitettävien opintojen osalta. Tarkastelu tehtiin syksyllä 2018.

Tutkintorakenteelle arvosanat annetaan aineenopettajaopiskelijoille (AO) tarjottavien oman aineen opetuksen erikoiskurssien laajuuden (1.1, 1.2) ja tutkimusperustaisuuden (1.3) perusteella, sekä pro gradu -tutkielman suoritushälyisyyksien (1.4) perusteella. Didaktisten opintojen kehittämisen prosessin kannalta oleelliset laatustandardit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Matemaattis-luonnontieteellisen aineenopettajakoulutuksen laatustandardin mukaiset arvosanat tutkintorakenteelle (osat 1.1-1.).

1.1 AO erikoiskurssit/ pääaineopiskelijat*	A	Vähintään 20 op opetuksen opintoja tarjolla
	B	Vähintään 10 op opetuksen opintoja tarjolla
	C	Alle 10 op opetuksen opintoja tarjolla
1.2 AO erikoiskurssit/ sivuaineopiskelijat*	A	Vähintään 10 op opetuksen opintoja tarjolla
	B	Vähintään 5 op opetuksen opintoja tarjolla
	C	Alle 5 op opetuksen opintoja tarjolla
1.3. AO erikoiskurssien tutkimusperustaisuus**	A	Vähintään 20 op verran kohdan 1.1 opinnoista perustuvat ajankohtaiseen alan opetuksen tutkimukseen
	B	Vähintään 10 op verran kohdan 1.1 opinnoista perustuvat ajankohtaiseen alan opetuksen tutkimukseen
	C	Alle 10 op verran kohdan 1.1 opinnoista perustuvat ajankohtaiseen alan opetuksen tutkimukseen
<p>*AO erikoiskursseilla tarkoitetaan opintoja jotka</p> <ul style="list-style-type: none"> • eivät kuulu 60 op pakollisiin pedagogisiin opintoihin, • ovat suunnattuja nimenomaan aineenopettajaopiskelijoille, ja • yhdistävät ainetta ja sen opettamista. <p>*Opetus voidaan tuottaa ainelaitoksella tai yhteistyönä kasvatustieteiden ja normaalikoulun yksiköiden kanssa.</p> <p>*Opetuksen opinnoista puolet voi olla "eheyttäviä" eli koskea useampaa ainetta.</p> <p>*Standardin vaatimuksena on, että opinnot ovat opiskelijoille tarjolla ja sisällytettävissä normaalikokoi- seen tutkintoon (esim. pääaineen syventävinä opintoina). Opintojen ei tarvitse olla koulutusohjelmassa pakollisia.</p> <p>*Opintojakso on tarjolla, kun sen voi suorittaa ohjatusti (ei pelkkä kirjatentti) ohjeellisen lukujärjestyksen mukaan. Siten maisteritason opintojakson on pidettävä vähintään joka toinen vuosi ja kandidaattitason opintojakso vähintään joka kolmas vuosi.</p> <p>** Tässä kohdassa tarkoitetaan opintoja, joissa opiskelijat ovat suoraan tekemisissä omaa ainetta koskevan ajankohtaisen tutkimuksen kanssa, opinnot perustuvat alan relevanttiin tieteelliseen kirjallisuuteen ja julkaistuihin tutkimuksiin.</p>		

Tutkimuksen tekohetkellä Tampereen yliopistolla on ollut mahdollista tehdä vain 2-8 opintopisteiden didaktinen erikoistyö, jolloin tutkintorakenteen arvosana on laatustandardien kaikkien kohtien mukaan C. Viiden opintopisteen ainedidaktisella opintojakso tai olemassa oleviin opintojaksoihin didaktisen suoritumahdollisuuden lisääminen voisi olla hyvä alkutavoite, ja se on ollut myös osa tiedekunnan tavoitteita. Näillä toimilla olisi siis mahdollista saavuttaa kemian sivuaineopiskelijoiden aineenopettajakoulutukselle arvosana A ja pääaineopiskelijoille arvosana B. Arvosanan saavuttamista helpottaa myös tuleva matematiikan, fysiikan ja kemian yhteinen viiden opintopisteen historiaopintojakso, sillä standardien mukaan opetuksen opinnoista puolet voivat koskea useampaa kuin yhtä ainetta. Jotta tutkimusperustaisuuden arvosanaa voitaisiin myös kasvattaa arvosanaan B, täytyy kaikkien kehitettävien opintojen perustua tieteelliseen tutkimustietoon, ja tämä täytyy ottaa huomioon uusien opintojen kehitystyössä.

Aineenopettajakoulutuksen ympäristölle on annettu arvosanat kolmikantamuotoiselle (ainelaitoksen, kasvatustieteen laitoksen sekä normaalikoulun väliselle) keskustelulle (3.1) sekä oppimisympäristöille (3.2) sen mukaan, kuinka hyvin ne on suunniteltu vastaamaan aineenopettajaopiskelijoiden tarpeita. Taulukossa 2 on esitetty oppimisympäristön arvosanakriteerit.

Taulukko 2 Matemaattis-luonnontieteellisen aineenopettajakoulutuksen laatustandardin mukaiset arvosanat oppimisympäristölle (osa 3.2).

3.2. Oppimisympäristöt (ei koske matematiikkaa)	A	Kehittyneet, pilotoidut ja modernit oppimisympäristöt*
	B	Kehittyvät, rakenteilla olevat oppimisympäristöt**
	C	Perinteiset yliopistolaboratoriot***
<p>*Kehittyneet oppimisympäristöt A (tilat ja välineistöt) mahdollistavat opettajille räätälöidyt systemaattisesti tutkimuksellista otetta ja kokeellisen työskentelyn eri muotojen omaksumista tukevat kurssit. Perinteisen kouluvälineistön lisäksi mukana on laaja tieto- ja viestintäteknikan hyödyntäminen, mm. monipuolinen mittaaminen, datan käsittely, mallintaminen, simulaatiot jne. Toimintaa varten on osoitettu nimetyt tilat.</p> <p>**Kehittyvät oppimisympäristöt B mahdollistavat opiskelijoiden perehdyttämisen joihinkin kokeellisuuden ja tutkimuksellisuuden osa-alueisiin. Tällä tasolla toiminnot voivat olla hajautempia eikä toimintaa varten ole nimettyjä tiloja.</p> <p>***Tasolla C kokeellisen työskentelyn taitoja harjoitellaan perinteisissä yliopistojen luonnontieteen laboratorioissa, jotka on suunniteltu tieteenalan tutkijakoulutuksen tarpeisiin. Kouluopetuksen näkökulmaa toteutuksessa ei ole erityisesti huomioitu.</p>		

Koska kemian ja biotekniikan laboratoriolla ei vielä ole ollut nimenomaan kemian aineenopettajille suunniteltuja opintojaksoja didaktisen kemian erikoistyön lisäksi, ei erityisiä oppimisympäristöjäkään ole opiskelijalaboratorioita lukuun ottamatta, jolloin arvosana on standardien mukaisesti C. Koska kokeellisen työskentelyn ohjaus tulee kuitenkin olemaan osa kehitettäviä kemian ainedidaktisia opintoja, voidaan tämänkin tutkimuksen tavoitteeksi asettaa kemian aineenopettajien oppimisympäristöjen arvosanan nostaminen tasolle B. Juuri kemian aineenopettajaopiskelijoille räätälöityjä tiloja tutkimuksellisuuden ja kokeellisuuden harjoitteluun ei ainakaan vielä ole suunnitteilla, joten arvosanan A saavuttaminen ei kemian osalta ole mahdollista vielä tämän kehittämisprosessin aikana.

Laatustandardit määrittävät arvosanan myös kaikkien opettajuuteen liittyvien opintojen ajoitukselle (5.1), itse opettajakoulutuksen valinnan ajoitukselle (5.2) ja aineenopettajan pedagogisten opintojen joustavuudelle (5.3). Tämän tutkimuksen kannalta tärkeää on pitkäaikaisen opettajuuteen kasvamisen mahdollistaminen, jolloin oleellista on tarkastella standardia 5.1 (Taulukko 3).

Taulukko 3 Matemaattis-luonnontieteellisen aineenopettajakoulutuksen laatustandardin mukaiset arvosanat opintojen ajoitukselle.

5.1. Opettajuuteen liittyvien opintojen ajoitus (ml. pedagogiset opinnot)*	A	Opettajuuteen liittyviä opintoja on mahdollista käydä vähintään neljänä lukuvuotena
	B	Opettajuuteen liittyviä opintoja on mahdollista käydä vähintään kahtena lukuvuotena
	C	Opettajuuteen liittyvät opintoja on vain yhtenä lukuvuotena
*Tähän kohtaan lasketaan kohtien 1.1–1.2 AO erikoiskurssit, pedagogiset opinnot sekä muut opettajuuteen ohjaavat opinnot.		

Tampereen yliopisto tarjoaa tämän standardin mukaisia opintoja matemaattisten aineiden opettajille yhden kokonaisen lukuvuoden ajan aineenopettajan pedagogisten opintojen kautta sekä yhteensä viisi erilaista opintojaksoa fysiikan ja matematiikan laboratorioilla (ks. luku 4.2). Näitä opintojaksoja on mahdollista suorittaa vähintään neljänä eri lukuvuotena, joten Tampereen yliopiston arvosana opintojen ajoitukselle olisi standardin mukaisesti A. Kemian ainedidaktisten opintojen lisääminen kemian ja biotekniikan laboratorioille ei siis nosta matemaattisten aineiden opettajakoulutuksen opintojen ajoituksen arvosanaa, mutta tasapainottaa opintotarjontaa siten, että matemaattisten aineiden opettaja voi saada ainedidaktista opetusta halutessaan kaikista opetettavista aineistaan.

Standardit ottavat kantaa siis matemaattis-luonnontieteellisen alan aineenopettajakoulutuksen resursseihin, eivätkä muihin opettajakoulutuksen laatuun vaikuttaviin tekijöihin, kuten opetuksen laatuun tai sisältöihin. Laatustandardit ovat osaltaan antaneet aiheen kemian didaktisten opintojen lisäämiselle ja kehittämiselle Tampereen yliopistolla, ja tämän tutkimuksen tarkoituksena on lisätä niitä yhden opintojakson verran.

4.2 Tampereen yliopiston tarjoamat ainedidaktiset opinnot matemaattisten aineiden opettajille

Tampereen yliopiston tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa on opintoja, jotka on suunniteltu tukemaan matemaattisten aineiden opettajaopiskelijoiden opetusvalmiuksia. Tässä työssä käytetään termiä laboratorio puhuttaessa eri aineiden laitoksista Tampereen teknillisen yliopiston vuoden 2018 nimitysten mukaisesti. Fysiikan ja matematiikan laboratorioilla on yhteensä viisi viiden opintopisteen opintojaksoa nimenomaan aineenopettajille, ja ne on esitelty luvuissa 4.3.2 ja 4.3.3.

Kemian ja biotekniikan laboratorioilla ei siis vielä ole tarjolla täysin omia aineenopettajille tarkoitettuja opintojaksoja didaktisen erikoistyön lisäksi. Tampereen teknillisellä yliopistolla on aikai-

semminkin suunniteltu kemian didaktisia opintoja Janne Ryynäsen diplomityössä ”Kemian opetuksen erityiskysymyksiä -opintojakson suunnittelu” [154]. Ratkaisussa ehdotettiin tällöin kolmen opintopisteen opintojaksoa *Kemian opetuksen erityiskysymyksiä*, joka perustui osittain tekijän omaan opettajakokemukseen ja sisältäisi myös laboratorioissa koulussa käytettävien demonstraatioiden ja kokeellisten töiden harjoittelua. Ehdotelma koostui muutamasta kokoontumiskerrasta ja laboratoriotyöskentelykerrasta, itsenäisesti suoritettavasta kemian historiakatsauksesta sekä kouluvierailusta. Työn ehdotusta ei kuitenkaan toteutettu kemian ja biotekniikan laboratoriolle, ja tämän tyyppisen opintojakson toteuttaminen ei tälläkään hetkellä ole kemian pienellä opiskelijamäärällä ja resursseilla mielekkäästi toteutettavissa lähiopetuskertoineen.

Ehdotuksessa on kuitenkin monia hyviä aihealueita ja tavoitteita, kuten mielekkäiden kokeellisten töiden harjoittamisen ja kokeellisuuden pohtimisen lisäksi opettajan vuorovaikutustaitojen ja oppilaiden kemian ymmärtämisen ja ajattelutaitojen tukeminen, sekä kemian opetuksen tutkimuksen hyödyntäminen suunniteltavissa opinnoissa, joita voidaan eri tavalla toteutettuna hyödyntää myös tämänhetkessä suunnittelutyössä. Tarkoituksena onkin, että kemian ainedidaktiset opinnot olisivat tulevaisuudessa lähempänä muiden tiedekunnan laitosten ainedidaktisten opintojen laajuutta, ja muodostaisivat keskenään kokonaisuuden, joista matemaattisten aineiden opettaja saa kattavasti erilaisia tietoja ja taitoja omaa opettajuuttaan varten. Tämän kehittämistutkimuksen rooli tässä yhteistyössä onkin edesauttaa tämän toteutumista.

4.2.1 Fysiikan ja matematiikan laboratoriot

Fysiikan käsitteenmuodostus (FYS-1650) on kandidaattivaiheen opintoihin alustavasti suunniteltu viiden opintopisteen opintojakso, joka on toteutettu ensimmäisen kerran syksyllä 2018. Opintojakson tavoitteiksi on asetettu, että opiskelija

- ”ymmärtää fysiikan käsitteenmuodostuksen prosessin kokeellisuuden ja mallintamisen näkökulmista,”
- ”osaa itsenäisesti kehittää opetuksen kannalta mielekkästä fysikaalista ajattelutapaansa” ja
- ”osaa suunnitella ja kehittää tutkimukseen perustuvia erilaisia opetuksellisia ratkaisuja.” [155]

Opintojakso perustuu havaintoon, jossa fysiikan aineenopettajaharjoittelijoiden käsitteenmuodostuksen ja -selityksen on havaittu olevan puutteellisia. [156] Tämä havainto voi asettaa myös kemian opettajaopiskelijoiden käsitteenmuodostusprosessin ymmärtämisen kyseenalaiseksi, ja tämä olisi hyvä tiedostaa myös kemian didaktisia opintoja suunniteltaessa.

Opintojakson opetuksessa tulee esiin myös oman opettamisen kehittäminen tutkimusperustaisilla ratkaisuilla. Ainedidaktisten opintojen olisi siis hyvä perustua käytännön tarpeiden lisäksi myös

relevanttiin tutkimustietoon. Käsitteenmuodostuksen ymmärtäminen ja tutkimusperustainen opettajuuden kehittäminen olisivat avaimia myös argumentaatiotaitojen kehitykseen opintojakson tavoitteiden mukaisesti myös kemian didaktisissa opinnoissa.

Didaktiset fysiikan työt (FYS-1591) on taas alustavasti maisterivaiheen opintoihin suunniteltu laboratoriotyöopintojakso opettajille. Opintojakson tavoitteena on, että opiskelija

- *”osaa itsenäisesti valmistella ja toteuttaa opetusta tukevia laboratorioharjoituksia”,*
- *”osaa suunnitella fysikaalisia ilmiöitä havainnollistavia mittauksia sekä yhdistää niitä teknologian sovelluksiin”,*
- *”hallitsee sähköisten perusmittavälineiden omatoimisen käytön sekä tietää miten oskilloskoopin perustoimintoja käytetään”,*
- *”saa kokemusta tietokoneavusteisten mittausten toteuttamisesta” ja*
- *”arvioi ja hyödyntää kokeellisten havaintojen ja simulaatioiden merkitystä fysikaalisen käsitteen muodostumisessa.” [157]*

Opetusta tukevien laboratorioharjoitusten valmisteleminen ja toteuttaminen on keskeinen osa fysiikan ja muiden kokeellisten luonnontieteiden opettajien työtä. Kemian aineenopettajat pääsevät tällä hetkellä suunnittelemaan ja harjoittelemaan opetusta tukevia kokeellisia töitä ainoastaan opetusharjoittelussa aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa. Kemian aineenopettajat saavat Tampereen yliopistolla kuitenkin hyvät valmiudet erilaisten välineiden käyttöön useiden laboratoriotyöopintojaksojen kautta. Tätä ei fysiikan opinnoissa välttämättä esiinny samassa laajuudessa, mikä osaltaan selittää myös tämän opintojakson tarpeellisuuden. Kemian aineenopettajaopiskelijoilta puuttuu siis vain vastaava mahdollisuus opetuksessa toteutettavien kokeellisten töiden suunnittelemisen ja toteuttamisen harjoitteluun, mihin uudet opinnot voisivat myös vastata.

Kyseyseen fysiikan opintojaksoon on myös integroitu sähköisten mittavälineiden ja tietokoneavusteisten mittausten hyödyntämistä vahvistaen siten aineenopettajien digitaalista osaamista. Kemian didaktisten opintojen olisi myös hyvä vastata tieto- ja viestintätekniikan vaatimuksiin kemian opetuksen kannalta, vaikka tämä ei toteutuisi välttämättä juuri kokeellisessa työskentelyssä. Tällä fysiikan opintojaksolla pohditaan kokeellisuuden ja simulaatioiden merkitystä fysiikan käsitteiden muodostumisessa. Kokeellisuuden lisäksi myös simulaatioiden tai muiden visualisointimenetelmien merkitystä kemiassa voitaisiin käsitellä tulevilla kemian opinnoilla.

Matematiikan laboratoriolle on kolme matematiikan opettajuuteen valmistavaa opintojaksoa. Ensimmäinen Hervannan kampuksella järjestettävä opintojakso vastaa osittain sisällöltään entistä laboratorion opintojaksoa Matematiikan opetuksen erityiskysymyksiä (MAT-60300). Kohti matematiikan opettajuutta 1 (MAT-60750) on ennen aineenopettajan pedagogisia opintoja suoritettavaksi tarkoitettu opintojakso. Sen tavoitteeksi on asetettu, että opiskelija

- ”ymmärtää nykyisen oppimiskäsityksen ja vallitsevien opetussuunnitelman perusteiden vaikutukset matematiikan opetukseen sekä on kiinnostunut kehittämään omaa opettajuuttaan niiden mukaan”,
- ”on omaksunut roolin oppimisen ohjaajana” ja
- ”tuntee useita menetelmiä opettaa matematiikkaa ja osaa pohtia niiden pedagogista mielekkyyttä.” [158]

Opintojakson pääsisältönä on käsitellä oppimisen, opettamisen ja opetussuunnitelmien perusteita matematiikan kontekstissa nykyisten käsitysten valossa. Opintojakson tavoitteena on siis antaa perustavat valmiudet matematiikan opettamisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin sekä valmentaa opiskelijoita aineenopettajan pedagogisia opintoja varten ja tukea opettajuuteen kasvamista jo ennen tätä vuotta. Opiskelijoiden valmiudet didaktisten teemojen oppimiseen ovatkin hyvin erilaiset riippuen siitä, ovatko opiskelijat suorittaneet kyseiset opinnot vai eivät. Tämä täytyy myös huomioida suunnitellessa didaktisia opintoja kemian aineenopettajaopiskelijoille.

Kohti matematiikan opettajuutta 2 (MAT-67050) on taas aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneille opiskelijoille suunnattu Hervannan kampuksen opintojakso. Sen tavoitteena on, että opiskelija

- ”näkee oppilaita aktivoivan opetuksen ja tietotekniikan luomat mahdollisuudet matematiikassa sekä osaa konkreettisesti hyödyntää opusteknologioita pedagogisesti mielekkäällä tavalla”,
- ”kykenee myös luomaan sähköistä oppimateriaalia” ja
- ”on syventänyt taitojaan oppilaslähtöisestä ohjaamisesta matematiikassa ja osaa hyödyntää teoreettista osaamistaan käytännön opetuksessa.” [159]

Opintojaksolla keskitytään siis aktivoivaan opetukseen sekä annetaan opettajaopiskelijoille tieto- ja viestintäteknisiä välineitä tämän toteuttamiseen matematiikan opetuksessa. Aktiivisen oppimisen mahdollistavia välineitä on monia, ja näiden välineiden käyttöä olisi hyvä opetella soveltamaan myös kemiassa. Opiskelijat tutustuvat myös sähköisten tehtävien luomiseen Abitti-järjestelmässä, ja syventävät taitojaan oppilaan ohjaamisessa, jota käsiteltiin myös ensimmäisellä didaktisella opintojaksolla [160]. Opiskelijat pääsevät myös harjoittelemaan ohjaavaa opettamista matematiikan laskupajassa, jonne yliopiston opiskelijat voivat tulla laskemaan omia tehtäviään. [159] Opiskelijat saavat siis perustavat valmiudet Abitin käyttöön tällä opintojaksolla, ja sen opettelua ei välttämättä tarvitse siis harjoitella erikseen kemian didaktisissa opinnoissa. Oppilaiden tai opiskelijoiden ohjaamista eli käytännön harjoittelua ei varmasti kuitenkaan ole matemaattisten aineiden opettajien opinnoissa liikaa, joten tähän olisi hyvä löytää keinoja myös kemian didaktisissa opinnoissa.

Molemmat opintojaksot koostuvat pääasiassa tapaamiskertojen keskusteluista, viikkotehtävistä ja oppimispäiväkirjasta, joista kaksi viimeistä otetaan huomioon arvioinnissa (numeroarvosana 0-5). Opintojaksoilla tuotetut oppimateriaalit toimivat opintojaksojen harjoitustöinä, mutta eivät siinä vaikuta arviointiin. [158, 159] Koska kemian didaktisista opinnoista halutaan tässä vaiheessa tehdä hyvin itsenäisesti suoritettava opintojakso, ei uusi opintojakso tule ainakaan toteutukseltaan olemaan samankaltainen matematiikan didaktisiin opintoihin verrattuna, ja arvostelu kohdistuu vain opiskelijan tuotoksiin. Oppimispäiväkirjan tai -portfolion luominen näistä voisi kehittävässä opinnoissa olla kuitenkin myös mielekästä aineenopettajaopiskelijoiden kannalta. Molemmilla opintojaksoilla tehdään myös vierailu erilaiseen oppimis- ja opetusympäristöön kuten yritykseen (MAT-60750), ammattikorkeakouluun tai LUMA-päiville (MAT-67050). [158, 159] Vierailu voisi potentiaalisesti olla myös osa kemian didaktisia opintoja tulevaisuudessa, jos siihen löydetään luonteva mahdollisuus.

Matematiikan ainedidaktisista opintojaksoista uusin, on keväällä 2019 alkanut Opettajasuunnan seminaari (MTTMS11) keskustan kampuksella. Opintojakson osaamistavoitteisiin on asetettu, että opiskelija

- *”oppii löytämään koulu- ja yliopistomatematiikan välisiä yhteyksiä, ymmärtämään yliopistomatematiikan avulla syvällisemmin koulumatematiikan sisältöjä sekä näkemään koulumatematiikan taustalla olevia abstrakteja rakenteita”,*
- *”oppii esittämään ja argumentoimaan matemaattista teoriaa sekä keskustelemaan siitä.” ja*
- *”oppii hankkimaan tietoa hänelle uudesta matemaattisesta aihepiiristä.”* [161]

Arviointiasteikolla hyväksytyt/hylätyt arvioitu opintojakso suoritetaan siten, että opiskelija pitää esitelmää koulumatematiikan kannalta oleellisista yliopistomatematiikan aiheista perehtyen tutkimuskirjallisuuteen, opponoi toisten esityksiä, arvioi omaa osallistumistaan ja osallistuu näistä aiheista käytäviin keskusteluihin seminaaritapaamisissa. [161] Yliopistokemia on myös melko erilaista verrattuna koulussa käsiteltävään kemiaan, ja olisi hyvä, että kemian opettajaopiskelijat tutustuisivat myös syvällisemmin koulukemian sisältöihin. Siksi voisi olla tarpeellista, että kemian didaktisissa opinnoissa tutustuttaisiin esimerkiksi opintosuunnitelman perusteiden vaatimiin opetussisältöihin, ja pohdittaisiin opetettavia aiheita opiskelu- ja opetuskokemuksesta käsin.

4.3 Aineenopettajille suunnatut kemian opinnot muissa Suomen yliopistoissa

Kemian aineenopettajia valmistuu Tampereen yliopiston lisäksi myös viidestä muusta suomalaisesta yliopistosta. Näiden yliopistojen kemian opintoihin kuuluu usein eri laajuisia opintoja, jotka on suunniteltu nimenomaan vastaamaan kemian aineenopettajien tarpeita. Matemaattisten aineiden opettajan tutkintoon sisään otetut opiskelijat valmistuvat Tampereelta kuitenkin tämän lisäksi

myös diplomi-insinööriksi, eli tutkinto on siten myös kaksoistutkinto sisältäen diplomi-insinöörin opintokokonaisuudet ja pakolliset opinnot. Tässä luvussa on tarkoitus tarkastella muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnattujen opintojaksojen sisältöjä ja toteutusta, ja pohtia niiden merkitystä Tampereen yliopiston kemian opinnoille ja Tampereelta valmistuville niin DI-opettajille kuin muille kemiassa opetettavan aineen kokonaisuuden suorittaville matematiikan pääaineopettajille.

Aineenopettajille suunnatuilla kemian opinnoilla tarkoitetaan tässä luvussa kaikkia sellaisia kemian opintoja, joiden tavoitteet tai sisällöt on suunniteltu ainakin osittain juuri kemian aineenopettajaopiskelijoita varten, ja joita ei opeteta osana paikallisia aineenopettajan pedagogisia opintoja, kuten tässäkin työssä suunniteltavat opinnot. Tällaisiksi opinnoiksi ei siis lueta esimerkiksi opettajaopintoihin kuuluvia yleisiä kemian teoria- tai laboratorio-opintojaksoja tai opetusharjoittelua, vaan tarkastelu keskittyy ainoastaan luonnontieteiden ja matematiikan tiedekuntien ja ainelaitosten tarjoamiin didaktisiin opintojaksoihin. Analyysi perustuu yliopistojen opinto-oppaiden tietoihin, joita tarkasteltiin lokakuun 2018 ja helmikuun 2019 välillä.

Suomen yliopistoista löytyi yhteensä 48 opintojaksoa, jotka voidaan luokitella aineenopettajille suunnatuiksi kemian opinnoiksi. Kyseisten opintojaksojen tunnuksot, nimet, opintopistemäärät, kohdetutkintotasot, valinnaisuudet ja arvosteluasteikot on lähteineen koottu liitteeseen A. Koosteesta havaitaan, että selvästi yli puolet näistä opintojaksoista opetetaan Helsingin (19 opintojaksoa) ja Jyväskylän yliopistoissa (16 opintojaksoa), kun taas Turun yliopistossa opintojaksoja on viisi, Itä-Suomen yliopistossa kuusi ja Oulun yliopistossa vain kolme, mikä kertoo yliopistojen opettajankoulutuksen erilaisista koko- ja resurssieroista. Esimerkiksi Oulun yliopistossa kemiaa ei voi valita pitkäksi opetettavaksi aineeksi, mikä osaltaan vaikuttaa aineenopettajille suunnattujen kemian opintojaksojen vähyyteen [162]. Aineenopettajille suunnatut kemian opintojaksot ovat pääasiassa viiden opintopisteen laajuisia, mutta jokaisessa yliopistossa on myös suppeampia 1-4 opintopisteen kokonaisuuksia.

Opintojaksot on sijoitettu melko vaihtelevasti kandidaatin- tai maisterin tutkintoon riippuen yliopistosta. Helsingin yliopistolla kemian ainedidaktisia opintoja on kohdistettu enemmän kandidaatin-tutkinnon puolelle (11 kpl), kun taas Jyväskylässä ainoastaan yksi opintojakso on asetettu selvästi osaksi kandidaatin-tutkintoa. Muissa yliopistoissa jaottelu on tehty tasaisemmin. Opintojaksot voivat olla kemian aineenopettajille joko pakollisia tai valinnaisia, ja yleensä yksittäisen yliopiston kemian ainedidaktisista opinnoista tällaisia on noin puolet. Pakolliset opintojaksot painottuvat myös useimmiten kandidaatin-tutkinnon puolelle, joskin Helsingissä pakolliset ja valinnaiset opintojaksot jakautuvat tasaisemmin molemmille tutkinnoille. Varsinkin Jyväskylän yliopiston maisterivaiheen kemian didaktiset opintojaksot ovat hyvin joustavia, sillä lähes kaikki opintojaksot ovat tuolloin jollakin tavalla valinnaisia. Opintojaksot arvostellaan kaikissa yliopistoissa joko asteikolla hyväksytty-hylätty tai numeroasteikolla 0-5, joista numeroasteikkoa käytetään yleisemmin valinnaisilla opintojaksoilla. Itä-Suomessa ja Helsingissä hyväksytty-hylätty -asteikkoa suositaan lähes

yksinomaan kandidaattivaiheen opintojaksoissa, kun taas Jyväskylässä ja Turussa suositaan kokonaisuudessaan numeroarviointia.

4.3.1 Opintojaksojen aiheet

Kemian aineenopettajaopiskelijoille suunnatut opintojaksot Suomen yliopistoissa kattavat monia erilaisia kemian opetukseen liittyviä teemoja ja aiheita. Tässä luvussa tarkastellaan opintojaksoilla käsiteltäviä kemian opettamiseen liittyviä aiheita teemoittain, ja tarkastellaan siten yleisiä kemian aineenopettajien opetuksessa esiintyviä trendejä.

Eniten kemian aineenopettajille suunnattuja opintoja tarjoavissa Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa kemian aineenopettajaopiskelijoille tarjotaan kandidaattivaiheessa johdanto-opintojakso opettajaopintoihin orientoitumista varten. Helsingin opintojakso on yhteinen kaikille matemaattisten aineiden opettajille, ja Jyväskylässä johdanto-opintojakso on nimenomaan tarkoitettu kemian opettajille. Jyväskylän opintojaksolla käsitelläänkin muun muassa kemian opetuksen tutkimusta ja tutkimuskirjallisuutta, kemian kolmitasoa sekä kemian opetuksen haasteita ja mahdollisuuksia. Helsingin yliopiston johdanto-opintojakso keskittyy taas enemmän itse yliopistoon ja opettajaopintoihin tutustumiseen, vaikka opinnoissa onkin opintosuuntakohtainen osuus. [163, 164] Jonkinlainen orientaatiomahdollisuus oman opiskelulinjan hahmottamiseksi olisi aina hyvä olla korkeakouluopiskelijalla, ja sen lisääminen Tampereen matemaattisten aineiden opettajien DI-opettajalinjalle voisi myös olla tervetullutta. Tässä työssä opintoja on kuitenkin tarkoitus suunnitella siten, että ne palvelisivat mahdollisimman monia kemian opettajaopiskelijoita.

Kemian aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa nähdään yleisesti paljon kokeellista työskentelyä sisältäviä opintojaksoja. Tällaisia opintojaksoja on varsinkin Jyväskylän yliopistossa, jossa on kandidaattivaiheen "Kokeellinen kemia koulussa" sekä maisterivaiheen "Laboratoriotyöt kemian opetuksessa" -opintojaksojen lisäksi mikrokemiaan, keittiökemiaan ja luonnossa tehtäviin laboratoriotöihin liittyvät kokeelliset opintojaksot kemian opettajaopiskelijoille [164]. Oulun yliopiston harvoista kemian opettajille suunnatuista opintojaksoista kaksi keskittyvät myös opettajaopiskelijoiden kokeellisten taitojen harjoitteluun, ja niistä toinen sisältää koulussa tehtävien demonstraatioiden ja toinen laboratoriotöiden harjoittelua [165]. Itä-Suomen yliopistolla on myös oma opintojaksonsa, joka koostuu pääosin laboratorioharjoituksista liittyen koulussa käsiteltäviin kemian aiheisiin [166]. Tampereelta valmistuvat kemian opettajat saavat opintojensa kautta hyvät kokeelliset työvalmiudet, mutta didaktisen koulunäkökulman puuttuminen on selkeä puute tämänhetkisistä kemian laboratorion tarjoamista opinnoista myös TTY:ltä valmistuneiden opettaja-alumnien mielestä (ks. luku 4.5).

Lähes kaikilla yliopistoilla on myös jokin opintojakso, jossa tutustutaan nimenomaan tutkimukselliseen kemian opetukseen ja kokeellisuuteen, mikä on yksi kemian opetussuunnitelman perusteiden tärkeimmistä tavoitteista (ks. luku 4.4). Aihetta käsittelevät Helsingin, Jyväskylän ja Turun opintojaksot toteutetaan yliopistojen välisenä yhteistyönä [163, 164, 167], joissa opettajaopiskelijoiden on tarkoitus tutustua tutkimuksen teon eri vaiheisiin ja osa-alueisiin kemiassa ja suunnitella, ohjata ja arvioida tutkimuksellista kokeellista työskentelyä yhteiselle kenttäjaksolle. Itä-Suomen yliopistossa on myös oma erillinen kemian opintojaksonsa ”Kemian tutkimusmenetelmiä opettajille”, jossa tutustutaan niin ikään opetussuunnitelman perusteiden kemian tutkimuksen sisältöihin kuin myös kemian tutkimusmenetelmiin ja niiden soveltamiseen kemian opetuksessa [166]. Tutkimuksellisen kemian opetuksen ja kokeellisuuden teemojen sisältyvät siis oleellisesti kemian aineenopettajien koulutukseen muissa yliopistoissa, ja tämä olisi hyvä huomioida myös Tampereen yliopistossa suunniteltavissa opinnoissa.

Näiden opintojaksojen lisäksi kemian aineenopettajien opinnoissa opiskelijat pääsevät järjestämään myös erilaisia laboratoriotöitä sisältäviä tiedekasvatustapahtumia. Helsingin ja Itä-Suomen yliopistoilla opiskelija voi omalla opintojaksollaan suunnitella ja toteuttaa jonkin tiedekasvatusaktiviteetin (kuten jonkin kerhon, leirin tai tapahtuman) tukimateriaalien avulla [163, 166]. Jyväskylän yliopistolla kemian opettajaopiskelijat ohjaavat taas oppilasvierailuja laboratorioissa osana kahta kokeellista opintojaksoa, ja opiskelija voi myös järjestää itse oppilasvierailun yhden opintopisteen laajuisella opintojaksolla [164]. Tampereen yliopiston kemian laboratorioissa vierailee myös eri ikäisiä ja suuruisia kouluryhmiä, ja siten kemian opettajaopiskelijoilla voisi olla myös mahdollisuus olla mukana suunnittelemassa ja toteuttamassa näitä vierailuja osana didaktisia opintoja.

Kemian aineenopettajien koulutuksessa on kokeellisuuden lisäksi vahvasti läsnä kemian luonteen, käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtäminen, opetussuunnitelman rooli kemian opetuksessa sekä se, miten kemia suhteutuu muihin luonnontieteisiin ja oppiaineisiin. Niin Helsingin kuin Jyväskylän yliopistoissa on opintojaksot, joissa tutustutaan nimenomaan uusimpaan tutkimustietoon kemian käsitteiden ja ilmiöiden opettamisesta ja oppimisesta sekä opetussuunnitelmien sisältöihin aiheeseen liittyen [163, 164]. Itä-Suomen ja Turun yliopistoissa taas on opintojaksot, joilla luonnontieteiden ja matematiikan opettajaopiskelijat käsittelevät ilmiölähtöisyyttä projektioppimisen kautta ja oppivat eri aineiden integrointiin liittyvää problematiikkaa. Jyväskylässä opintojaksoon tuodaan myös mukaan opetussuunnitelman tutkimuksellisuus- ja teknologianäkökulmaa, ja Turussa taas luonnontieteellisen mallin käsite ilmiön käsitteen lisäksi [164, 167]. Helsingin yliopistossa on taas kaksi erillistä opintojaksoa, joista kandidaattivaiheessa suoritettavalla käsitellään juuri kemian erityispiirteitä, kemiallisen tiedon ja mallien muodostumista ja niiden vaikutusta kemian opettamiseen, kun taas toisella maisterivaiheen opintojaksolla opettajaopiskelijan on tarkoitus oppia kaikelle matemaattiselle ja luonnontieteelliselle tiedolle tyypillisiä piirteitä, sekä miten niiden erot vaikuttavat oppiaineiden monialaiseen integroimiseen soveltaen oman pääaineensa (kuten kemian) erityispiirteitä [163]. Oulun yliopiston opinnoissa näistä aiheista käsitellään niin kemian peruskäsitteitä, kemian opetuksen erityispiirteitä kuin myös opetussuunnitelmien perusteita osana yhtä

kemian aineenopettajille suunnatuista kolmesta opintojaksosta [165]. Tämä painotus ohjaa myös suunniteltavia didaktisia opintoja huomioimaan sen, mikä kemialle (kuten tiedolle tai käsitteille) on erityistä, ja mitä asioita opetussuunnitelma painottaa kemian opetuksessa ja oppimisessa.

Kemian aineenopettajille suunnatuissa opintojaksoissa käsitellään kemian itsensä ja sen ominaisuuksien lisäksi usein myös kemian *yhteiskunnallista merkitystä* ja sen huomioimista opetuksessa. Kyseinen teema on esillä varsinkin Helsingin yliopistolla, jossa on muun muassa oma opintojakso matematiikan ja luonnontieteiden yhteiskunnallisesta merkityksestä, jossa opiskelija tekee yhteistyötä elinkeinoelämän ja muiden koulun ulkopuolisten tahojen kanssa, ja saa siten yhteistyökokemusta sekä esimerkkejä kemian sovellusmahdollisuuksista kemian opetukseen. Kemian erityispiirteitä käsittelevässä Helsingin yliopiston opintojaksossa tarkastellaan tämän lisäksi kemian tutkimuksen, ympäristön ja yhteiskunnan välisiä vuorovaikutuksia, ja taas toisessa Helsingin opintojaksossa opiskelija tutustuu nonformaaleihin ja informaaleihin oppimisympäristöihin sekä omaan elinympäristöönsä konkreettisen ja kiinnostavan kemian opetuksen mahdollistajana [163]. Itä-Suomen yliopistossa ja Turun yliopistoissa toteutetaan taas historianäkökulmaa tukevat opintojaksot, joissa Itä-Suomen yliopistossa aineenopettaja oppii hyödyntämään kemian historiaa ja tärkeimpien suomalaisten kemianteollisuuden yritysten, tuotteiden ja prosessien merkitystä kemian opetuksessa, ja Turun yliopistossa kemian tutkimuksen kehittymisen merkitys tulee luonnollisesti esille osana fysiikan ja kemian historiaopintojaksoa [166, 167]. Näiden teemojen lisäksi *kestävään kehitykseen* liittyviä opintojaksoja on aineenopettajille niin Helsingin kuin Turun yliopistoissa. Helsingin kahdella opintojaksolla käsitellään niin kestävän kehityksen käsitteitä ja ilmiöitä, ja niiden opettamista kemiassa myös kokeellisin keinoin, sekä harjoitellaan monialaisen kestävän kehityksen käsitteiden ja ilmiöiden oppijalähtöistä opettamista [163]. Turun yliopistossa kemian opettajaopiskelija voi hyödyntää omaa oppiainettansa kestävän kehityksen ratkaisuja käsittelevän opintokokonaisuuden suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi muiden aineiden opettajaopiskelijoiden kanssa [167]. Yliopistoissa kannustetaan aineenopettajaopiskelijoita myös työelämä- ja opetuskokemusten hankkimiseen opiskelujen aikana. Kemian opettajaopiskelijan on mahdollista saada opintopisteitä esimerkiksi suorittamistaan sijaisuuksista, laskuharjoitusassistenttina toimimisesta tai tiedekasvatuskeskuksen ohjaajana toimimisesta niin Helsingissä, Jyväskylässä kuin Turussa [163, 164, 167].

Kemian aineenopettajien opinnoissa huomioidaan Helsingissä ja Jyväskylässä myös erilaisia kemian oppimiseen ja opettamiseen liittyviä haasteita. Helsingin yliopistossa käsitellään omalla opintojaksollaan erilaisten kemian oppijoiden tarpeita ja eriyttämistä, ja opiskelija pääsee suunnittelemaan ja harjoittelemaan erilaisten oppijoiden opetusta käytännössä. Toisella opintojaksolla aineenopettajaopiskelija saa taas työkaluja tutkivan ja eheyttävän kemian opetuksen toteuttamiseen, ja siten valmiuksia elinikäiseen ja tutkivaan kemian opettajuuteen ja opetuksen yhtenäistämiseen muiden oppiaineiden kanssa. [163] Jyväskylän yliopiston kemian ilmiöitä ja käsitteitä käsittelevällä opintojaksolla käsitellään kemian oppimiseen liittyviä oppimisvaikeuksia ja analysoidaan niihin liittyviä syitä ja seurauksia sekä niiden ehkäisyä. Aineenopettajaopiskelija voi myös

Jyväskylässä perehtyä kemian opetukseen ja oppimiseen itsenäisesti sekä kehittää omia ainedidaktisia taitojaan ja pedagogista sisältötietoaan kirjallisuuden avulla tentittävissä opintojaksolla. [164] Vaikka näitä aiheita ei siis käsitellä muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa omilla opintojaksoillaan, ovat ne silti tärkeitä ja mielenkiintoisia teemoja kemian oppimisen ja opettajuuden kannalta, ja siten huomionarvoisia myös tässä kehitystyössä. Toive tällaisten teemojen käsittelemisestä tulee ilmi myös TTY:llä opiskelleiden kemian opettaja-alumnien vastauksista (ks. luku 4.5).

Kemian opettajaopiskelijoille halutaan tarjota jokaisessa yliopistossa myös tieto- ja viestintäteknisiä välineitä ja niiden käytön harjoittelemista tukemaan kemian opettajan työtä. Varsinkin Helsingin yliopistolla on omat opintojaksot niin tarpeellisten tekstinkäsittely-, esitys-, ja taulukkolaskentaohjelmistojen opettelemiseen, kuin niiden soveltamiseen omassa pääaineessa sekä molekyyli-mallinnuksen opettelemiseen esimerkiksi MarvinSketch-mallinnusohjelmalla [163]. Näiden lisäksi Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa on omat opintojaksionsa, joissa keskitytään mallintamiseen, simulointiin ja visualisointiin kemian opetuksessa ja niihin tarkoitettuihin ohjelmiin [163, 164]. Itä-Suomen yliopistolla teksti-, data- ja kuvankäsittelyohjelmistoihin sekä molekyylien ja kaavioiden piirtämiseen tarkoitettuihin ohjelmistoihin tutustutaan taas yhdessä opintojaksossa [166]. Oulussa ja Jyväskylässä opiskelija voi tutustua kemian opetusta tukeviin digitaalisiin välineisiin myös osana kokeellista työskentelyä [164, 165]. Turussa kemian opettajaopiskelijoille tarkoitettu opintojakso keskittyy taas varsinkin sähköisiin oppimisympäristöihin, sähköisten tehtävien laatimiseen ja ylioppilaskirjoituksiin sekä näissä hyödyllisiin ohjelmistoihin [167]. Tällä hetkellä Hervannan kampuksella opiskelevilla kemian aineenopettajaopiskelijoilla on DI-tutkinnon kautta melko hyvät yleiset tieto- ja viestintätekniset valmiudet ja matematiikan laboratorion opinnoissa opiskelijat pääsevät opettelemaan muun muassa Abitti-koejärjestelmän käyttöä. Kuitenkin juuri molekyyli-mallinnus on Tampereen yliopiston kemian opinnoissa vielä vähäistä, ja didaktiset opinnot voisivat vastata tähän tarpeeseen.

Monella opintojaksolla mainitaan myös ajanmukaisen tutkimustiedon hyödyntäminen eri aiheita käsiteltäessä [163-167]. Opintojakso voi myös kokonaan käsitellä pääasiallisesti kemian opetuksen tutkimusta, ja esimerkiksi Jyväskylän yliopistossa kemian aineenopettajaopiskelijat voivat tutustua kemian opetuksen kansainväliseen tutkimukseen yhteisesti suoritettavilla kahdella opintojaksolla, joissa opiskelija seuraa ja on mukana mahdollistamassa kemian opetuksen konferenssia [164]. Muut kemian opetuksen tutkimusta käsittelevät neljä opintojaksoa liittyvät useimmiten pro gradu -työhön valmistautumiseen, ja näissä Jyväskylän, Oulun ja Turun yliopistoissa toteutettavissa opintojaksoissa opiskelija analysoi tutkimuskirjallisuutta ja pyrkii siten osoittamaan valmiutensa opinnäytetyön tekemiseen [164, 165, 167]. Turussa kemian opettajaopiskelija tekee myös kandidaattivaiheessa harjoitustyön, jossa hän perehtyy kemian laboratoriossa tehtävään tutkimustyöhön parin viikon ajan [167]. Tampereen yliopistolle kehitettävissä kemian didaktisten opintojen suunnittelussa on siten myös tärkeää tuoda tutkimustietoa opettajaopiskelijoiden saataville opintojaksolla käsiteltävistä aiheista.

4.3.2 Opintojaksojen toteutus

Kemian aineenopettajille suunnattuja opintojaksoja toteutetaan tällä hetkellä kaikissa Suomen yliopistoissa niin lähiopetuksena kuin myös jonkin verran täysin verkko- tai etäopetuksena pääasiassa Helsingissä. Suurin osa opintojaksoista sisältävät molempia toteutustapoja. Lähiopetus voi olla joko luentoja, seminaareja tai konferensseja, tai muita opetukseen liittyviä suunnittelutapaamisia ja ohjaukseta. Kokeellisuutta käsittelevissä opintojaksoissa esiintyy usein laboratoriossa tai muualla tehtäviä kokeellisia harjoituksia, ja lähiopetus voi sisältää myös ohjattuja tietokoneharjoituksia. Lähiopetuksessa on usein myös täysi tai osittainen läsnäolovelvollisuus. Opintojaksoihin sisältyy myös erilaisia vierailu- ja opintokäyntejä erilaisiin oppimisympäristöihin kuten kouluihin, yrityksiin, tutkimusyhteisöihin tai konferensseihin Helsingissä, Jyväskylässä ja Turussa. [163-167] Tässä työssä suunniteltavat opinnot tulevat olemaan käytettyjen opettajaresurssien ja opiskelijamäärien perusteella lähinnä verkko- ja etäopintoja. Kuitenkin opettajaopiskelijoiden fyysinen kohtaaminen ja vuorovaikutteisemmän toteutuksen suunnittelu voisi muualla olevan opetustarjonnan perusteella olla kuitenkin yksi tärkeä didaktisten opintojen suunnittelutavoite.

Kemian aineenopettajille suunnatuilla opintojaksoilla painottuvat selvästi ryhmätyöt ja muut yhteisölliset työskentelytavat. Useissa opintojaksoissa kemian aineenopettajaopiskelijat pääsevät yleensä suunnittelemaan ja toteuttamaan opetusta sekä niihin liittyviä kokeita ja kokeellisuutta ryhmässä. Ryhmätyöskentely ja opetuksen suunnittelu voi olla myös monitieteistä. Opiskelijoiden yhdessä suunnittelemaa opetusta toteutetaan yhteistyössä koulujen kanssa varsinkin opiskelijalaboratorioissa, tiedekasvatustapahtumissa ja -luokissa, sekä jopa maastossa. Vain harvalla opintojaksolla opetuksen suunnittelua tehdään vain itsenäisesti tai suunniteltua materiaalia ei toteuteta konkreettisenä opetuksena. Muutamalla opintojaksolla esiintyy myös vertaisopetusta opetuksen harjoittelumuotona varsinkin Helsingissä. Opintojaksoilla voidaan tehdä tämän lisäksi muun muassa suullisia tehtäviä ja keskusteluharjoituksia tai mahdollisesti keskustelua järjestetään verkossa. Opiskelijoiden tekemiä ryhmä- tai vertaisarviointeja käytetään usein oppimisen tai arvioinnin välineinä, ja joillakin opintojaksolla opiskelijoiden tekemiä tuotoksia jaetaan myös muille opiskelijoille. Seminaariesityksiä tai muita esitelmiä pidetään yleisesti eri opintojaksoilla niin ryhmässä kuin myös itsenäisesti. [163-167] Koska tässä työssä suunniteltavat opinnot eivät tule sisältämään lähiopetusta, ei ryhmätyöskentelyä voida toteuttaa esimerkiksi keskusteluna tai esitelminä. Ryhmätyöskentely ja kollegiaalisuus ovat kuitenkin tärkeitä elementtejä opettajan työssä, joten sen sisältäminen suunniteltaviin opintoihin esimerkiksi vertaisarvioinnin tavoin on pääasiassa verkko-opetuksena toteutettavalle opintojaksolle mielekästä. Kemian opettajaopiskelijat voisivat Tampereella toteuttaa opiskelijalaboratoriossa vierailevien koululaisten ohjauksen ryhmässä, mikä olisi luonteva tapa toteuttaa ryhmätyö suunniteltaviin didaktisiin opintoihin.

Opintojaksojen suorittaminen ja arviointi perustuvat usein myös muihin kirjallisiin, usein verkossa suoritettaviin tehtäviin ja tuotoksiin mahdollisen opetuksen suunnittelun ja toteutuksen lisäksi. Tehtävät sisältävät yleisesti paljon toteutetun opetuksen arviointia ja reflektointia sekä itsearviointia, sekä erilaisiin aineistoihin tutustumista. Tuotokset voivat olla esimerkiksi raportteja, työselostuksia, oppimispäiväkirjoja tai muita kirjoitelmia. Tehtävät voivat olla myös ennakkotehtäviä lähiopetuskerroille. Myös työelämästä saadun kokemuksen muuttaminen opintopisteiksi vaatii kyseisillä opintojaksoilla jonkin kirjallisen tehtävän suorittamisen, kuten opetuskokemuksen mitoitamisen opetustunneista opintopisteiksi. Tieto- ja viestintätekniisten taitojen ja ohjelmien opettamiseen käytetään taas usein itsenäisiä verkkoharjoituksia. Suoritettava ja arvioitava tehtävä voi olla myös muita tehtäviä laajempi loppu-, projekti-, harjoitus- tai tutkimustyö tai kuulustelu. Joissakin harvoissa opintojaksoissa on myös jokin loppukoe, tai -kokeita, jotka voivat vaikuttaa opintojakson arviointiin ja hyväksytyyn suorittamiseen. Pelkästään kirjatentillä suoritettavia kursseja oli kuitenkin vain yksi. Opintojaksojen arvioinnissa kiinnitetään suoritettujen tehtävien lisäksi huomiota myös opiskelijan yleiseen aktiivisuuteen. [163-167] Opintojaksoilla esiintyy siis monipuolisia tehtävätyyppejä ja arvostelutapoja. Reflektio, itsearviointi ja oppimisen koonti esimerkiksi oppimispäiväkirjaan ovat tuttuja opiskelutapoja Tamperealaiselle matemaattisten aineiden opettaja-opiskelijalle, ja niitä voisi siis helposti sisällyttää myös suunniteltaviin kemian didaktisiin opintoihin. Kirjoitustehtävistä ja muista tehtävistä pyritään suunnittelussa tekemään monipuolisia, jotta verkossa toteutettavat opinnot olisivat mielekkäitä, ja että ne sopisivat parhaiten käsiteltävän aiheen oppimiseen.

4.4 Opetussuunnitelman perusteet kemiassa

Opetussuunnitelman perusteet asettavat velvoittavana asiakirjoina vaatimukset niin peruskoulun ja lukion kemian opetukselle kuin kaikelle muullekin opetukselle. Opetussuunnitelman perusteita käsitellään melko kattavasti aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa Tampereen yliopistolla. Kyseisessä tarkastelussa painottuu kuitenkin perusteiden yleinen merkitys opettajan työssä, ja matemaattisten aineiden opettajaopiskelija ei välttämättä pääse kunnolla syventymään kaikkien opetettavien aineidensa, kuten esimerkiksi kemian, osuuksiin opintojensa aikana. Koska Tampereen yliopistolta valmistuvista kemian opettajista suurin osa tulee kuitenkin työskentelemään yläkoulussa tai lukiossa, on tärkeää, että jokainen kemian opettaja tietää, mitä kemian opetukselta valtakunnallisesti odotetaan.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet on julkaistu vuonna 2014 ja yläkoulussa ne on otettu porrastetusti käyttöön vuosien 2016 ja 2019 aikana [168]. Lukion opetussuunnitelman perusteet on otettu käyttöön aloittaville opiskelijoille vuonna 2016 [169]. Seuraavissa luvuissa arvioidaan opetussuunnitelmien kemian oppiaineelle asettamia tavoitteita, sisältöjä ja arviointiperusteita (luvut 4.4.2, 4.4.4 ja 4.4.4), sekä miten nämä vaikuttavat kemian aineenopettajien koulutukseen.

4.4.1 Kemian tavoitteet

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa yläkoulun kemian opetukselle asetetaan viisi-toista tavoitetta (T1-T15). Tavoitteet on jaoteltu kolmeen osaan: merkityksen, arvot ja asenteet (T1-T4), tutkimisen taidot (T5-T9) sekä kemian tiedot ja niiden käyttäminen (T10-T15). Jokaisen tavoitteen kohdalla viitataan myös perusteissa asetettuihin kemian sisältöalueisiin (S1-S6) sekä laaja-alaisen osaamisen painotusalueisiin vuosiluokilla 7-9 (L1-L7), jotka koskevat kaikkia oppiaineita. [52, s.394-395] Lukion opetussuunnitelman perusteissa on asetettu yksitoista tavoitetta (merkitty tässä työssä K1-K11) koko lukion kemian oppimäärälle, jotka tarkentuvat yhdelle valtakunnalliselle pakolliselle ja neljälle syventävälle kurssille erikseen asetetuissa tavoitteissa (KE1-KE5). [53, s.157-160] Tässä luvussa analysoidaan kemian opetukselle opetussuunnitelman perusteissa asetettuja tavoitteita, ja näihin viitataan käyttämällä tavoitteiden ja kurssien lyhenteitä.

Opetussuunnitelman perusteissa on ensimmäisenä kemian opetuksen tavoitteena mainittu tavoite innostamisesta ja kiinnostuksen herättämisestä kemian opiskelua kohtaan niin yläkoulun kemian opetuksen tavoitteissa kuin myös lukion ensimmäisenä pakollisen kurssin tavoitteissa (T1, KE1). Toiseksi yläkoulun kemian tavoitteeksi ja ensimmäiseksi lukion kemian kokonaistavoitteeksi on taas asetettu oman kemian osaamisen tunnistamisen ja tavoitteiden asettamisen hie-man eri painoituksin (T2, K1). Kemian opetuksen tavoitteiden lähtökohtina ovat siis *motivointi* ja *oppilaslähtöisyys*. Molemmilla opetusasteilla kemian tavoitteeksi on myös asetettu koulurakennuksen ulkopuoliset mahdollisuudet kemian soveltamiseen, jotka edelleen ohjaavat motivoivaan sekä oppijalle merkitykselliseen kemian opetukseen (T15, K2).

Kemian yhteiskunnallinen merkityksen hahmottaminen on edellisten tavoitteiden jälkeen asetettu seuraavaksi tärkeäksi kemian opetuksen tavoitteeksi. Tarkoituksena on ohjata oppilasta tai opiskelijaa ymmärtämään ja arvioimaan kemiaa ja sen sovellusten merkitystä niin yksilön ja itsensä, kuin yhteiskunnan ja muun ympäristön kannalta (T3, T4, K11). Yläkoulussa tavoitteena on ohjata oppilaita pohtimaan omia valintojaan sekä kemian avulla saavutettavia ratkaisuja itsenäisesti ja muiden kanssa (T4, T8). Kemian yhteiskunnallinen merkitys tulee taas lukiossa hienovaraisemmin esiin yksittäisten kurssien omissa tavoitteissa (KE1-KE5). Yläkoulun oppilaiden ja lukion opiskelijoiden toivotaan pystyvän tulevaisuudessa osallistumaan yhteiskunnalliseen keskusteluun, ja kemian opetussuunnitelman tavoitteissa korostetaan kemian *käsitteiden ja ilmiöiden hahmottamista* ja *argumentointia*. Omien näkemysten perusteleminen ja kriittisyys on tavoitteena niin yläkoulussa kuin lukiossa (T12, K8). Tämän saavuttamiseksi yläkoulussa tavoitellaan aineen ominaisuuksien, rakenteen ja aineiden muutosten peruseräiteiden ymmärtämistä (T14) sekä käyttämään näihin liittyviä käsitteitä täsmällisesti siten, että oppilaan käsiterakenne muotoutuu kohti luonnontieteen teorioita (T10). Tavoitteena on, että oppilas saa välineitä kemian sovellusten hahmottamiseen ja mahdolliseen edistämiseen (T8). Lukiossa jatkotavoitteena on, että opiskelija voi oikein opittujen kemian käsitteiden avulla ymmärtää paremmin useita ”*elämän, ympäristön yhteiskunnan ja teknologian*” ilmiöitä (K9). Tämä kokonaistavoite näkyy erikseen vielä jokaisessa kemian lukiokurssin tavoitteissa (KE1-KE5). Erityisesti lukion ensimmäisen pakollisen kurssin

osatavoitteena on antaa opiskelijalle valmiuksia yhteiskunnalliseen keskusteluun ja aineen ominaisuuksien päättelyyn (KE1). Kolmannen kurssin tavoitteena on tämän lisäksi korostaa aineen ja energian häviämättömyyden merkitystä (KE3), ja varsinkin neljännellä kurssilla tavoitteena on kemialle ominaisen ilmaisun opetteleminen sekä tietolähteiden argumentoinnin analysoiminen (KE4).

Ilmiöiden selittämiseen ja kuvaamiseen tarvitaan käsitteiden lisäksi erilaisia *malleja*. Mallien käytön opetteleminen on tavoitteena niin yläkoulussa kuin lukiossa, ja tämän tavoitteena on selittää kemiallisia ilmiöitä ja aineen rakennetta ja lukiossa muodostamaan ennusteita selitetyistä ilmiöistä (T11, K6). Lukion kemian kurssien tavoitteissa mainitaan kemiallisten ilmiöiden tutkimisessa mallien käyttö aina yhdessä kokeellisuuden kanssa (KE1-KE5), ja viimeisessä valtakunnallisessa syventävässä kurssissa opetellaan laskennallisia ja graafisia malleja liittyen reaktionopeuteen ja kemiallisen tasapainoon (KE5).

Iso tavoite kemian opetukselle opetussuunnitelman perusteissa on kemian merkityksen ja ilmiöiden lisäksi *tutkimisen taitojen opetteleminen*. Niin yläkoulun kuin lukionkin kemian tavoitteissa on kirjattu lähes identtisesti tavoitteet tutkimuskysymysten muodostamisesta eri kemian ilmiöistä ja niiden hyödyntämisestä tutkimuksessa (T5, K3), turvallisten ryhmässä tehtävien kokeellisten tutkimusten toteuttamisesta (T6) ja suunnittelemisesta (K4), sekä tutkimusten tulosten ja tutkimusprosessin analysoimisesta ja esittämisestä (T7, T9, K5). Kokeellinen työskentelyn avulla tapahtuva kemian ilmiöiden tutkimisen tavoite on siis kattavasti esillä koko kemian opetussuunnitelman perusteissa molemmilla kouluasteilla, ja esimerkiksi kokeellinen työskentely mainitaan erikseen jokaisen lukion kemian kurssin tavoitteiden yhteydessä (KE1-KE5). Tutkimisen taitojen taustalla on myös tavoite *luonnontieteellisen tiedon ja toimintatapojen hahmottamisesta*. Niin yläkoulun kuin lukionkin kemian tavoitteissa mainitaan tavoite tieteellisten tiedon tuottamisen tapojen ymmärtämisestä ja luonnontieteellisen tiedon luonteen ymmärtämisestä (T13, K11). Yläkoulussa tavoitteena on ohjata oppilasta kriittisyyteen ja perustelemaan tietotekniikan avulla hankittua kemiallista tietoaan, tutkimustuloksiaan sekä tietolähteidensä käyttöä (T9, T12). Lukiossa opiskelijan on tarkoitus lähdekriittisyyden lisäksi ymmärtää kokeellisuuden ja mallintamisen merkitys kemiallisen tiedon rakentumisessa, osata käyttää monipuolisia tietolähteitä sekä malleja kemiallisten ilmiöiden selittämisessä ja ennustamisessa (K7, KE2, KE5).

Tieto- ja viestintätekniisten taitojen opetteleminen on myös yksi kemian opetussuunnitelman perusteiden tavoitteista. Yläkoulussa tieto- ja viestintätekniisten taitojen käytön tavoitteena on kemiassa myös yleisesti hankkia, käsitellä ja esittää tietoa ja tutkimustuloksia (T9), ja taas lukiossa tieto- ja viestintätekniisiä taitoja opetellaan edelleen tulosten muodostamisen välineenä (KE4). Yläkoulussa painotetaan enemmän simulointia (T9), ja lukiossa taas mallintamista (KE2). Lisäksi yläkoulun kemian opetussuunnitelman perusteiden tavoitteisiin on asetettu erilliset tavoitteet myös *oppimisympäristöille ja työtavoille*. Näissä korostetaan vielä uudestaan tutkimuksellista, oppilaita osallistavaa lähestymistapaa kemian opetuksessa, tieto- ja viestintäteknologian luontevaa

käyttöä sekä paikallisten mahdollisuuksien, kuten lähiympäristön ja yritysten, hyödyntämistä. [52, s.396]

4.4.2 Kemian sisällöt

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa yläkoulun kemian opetukselle asetetaan kuusi opetettavaa sisältöaluetta (S1-S6), joiden sisällä on kuvattu opetettavia aiheita tarkemmin [52, s.395]. Näistä sisältöalueista on opetuksessa tarkoitus muodostaa paikallisia mahdollisuuksia hyödyntäviä kokonaisuuksia yläkoulun opetuksen ajaksi. Lukiossa opetussuunnitelman perusteiden opetettavat kemian sisällöt taas ovat kurssikohtaisia (KE1-KE5) [53, s.158-160].

Kemian opetussuunnitelman perusteiden asettamat vaatimukset opetettaville sisällöille heijastavat edellä mainittuja kemian opetukselle asetettuja tavoitteita. *Luonnontieteellisen tutkimuksen* eri osa-alueet ovat yläkoulun ja lukion kemiassa asetettu hyvin tärkeäksi sisältöalueeksi. Yläkoulun ensimmäinen sisältöalueen S1 Luonnontieteellinen tutkimus on opetussuunnitelman mukaan tarkoitus kytkeytyä kaikkiin muihin sisältöalueisiin. Tutkimusprosessin eri vaiheita tutkimuskysymysten asettamisesta tulosten arvioimiseen ja esittämiseen sekä työturvallisuuteen on tarkoitus harjoitella yläkoulussa koko kemian oppimäärän ajan, ja käyttää tieto- ja viestintätekniikkaa tutkimusprosessin eri vaiheissa. [52, s.395] Lukion kemiassa samojen taitojen harjoittelusta on tarkoitus syventää asteittain painottaen hieman eri kokeellisuuden taitoja jokaisella kursilla (KE1-KE5).

Kemian *yhteiskunnallisen ja yksilöllisen merkityksen* korostaminen näkyy niin yläkoulun kuin lukion kemian sisällöissä. Kemian merkitys ihmiskunnan hyvinvoinnin, turvallisuuden ja teknologian näkökulmista on esillä yläkoulun sisältöalueissa käsiteltävien sisältöjen valintaperusteena (S2, S3, S5), ja lukiossa kemian merkitys nykyaikana sekä terveydessä ja teknologiassa ovat mainittuina sisältöinä kolmessa eri kurssissa (KE1, KE2, KE4). Varsinkin yläkoulussa kemia pyritään tuomaan lähelle oppilaan elinympäristöä (S2), sekä käsitellään kemiaan liittyviä sovelluksia, tutkimuksia, uutisia ja muita ajankohtaisia ilmiöitä (S3). Yläkoulussa oppilaalle siis pyritään luomaan kuva kemian luonteesta tieteenä sekä luonnon mittasuhteista (S2). Molemmilla kouluasteilla tutustutaan erikseen myös kemian rooliin eri koulu- ja urapoluilla (S3, KE1). Kemian merkitys *kestävässä kehityksessä* on myös esillä molemmissa kemian opetussuunnitelman sisällöissä. Yläkoulun kemiassa kestävä kehityksen periaatteista opetellaan kestävä luonnonvarojen käyttöä, sekä puhutaan tuotteiden elinkaaresta ja hiilen kiertokulusta (S3, S6). Lukion kemiassa kestävä tulevaisuutta käsitellään kemian näkökulmasta varsinkin viimeisellä syventävällä kursilla (KE5), mutta myös muilla kursseilla esiintyy teemoja liittyen esimerkiksi energiaratkaisuihin (KE3) ja materiaalien elinkaareen (KE4). Energian säilymisen periaatteesta puhutaan jo yläkoulussa (S4), mutta vasta lukiossa energian häviämättömyyden periaate liitetään kemiallisiin reaktioihin (KE3).

Näiden sisältöjen lisäksi kemian opetussuunnitelman perusteissa on luonnollisesti myös tarkempia *aineen rakenteeseen* liittyviä aiheita. Yläkoulussa aineen ominaisuudet ja rakenne on omana sisältöalueenaan (S5), ja opetuksen tavoitteena on tuolloin, että oppilas ymmärtää kaiken aineen rakentuvan atomeista ja alkuaineista, ja että oppilas oppii ensimmäistä kertaa atomin rakenteen ja mikä jaksollinen järjestelmä on. Lukiossa atomin rakenne ja jaksollinen järjestelmä taas kerrataan, sekä tarkennetaan elektronirakenteen mallia (KE1, KE4). Aineen rakenteen opiskelemisen kautta voidaan käsitellä *aineen ominaisuuksia*. Yläkoulun kemian opetuksen sisältöalueissa mainitaan teemoina muun muassa olomuodon muutokset, happamuuden käsitteeseen tutustuminen, seosten ja puhtaiden aineiden sekä vesi- tai rasvaliukoisuuksien tutkiminen (S2, S5, S6). Lukiossa vahvistetaan alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien tuntemista selittämällä ominaisuudet atomien ulkoelektronirakenteen avulla (KE1, KE4). Samalla käsitellään myös aiempaa tarkemmin kemialliset sidokset ja sidosenergia, esitetään poolisuuden käsite (KE1), sekä ennustetaan orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia rakenteiden avulla (KE2). Lukiossa myös tarkastellaan kaasujen ominaisuuksia (KE3), tarkennetaan happojen ja emästen ominaisuuksia (KE5), ja tutustutaan metallien ja polymeerien ominaisuuksiin perustelleen samalla myös sähkökemian periaatteet (KE4). *Orgaanisesta kemiasta* ja orgaanisten yhdisteiden rakenteista käsitellään yläkoulussa hiileen tavallisimmat yhdisteet ja reaktiot. Yläkoulun kemian sisällöt vaativat kuitenkin tutustumista vain yhteen yhdisteryhmään. (S5, S6) Lukiossa orgaanista kemiaa käsitellään yhden kokonaisen kurssin ajan, jolloin orgaanisten yhdisteiden rakenteisiin syvennyttään tarkasti erilaisien mallien, kuten mallintamisen, avulla sekä tarkastellaan niiden avaruusrakennetta ja isomeriaa. Tässä yhteydessä opiskelijoiden on tarkoitus myös tutustua aineen rakenteen analyysimenetelmiin kuten spektroskopiaan. (KE2)

Kemian opetussuunnitelman perusteissa keskeisenä sisältönä on myös *aineen muuttuminen*. *Kemiallisen reaktion* käsite ja siihen liittyvät energian ja aineen muutokset sekä kemiallisten merkintöjen opettaminen esitetään ensimmäistä kertaa yläkoulussa. Tässä vaiheessa tarkoituksena on vasta tutustua erilaisiin kemiallisiin reaktioihin sekä niiden sovelluksiin, ja tulkita yksinkertaisia reaktioyhtälöitä. (S6) Lukion kemian sisällöissä taas korostetaan kemiallisten reaktioiden kohdalla aineen häviämättömyyttä ja laskennallista käsittelyä varsinkin Reaktiot ja energia -nimisellä kursilla (KE3), mutta laskennallista käsittelyä syvennetään tästä eteenpäin myös kahdella viimeisellä kurssilla (KE4, KE5). Laskuissa tarvittava pitoisuuden käsite tulee esiin yläkoulun kemian sisällöissä (S6), mutta varsinaiset ainemäärän ja konsentraation käsitteet opetetaan vasta lukiossa (KE2). Kemiallisten reaktioiden käsittelemisen, tulkitsemisen ja esittämisen lisäksi opetussuunnitelman perusteissa esiintyy myös opetettavina aiheina *reaktionopeus* ja *erilaisten reaktioiden tunnistaminen*. Yläkoulussa pohditaan jo reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä yleisesti, mutta reaktioita luokitellaan vielä lähinnä epäorgaanisten tai orgaanisten yhdisteiden reaktioiksi (S6). Lukiossa kemiallisia reaktioita luokitellaan tarkemmin, ja opetussuunnitelmassa kahden viimeisen kurssin sisällöissä mainitaan esimerkiksi erikseen hapetus-pelkistysreaktiot (KE4) sekä tasapainoreaktiot (KE5). Kemiallisen reaktion nopeus ja siihen vaikuttavat tekijät liitetään myös lukiossa

viimeiseen kurssiin, jossa opetellaan myös tulkitsemaan myös tasapainoon liittyviä graafisia esityksiä (KE5).

4.4.3 Arviointi kemiassa

Oppilaan tai opiskelijan arviointia on ohjeistettu hyvin vaihtelevalla tarkkuudella kemian opetussuunnitelman perusteissa. Yläkoulun kemian arviointiin on yleisten periaatteiden lisäksi annettu selvät kriteerit päättöarvosanalle 8 (hyvä osaaminen). Kriteereissä on annettu neljätoista arvioinnin kohdetta, joista jokainen vastaa yläkoulun kemialle annettuja tavoitteita (T2-T15) ja sisältöjä (S1-S6) [52, s.394-398]. Lukiossa arvioinnin ohjeistus ei ole yhtä laajaa, ja pääohjeena on yksinkertaisesti arvioida kemian yleisten tavoitteiden saavuttamista painottaen jokaisen kurssin kohdalla sen omia tavoitteita ja sisältöjä. [53, s.158]

Opetussuunnitelman arvioinnin ohjeista voidaan havaita, että oppilailla ja opiskelijoilla täytyy olla monipuolisia mahdollisuuksia osoittaa oma kemian osaamisensa. Tärkeää ei ole vain tietojen, vaan myös työskentelyn eri taitojen arviointi. Yläkoulun opetussuunnitelman perusteissa kannustetaan esimerkiksi pienempien kokonaisuuksien, kuten projektien tai kokeellisten töiden, arviointiin, joilla on omat tavoitteensa ja arviointikriteerinsä. Arvioinnin on tarkoitus kohdistua siis kaikkiin työskentelyn eri vaiheisiin molemmilla kouluasteilla, kuten esimerkiksi kysymysten asettamiseen, käsitteiden käyttöön, työturvallisuuteen ja käytettyihin menetelmiin, tiedonhakuun ja tiedon käsittelemiseen sekä argumentointiin. [52, s.396, 53, s.158]

Tarkoituksena on siis arvioida oppilaiden ja opiskelijoiden tietojen ja työskentelytaitojen lisäksi koko oppimisprosessia. Molemmissa opetussuunnitelmissa annetaan myös ohjeita oppimisprosessin aikaisen arvioinnin toteuttamiseksi. Erityisesti yläkoulun arvioinnissa kannustetaan rakentamaan ja kysymyksiä esittävään työskentelyn ohjaamiseen sekä kannustavan palautteen antamiseen oppilaiden motivaation lisäämiseksi. Oppilaita tulisi ohjata ”tunnistamaan omia ennakkotietojaan, -taitojaan ja -käsitteisiään”. Yläkoulussa kokonaisuuksille asetetut tavoitteet pitää olla myös oppilaiden tiedossa, jolloin kokonaisuuksien lopussa voidaan arvioida tavoitteiden saavuttamista. Tämän tukena opetussuunnitelmassa mainitaan myös itsearviointin, vertaisarviointin sekä keskustelujen käyttäminen arvioinnin tukena. [52, s.396] Kemian lukio-opetuksessa mainitaan myös ohjauksen merkitys, jotta opiskelija kehittäisi ja tiedostaisi omaa kemian osaamistaan koko oppimisprosessin ajan [53, s.158].

4.5 Tampereelta valmistuneiden kemian opettaja-alumnien haastattelu

Yhdeksi tämän kehittämistutkimuksen sidosryhmäksi haluttiin valita Tampereen teknilliseltä yliopistolta valmistuneet (tai siellä kemian pätevyyden suorittaneet) kemian opettajat aineenopettajakoulutuksen tarpeiden selvittämiseksi. Tarkoituksena oli kartoittaa heidän mielipiteitään suoritamastaan aineenopettajakoulutuksesta TTY:llä, ja selvittää heidän näkemyksiään kemian opetuksesta perustuen heidän opettajakokemukseensa. Kartoittamista varten kehitettiin avoin haastattelu, jonka haastattelukysymykset on esitetty liitteessä B.

Haastattelupyyntö lähetettiin niin teknis-luonnontieteellisen killan alumnien sähköpostilistalle ja Facebook-ryhmään sekä kahteen muuhun Facebook-ryhmään (Kemian opettajat -vertaisryhmä ja Tampereen norssin auskut 2016-2017). Muutamia haastattelupyyntöjä lähetettiin myös yksityisviesteillä. Joulukuun ja helmikuun välillä suoritettuihin haastatteluihin osallistui lopulta yhdeksän aineenopettaja-alumnia (A1-A9). Aineenopettaja-alumnien antamat vastaukset haastatteluun on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä C.

Haastatteluun osallistuneilta yhdeksältä kemian opettajalta kysyttiin heidän valmistumisensa ajankohta, opettavat aineet sekä opetuskokemukset kussakin aineessa, joiden koonti on esitetty taulukossa 4. Seitsemän haastateltavaa yhdeksästä olivat valmistuneet matemaattisten aineiden DI-opettajaksi Tampereen teknillisestä yliopistosta 2010-luvulla, ja näistä neljä viimeisen neljän vuoden aikana. Haastatteluun onnistuttiin siis saamaan jo pidemmän aikaa valmistuneina olleita ja kokeneita kemian opettajia, mutta myös juuri viime vuosina valmistuneita opettajia, joilla on tuoreet muistikuvat Tampereen aineenopettajakoulutuksesta. Tämän lisäksi yksi alumneista (A6) toimii myös Tampereen normaalikoulun kemian aineenopettajaopiskelijoiden ohjaavana opettajana pedagogisissa opinnoissa, mikä antaa tärkeää lisätietoa aineenopettajakoulutuksen näkökulmasta.

Taulukko 4 Haastateltujen Tampereelta valmistuneiden kemian aineenopettajien (A1-A9) valmistumisvuodet, opetettavat aineet (Ma, Fy, Ke) sekä opetuskokemus vuosina (v).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6*	A7	A8	A9
Valmistumisvuosi	2009	2017	2016	2010	2016	2005*	2013	2012	2018
Pitkä opetettava aine	Ma	Ma	Ma	Ke	Fy***	Ke*	Ke*)	Ma	Ke
Opetuskokemus yläkoulussa (v)	8**	1,5	2,5	2	2,5	6*	-	0,5*))	1,5
Opetuskokemus lukiossa (v)	2,5	-	-	6	1	9*	3	0,5*))	1
2. opetettava aine	Fy	Fy	Fy	Ma	Ma	Ma	Fy*)	Fy	Ma
Opetuskokemus yläkoulussa (v)	8**	1	2,5	2	2,5	6	-	1*))	1,5*))
Opetuskokemus lukiossa (v)	2,5	-	-	6	1	3	-	1*))	1*))
3. opetettava aine	Ke	Ke	Ke	Fy	Ke	Fy	Ma	Ke	Fy
Opetuskokemus yläkoulussa (v)	8**	1	2,5	2	2,5	6	-	0,3*))	1,5
Opetuskokemus lukiossa (v)	2,5	-	-	1	-	3	1	-	1

* Tampereen normaalikoulun matemaattisten aineiden ohjaava opettaja. Tekniikan tohtorin tutkinto vuodelta 2011. 3 vuotta orgaanisen kemian töiden ohjausta ja assistenttikokemusta TTY:ltä.

** 4. opetettava aine tietotekniikka ja 5. epävirallinen opetettava aine musiikki (opetuskokemus 8 vuotta).

*** 3 vuotta assistenttikokemusta TTY:ltä.

*) Fysiikka täydennetty toiseksi pääaineeksi vuonna 2015.

)) 2 vuotta matematiikan opetuskokemusta ammattiopistosta ja yksityisopetuksesta. Vuosi fysiikan opetusta ja puoli vuotta kemian opetusta ammattiopistossa.

))*) 2 kuukautta opetuskokemusta urheiluoipistossa.

Kaikilla yhdeksällä opettajalla oli opetettavina aineinaan siis vähintään kaikki kolme matemaattista ainetta (kemia, fysiikka ja matematiikka), ja neljällä opettajalla pitkä opetettava aine oli kemia. Opetuskokemus vaihteli opettajien välillä aineittain muutamasta kuukaudesta yhdeksään vuoteen, mutta jakautui silti suurilta osin tasaisesti opetettavien aineiden kesken. Eri kouluasteilla opettajien opetuskokemukset saattoivat kuitenkin selvästi vaihdella, ja suurella osalla oli enemmän opetuskokemusta yläkoulusta kuin lukiosta. Toisaalta kemian pitkän opetettavan aineen opettajilla oli yhtä opettajaa lukuun ottamatta enemmän lukion opetuskokemusta. Neljällä opettajalla oli myös opetuskokemusta muualta kuin yläkoulusta tai lukiosta, ja kemiasta tällaista opetuskokemusta löytyi niin TTY:n opintojakson ohjauksesta ja assistenttina toimimisesta sekä hie-man ammattiopistosta. Haastatteluun onnistuttiin löytämään siis aineenopettajia, joilla oli eripuituisia ja erilaisia kokemuksia kemian ja muiden matemaattisten aineiden opettamisesta.

4.5.1 Haastatteluvastaukset

Ensimmäisenä haastattelussa haluttiin selvittää, mikä TTY:n aineenopettajaopinnoissa on parhaiten tukenut haastateltavien mielestä heidän kemian opettajuuttansa. Haastattelussa selvisi, että ylivoimaisesti eniten opettajat arvostivat TTY:n *laboratorio-opintojaksojen* merkitystä, ja kuusi opettajaa sanoivat näiden antaneen parhaat eväät kemian opettamiseen. Vastauksissa mainittiin muun muassa, että laboratoriokurssit varmistavat hyvät kokeelliset työskentelytavat ja lähtökohdat kokeellisiin töihin, ja yksi opettaja mainitsi, että on käyttänyt materiaaleja ja tuotoksia jopa suoraan lukion opetuksessa. Yhdelle opettajalle juuri orgaanisten kemian töiden ohjaaminen oli merkityksellisin kemian opettajuutta tukeva tekijä. Vasta toiseksi eniten vastauksissa esiintyi mainintoja *pedagogisten opintojen ja opetusharjoittelun* merkityksestä, joita vastauksissaan mainitsivat neljä opettajaa. Kolmanneksi suurimmaksi kemian aineenopettajuutta tukevaksi tekijäksi mainittiin *TTY:n laajan kemian opinnot*, ja yleisesti opintojen tuoma vankka kemian aineenhallinta, vaikkakin yksi opettaja kritisoi luentokurssien merkityksettömyyttä peruskoulun kemian kannalta. Muita yksittäisiä mainintoja kemian opettajuutta tukevinä asioina aineenopettajaopinnoissa olivat muun muassa fysiikan opinnot, muut teknisten tieteiden opinnot ja oman alan kesätyöt.

Vaikka diplomi-insinöörin (DI) tutkinnossa ei TTY:llä ole varsinaisesti käsitelty kemian opettajuutta, kokivat opettajat DI-tutkinnon nimenomaan silti tukevan kemian opettajana työskentelyä. Kaksi opettajaa totesivat myös, että he eivät näe maisteritutkinnon tai DI-tutkinnon välillä merkittävää eroa opettajan työn kannalta. Kaikista vastauksista löydettiin kuitenkin erilaisia syitä sille, miksi opettajat pitivät juuri DI-tutkinnon tarjoamasta erilaisesta opintopolusta kemian opettajan työn kannalta, vaikka yksi opettaja mainitsikin maisteritutkinnon sisältävän enemmän kemian didaktisia opintoja. Suurin yksittäinen syy oli DI-tutkinnon käytännöllisyys, monialaisuus ja *kiinteä linkittyminen teollisuuteen ja työelämään*, jonka myötä DI-opettajalla on paljon tietoa siitä, mitä kemialla (ja muillakin matemaattisilla aineilla) tehdään koulun ulkopuolella. Omat työelämän kokemukset ja verkostot nousivat muutamissa vastauksissa esiin DI-tutkinnon hyötyinä niin kiinnostavan opetuksen järjestämisessä kuin myös opettajan töitä etsiessä. Yhden opettajan mukaan DI-opettajan tutkinnosta voi olla hyötyä myös opetusalan ulkopuolisessa työhaussa.

Toiseksi suurimpana DI-tutkinnon hyötynä kemian opettajuudelle nähtiin *kemian opintojen laaja-alaisuus*. Yhdessä vastauksessa korostettiin muun muassa sitä, että DI-opettajan tutkintoon kuuluu monia eri kemian alojen opiskelua (orgaaninen, fysikaalinen, analyyttinen), eikä DI-opettaja syvenny vain yhteen kemian alaan. Kahdessa muussa vastauksessa taas keuhuttiin laajojen laboratorio-opintojen antavan hyvät taidot varastonhoitoon ja kemikaalien käsittelyyn sekä analyysimenetelmien opintojaksojen tukevan uuden opetussuunnitelman tavoitteita.

Näiden teemojen lisäksi DI-tutkinnon nähtiin auttavan *tietoteknisten taitojen*, kuten ohjelmien, käytössä matemaattisten aineiden opettajan sähköistyvässä työssä sekä antavan *hyvät tiedonhaun taidot* (molemmat mainittiin kahdessa vastauksessa). Yhdessä vastauksessa katsottiin, että

DI-tutkinto antaa myös loogista päättelykykyä ja auttaa siten opetuksen järjestämisessä. Lievää kritiikkiä DI-tutkintoa kohtaan löytyi vain yhdestä vastauksesta, jonka antaneen opettajan mielestä DI-tutkinto ei ota aineenhallinnan lisäksi huomioon opettajan kokonaistyötä, eikä anna opettajille esimerkiksi erityispedagogisia taitoja. Lähes kaikki haastatellut Tampereelta valmistuneet opettajat siis kokivat DI-tutkinnon auttavan kemian opettajan työssä.

Toisaalta haastattelu paljasti selviä kehityskohteita kemian aineenopettajaopintojen parantamiseen opettajien omien kokemusten perusteella, vaikka itse DI-tutkinto nähtiin kokonaisuudessaan positiivisena. Selkeästi eniten opinnoilta olisi toivottu koulussa tehtävien *kokeellisten töiden* harjoitteluun liittyviä opintoja tai opintojaksoa, joita toivoivat yhteensä kuusi opettajaa. Näiltä opinnoilta olisi toivottu muun muassa yläkoulun ja lukion tavallisten hyväksi havaittujen töiden läpikäymistä, työohjeiden suunnittelemisen harjoittamista ja töiden toteuttamista ja ohjaamista käytännössä (jopa osana muita kemian opintojaksoja). Toiveissa mainittiin myös erilaisten oppijoiden sekä työrauhan ja työturvallisuuden huomioiminen kokeellisessa työskentelyssä, mahdollisen materiaalipankin tai työkokoelman kokoamista valmistumista ajatellen sekä toive vertaispalautteen mahdollisuudesta omasta työskentelystä. Yhdessä vastauksessa myös toivottiin kemian kokeellisten töiden käsittelemistä osana historiaopintojaksoa. Suunniteltaviin kemian didaktisiin opintojen olisi siis tärkeä sisältää mahdollisuuksia kokeellisten töiden ja työohjeiden suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä kokeellisen työskentelyn haasteiden pohtimiseen.

Oppilastöiden käsittelemisen vähyys koettiin siis selvästi kemian aineenopettajan opintojen suurimpana puutteena, mutta vastauksissa havaittiin myös, että kemian aineenopettajaopintojen koettiin olleen puutteellisia juuri *opettajan käytännön työhön* liittyen. Noin puolet opettajista toivoivat, että aineenopettajaopinnoissa olisi käsitelty enemmän joko erilaisten oppijoiden ja oppilaiden vaikeuksien huomioimista, kurinpitoa tai yleensä opetuksen eriyttämistä ja erityispedagogiikkaa. Muutamit opettajat kokivat TTY:n kemian kurssit peruskursseja lukuun ottamatta liian korkealentoisiksi, ja toivottiin, että opettajaopinnoissa käsiteltäisiin yläkoulussa ja lukiossa käsiteltäviä kemian aiheita opettamisen näkökulmasta. Parissa vastauksessa toivottiin tähän liittyen opetussuunnitelman perusteiden pohtimista kemian osalta, opettavien asioiden taustalla olevaan logiikkaan perehtymistä ja opetusta siitä, miten kemiallinen tieto rakentuu ja miten kemian opetuksessa pitäisi liikkua mikro-, makro- ja symbolisten tasojen välillä siten, että oppilas tai opiskelija ymmärtää opettavan ilmiön. Yhdessä vastauksessa olisi toivottu myös aineenopettajaopintoihin enemmän suullisia esityksiä. Suunniteltavissa kemian didaktisissa opinnoissa voidaan käsitellä lähes kaikkia näitä aiheita, mutta esimerkiksi kurinpito ja erityispedagogiikka voidaan paremmin huomioida aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa ja opetusharjoittelussa.

Haastateltavat kemian opettajat näkivät nykyisen kemian opetuksen suurimmiksi haasteiksi hyvin erilaisia asioita. Suurimmat haasteet eivät kuitenkaan liittyneet itse kemiaan oppiaineena, vaan opetuksen *tämänhetkisiin puitteisiin*, niin yläkoulussa kuin lukiossa. Yhteensä seitsemän opettajaa mainitsivat vastauksissaan, joko kasvavat tasoerot ja eriarvoistumisen, yleisen osaamistason

laskemisen, liian pienet työtilat ja resurssit tai suuret ryhmäkoot, joiden mainittiin muun muassa eritasoisten oppilaiden kanssa vaikeuttavan turvallista kokeellista työskentelyä.

Kolme opettajaa kokivat *yläkoulun kemian opetuksen haasteena* oppilaiden huonon *motivaation*, ja yhden vastauksen mukaan varsinkin 8-luokkalaisten motivaation 7. luokan innostavan kokeellisuuden jälkeen. Yksi opettaja mainitsi yläkoulun haasteeksi myös kasvatuksellisesti orientoituneiden ja opetettavaan aineeseen keskittyvien opettajien vaikean yhteistyön. Myös *opetussuunnitelma* mainittiin kemian opetuksen haasteena niin tulkittavuutensa vuoksi, mutta varsinkin lukiossa pari opettajaa kokivat, että opetussuunnitelmassa on liikaa asioita käsiteltäväksi tarkoituksenmukaisessa ajassa ja opetussuunnitelman vaatimalla tavalla. *Lukion suurin kemian opetuksen haaste* oli kuitenkin haastattelun perusteella opetuksen *sähköistyminen*, josta mainitsivat yhteensä neljä opettajaa. Yhden opettajan kokemuksen mukaan kemiassa teorian ja ohjelmistojen yhdistelmä tuntuu opiskelijoista hyvin raskailta. Kaksi opettajaa mainitsivat tähän liittyen myös vähäisen täydennyskoulutuksen ja sen eriarvoistavan vaikutuksen opettajien ja oppilaiden välillä. Muita yksittäisiä lukion kemian opetukseen liittyviä haasteita olivat oppilaiden kokemus kemiasta vaikeana ja elämästä irtonaisena oppiaineena, asiasisällön hallinnan vaikeudet sekä opetushallituksen ylioppilaskokeen rakennekokeilu. Yhdessä vastauksessa kaiken kemian opetuksen haasteeksi luokiteltiin ekologisuuden ja kestäväen kehityksen sopiva integroiminen opetukseen.

Suunniteltavat kemian opinnot eivät luonnollisesti voi parantaa kemian opetuksen tämänhetkisiä puitteita kentällä, mutta niissä voidaan käsitellä kokeellisuuteen ja motivaatioon liittyviä teemoja sekä esimerkiksi kemian opetussuunnitelmaa tai sähköistyvän lukio-opetuksen ohjelmistoja. *Opetusvälineistä* kaksi opettajaa pitivät aineenopettajaopinnoissa saamia tieto- ja viestintäteknisiä taitoja riittävinä kemian opettamiseen, kun taas kolme muuta suosittelivat, että kemian aineenopettajaopettajaopiskelijat tutustuisivat lukion ylioppilaskokeen ohjelmistoihin. Ohjelmistoista mainittiin kerran erikseen niin MarvinSketch kuin myös Abitti-koejärjestelmä. Yksi opettaja myös suositteli, että kemian didaktiset opinnot sisältäisivät opiskelijoille saatavilla olevan listan erilaisista mallinnus- ja animaatio-ohjelmistoista.

Puolet opettajista painottivat myös tavallisten *laboratoriovälineiden* käytön opettelua, mutta monet heistä sanoivatkin kemian muiden opintojen antavan tähän kuitenkin riittävän hyvät valmiudet. Laboratoriovälineiden käyttöön toivottiin kuitenkin pedagogista näkökulmaa kokeellisen työskentelyn yhteydessä. Yhdessä vastauksessa toivottiin myös videokuvauksen mahdollisuutta, ja mahdollisesti näillä työhjeiden korvaamista. Opetusvideoiden tekemistä ei käsitellä tällä hetkellä ainakaan muilla matematiikan tai fysiikan opintojaksoilla, eikä paljoa myöskään pedagogisissa opinnoissa. Yksi opettaja mainitsi myös, että kemian aineenopettajakoulutuksessa pitäisi myös käsitellä kemian varastonhoitoa. Kemian pääaineopettaja onkin usein vastuussa koulun kemian varastosta, mutta tästä onneksi puhutaan osana pedagogisten opintojen ryhmänohjausta.

Haastattelun lopulla opettajilta kysyttiin vielä, millä tavoin haastattelussa tulleita asioita pitäisi heidän mielestään opettaa kemian aineenopettajaopinnoissa. Yhteensä neljä opettajaa mainitsivat taas kokeellisten töiden tekemisen mahdollisuudesta tai niitä käsittelevästä kokonaisesta opintojaksosta, mikä ei tullut yllätyksenä edellisten vastausten perusteella. Kolme opettajaa toivoivat myös lisää joko kenttätöitä tai opetusharjoittelua tai esimerkiksi tukiopetuksen ja havainnoinnin mahdollisuutta Tampereen normaalikoululla. Viimeistä toivonut opettaja toivoi myös tiiviimpää yhteistyötä normaalikoulun kanssa liittyen aineenopettajaopiskelijoiden tutkimusmahdollisuuksiin ja opinnäytetöihin. Kaksi opettajaa mainitsivat edelleen joko erityispedagogiikan, oppimisvaikeuksien tai heikon suomen kielen taidon aiheuttamien vaikeuksien käsittelystä liittyen kemian opettamiseen. Pari opettajaa toivoivat kemian didaktisilta opinnoilta yläkoulun ja lukion kemian sisältöjen käsittelemistä, ja vinkkejä aiheiden opettamiseen. Eräs toinen opettaja ehdotti myös oppikirjavertailun tekemistä aiheeseen liittyen.

Loput ehdotukset olivat hieman hajanaisempia. Vastauksissa ehdotettiin muun muassa luento-opintojaksoille enemmän ryhmätyöskentelyä ja ongelmien ratkomista, ja kemian opettajien käyttämien sähköisten ohjelmien käytön laajentamista muillekin opintojaksoille. Yksi opettaja toivoi myös didaktista ympäristökemian kurssia Helsingin yliopiston tapaan, ja koki, että opettajakoulutuksen opintojaksot ovat antoisimpia 5-7 opintopisteen laajuisina kokonaisuuksina. Kemian varaston hoidon ja kemikaaliturvallisuuden käsittelemistä yksi opettaja toivoi varsinkin opintojen loppupuolelle, ja mainitsi uudestaan aineenopettajaopiskelijoiden hyödyntämisestä nuorempien opiskelijoiden opettamisessa. DI-opettajien opinnoilta toivottiin yhdessä vastauksessa lisäksi vielä enemmän monipuolisuutta sekä vähemmän ympärilyöreyttä verrattuna muihin aineenopettajaopintoihin.

Opettajat halusivat vastauksillaan siis vaikuttaa niin tulevien kemian didaktisten opintojen sisältöihin ja toteutukseen, mutta myös koko tämänhetkisen aineenopettajakoulutuksen ja DI-tutkinnon toteutukseen. Näistä toiveista yritetään tässä kehittämisprosessissa huomioida ne, jotka sopivat parhaiten juuri kemian laitoksen toteutettaviksi annetuilla resursseilla ja osaksi tämänhetkisiä matemaattisten aineiden opettajaopintoja.

5. KEHITTÄMISPROSESSI

Tämän kehittämisprosessin tavoitteena oli tuottaa sellaisia kemian opintoja, jotka vastaavat ongelma-analyyseissä nousevia tavoitteita ja tarpeita. Luvussa 5.1 on kuvattu ensimmäisen kehittämistuotoksen kehittämisprosessi ja luvussa 5.2 lopullisen kehittämistuotoksen kehittämisprosessi.

5.1 Kemian didaktinen opintojakso

Kehittämisprosessi aloitettiin tiedekunnan tavoitteiden perusteella (ks. luku 4.1), jolloin lähtökohdiana oli suunnitella noin viiden opintopisteen opintojakso. Potentiaalisia opintojaksolle osallistujia on lukuvuosittain kemian aineenopettajaopiskelijoiden määrän mukaan kuitenkin vain muutamia. Kehityksessä haluttiin siis päästä ratkaisuun, jossa toteutustapa olisi mahdollisimman joustava ja vaatisi vain vähän opettajaresursseja. Opintojakso päätettiin toteuttaa siten kemian erikoistyonä, jolloin opintojakso on vapaasti valittava syventävä opintojakso, joka mahdollistaa erilaiset suoritumahdollisuudet ja eri opintopistemäärät (2-5) suoritusten mukaan.

Opintojaksolla käsiteltäviä teemoja lähdettiin kartoittamaan opettaja-alumneille suunnatulla kyselyllä, selvittämällä Tampereen yliopistolla olevat matematiikan ja fysiikan laboratorioden aineenopettajille suunnattujen opintojaksojen sisällöt, muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnatut opintojaksojen sisällöt ja toteutustavat sekä tutustumalla opetussuunnitelman perusteiden asettamiin vaatimuksiin kemian opetukselle (alustava empiirinen ongelma-analyysi). Samalla tutustuttiin kemian opetuksen kirjallisuuteen ja siitä nouseviin tarpeisiin kemian opetukselle (alustava teoreettinen ongelma-analyysi). Alustavien ongelma-analyyseiden perusteella opintojaksolle löydettiin viisi mahdollista teemaa, joille alettiin suunnitella tarkempia materiaaleja ja toteutustapoja. Tarkempi kuvaus eri teemojen, niihin liittyvien materiaalien sekä opintojakson suoritustavan kehitykseen vaikuttaneista syistä on esitetty luvuissa 5.1.1 ja 5.1.2.

Opintojaksolle luotiin helmikuussa 2019 Moodle-alusta ja opintojakson nimeksi annettiin ”*Kemian didaktinen erikoistyö*”. Opintojakson materiaaleja kehitettiin maaliskuun 2019 loppuun asti. Kevään ja kesän aikana opintojaksoa testattiin kemian aineenopettajaopiskelijoilla, ja samalla empiirinen ongelma-analyysi saatettiin loppuun (luku 4.4) ja teoreettinen ongelma-analyysi syvennettiin lopulliseen muotoonsa. Lopuksi alustavaa kehittämistuotosta arvioitiin syksyllä 2019 aineenopettajaopiskelijoiden suoritusten sisällönanalyyseillä sekä strukturoidun haastattelun avulla (ks. luku 5.1.2).

5.1.1 Opintojakson sisältö, rakenne ja suorittaminen

Koska opintojakson suoritustavan haluttiin palvelevan aineenopettajaopiskelijoita mahdollisimman hyvin, päätettiin opintojakson teemoista luoda viisi erillistä yhden opintopisteen laajuista tehtäväpakettia (tehtäväpaketit 2-6), joiden ohjeistukset on esitetty aloitusdokumenteissa jokaisen paketin alussa (liite D). Opintojakson pystyy näin suorittamaan eri laajuisena riippuen suoritettujen tehtäväpakettien määrästä, joskin kaksi opintopistettä on yleinen minimi Tampereen yliopiston opintojaksoille. Opintojaksolle laadittiin myös kuvaukset sen tavoitteista ja sisällöistä (ks. liite E) tehtäväpakettien kehittämisprosessin aikana. Jotta kehittämistyö saataisiin päätökseen mielekkäässä ajassa ja työ pysyisi sopivan laajuisena sekä opintojakson testaamiseen löydettäisiin hakukkaita opiskelijoita, päätettiin tässä työssä kehitettäväksi ja testattaviksi osuuksiksi valita kolme maaliskuussa 2019 valmistunutta tehtäväpakettia (2,5 ja 6). Seuraavassa kuvataan opintojaksojen teemojen ja niistä muodostettujen tehtäväpakettien kehittämisprosessit.

Tehtäväpaketti 2: Kemian opetus ja opetussuunnitelma

Opetussuunnitelmien analyysin perusteella voitiin päätellä, että niin opettaja-alumnien toiveet kuin muiden Suomen yliopistojen kemian opettajaopiskelijoille suunnatut opintojaksot noudattivat teemoiltaan opetussuunnitelman perusteiden sisältöjä. Osa opettaja-alumneista pitivät opetussuunnitelmia myös yhdeksi suurimmista kemian opetuksen haasteista, tai toivoivat kemian lukio- ja yläkoulusisältöjen käsittelemistä kemian aineenopettajille suunnatuilla opintojaksoilla. Koska suunniteltavalle opintojaksolle osallistuvat opettajaopiskelijat tulevat todennäköisesti opettamaan kemiaa yläkoulussa tai lukiossa, valittiin yhdeksi opintojakson teemaksi siten kemian opetusta ohjaavien opetussuunnitelman perusteet näillä kouluasteilla. Vaikka opetussuunnitelmien perusteita käsitellään myös aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa, on opetussuunnitelmien tarkempi analysointi opintojaksolla silti järkevää, sillä opintojaksolle voi osallistua ilman, että opiskelija on suorittanut mitään näistä opinnoista. Pedagogisissa opinnoissa ei välttämättä pääse analysoimaan kaikkien opetettavien aineiden ja molempien eri kouluasteiden opetussuunnitelmia, ja koska näistä opinnoista voi opiskelijalla olla pari vuotta aikaa, palvelee tehtäväpaketti myös pedagogiset opinnot suorittaneita opettajaopiskelijoita. Tehtäväpakettiin suunniteltiin tämän perusteella kemian yläkoulun ja lukion opetussuunnitelmia (tavoitteita, sisältöjä ja arviointiperusteita) analysoiva esseetehtävä (Tehtävä 2.1) sekä apukysymyksiä kirjoittamisen tueksi. Tehtävä mahdollistaa myös paremmin yläkoulun ja lukion kemian aihesisältöihin tutustumisen, mikä esimerkiksi alumnien haastattelun perusteella voi olla melko vähäistä kemian DI-opettajien opinnoissa.

Opetussuunnitelman perusteiden analyysin pohjalta kemian opetuksen yhdeksi päätavoitteeksi voitiin myös nostaa oppilaslähtöisyys ja perusteiden oppimiskäsitys nojautui aktiivisen oppimisen oppimiskäsitykseen. Aktiivista oppimista käsitellään yleisesti myös aineenopettajaopinnoissa ja empiirisen ongelma-analyysin mukaan Tampereen yliopiston matematiikan laboratorion aineenopettajille suunnatuissa opintojaksoissa. Teoreettisen ongelma-analyysin perusteella aktiivisen

oppimisen ymmärtäminen hyödyttää myös opettajaopiskelijoita, jotka eivät välttämättä itsekään ole aktiivisia oppijoita omassa opetuksessaan. Tehtäväpakettiin lisättiin siten yleinen esseetehtävä (Tehtävä 2.2a) aktiivisen oppimisen vaikutuksista kemian oppimiseen ja opetukseen. Tehtävä antaa opettajaopiskelijalle mahdollisuuden tutustua myös aiheen tutkimukseen kahden valmiin artikkelin kautta, joiden lisäämisellä haluttiin lisätä tehtäväpaketin tutkimusperustaisuutta, joka on tärkeä opettajankoulutuksen lähtökohta niin Tampereella kuin muissa Suomen yliopistoissa. Aktiivista oppimista tukevia kemian opetuksen materiaaleja ei kuitenkaan suunnitella aineenopettajaopinnoissa, vaikka siellä käsitellään erilaisia aktivointimenetelmiä kuten ongelma-lähtöistä tai käänteistä opetusta. Siksi tehtäväpaketissa päätettiin listata erilaisia aktivointivälineitä ja laittaa opettajaopiskelija suunnittelemaan ja kuvaamaan toteutus, jossa hän käyttää kyseistä välinettä lukiossa tai yläkoulussa käsiteltävän kemian aiheen opettamiseksi (Tehtävä 2.2c). Opiskelijan on tarkoitus myös kommentoida vähintään kahden muun opiskelijan tuotoksia vertaisoppimisen edistämiseksi ja ideoiden jakamiseksi.

Opetussuunnitelmien ja opettaja-alumnien haastattelujen mukaan DI-aineenopettajat saavat hyvät tieto- ja viestintätekniset taidot kemian opettamiseen, mutta opettaja-alumnit esittivät tästä huolimatta opetuksen sähköistymisen kemian opetuksen selväksi haasteeksi. Opetusvideoiden tekemistä ei esimerkiksi ole käsitelty omana aiheenaan aineenopettajaopinnoissa, vaikka itsetehdyt opetusvideot voivat olla opetuksen aktivointiväline. Teoreettisessa ongelma-analyysissä löydettyjen opetusvideoiden opetuskäytön positiivisten tutkimustulosten perusteella tehtäväpaketti haluttiin täydentää yhden opintopisteen laajuiseksi lisäämällä siihen tehtävä 10-15 minuutin kemian opetusvideon tekemisestä jostakin kemian aiheesta, josta ei vielä löydy suomenkielistä opetusvideota ja jota voisi käyttää omassa opetuksessa (Tehtävä 2.2b). Aloitusdokumenttiin listattiin kolme esimerkkitapaa yksinkertaisen opetusvideon tekemiseksi, sekä esimerkiksi Moodle-linkki yksinkertaisen ruudunkaappausvideo-ohjelman, Screen-o-maticin, lataamista varten. Kollegiaalisuuden edistämiseksi opiskelija lataa tehtävässä myös videoiden linkit Moodleen kaikkien osallistujien hyödynnettäväksi.

Tehtäväpaketti 3. Kemiällisen tiedon rakentuminen

Opettaja-alumnien haastattelun perusteella kemian opetuksen yhdeksi haasteeksi nousivat erilaiset oppijat ja oppimisvaikeudet, ja kemian opettajaopinnoilta toivottiin tämän huomioimista. Aiheeseen liittyviä kemian opintojaksoja esiintyi empiirisen ongelma-analyysin mukaan muissa yliopistoissa, sekä opintojaksoja, joissa käsitellään kemian ja sen tiedon erityispiirteitä. Esimerkiksi fysiikan käsitteiden muodostumista käsitellään jo Tampereella aineenopettajille suunnatulla opintojaksolla, kun taas teoreettisen ongelma-analyysin mukaan kemiallinen tieto ja käsitteet rakentuvat kemian kolmella eri tasolla. Koska kyseinen teoria esiintyi joissakin muiden yliopistojen kemian opettajaopiskelijoille suunnatuissa opintojaksoissa sekä yhden alumnin toiveessa opintojakson suhteen, päätettiin teorian mahdollisuutta osallisuutta opintojaksosta tutkia tarkemmin, sillä sitä ei ole käsitelty omana aiheenaan Tampereen aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa.

Teoreettisen ongelma-analyysin mukaan kemian kolmen tason teoria selittää kuitenkin oppijoiden kemiaan liittyviä oppimisvaikeuksia ja väärinkäsityksiä, ja sen käsitteleminen voisi siten parantaa opettajaopiskelijoiden pedagogista sisältötietoa. ”Kemiallisen tiedon rakentuminen” valittiin näin yhdeksi opintojakson tehtäväpaketin teemaksi, jossa käsiteltäisiin niin kolmen tason teoriaa kuin myös oppijoiden (ja myös opettajien) yleisiä virhekäsityksiä tutkimuskirjallisuuden avulla, mutta jonka tehtäviä ei suunniteltu tarkemmin tässä työssä. Teeman valinnan ajateltiin myös tukevan seuraavia tehtäväpaketteja oppijoiden motivaatioon vaikuttavien tekijöiden pohdinnassa, submikroskooppisen tasonesitykseen mahdollisuuksien ymmärtämisessä molekyyylimallinnuksen kautta sekä laboratoriovierailun kokeellisen työskentelyn suunnittelemisessa.

Tehtäväpaketti 4. Motivaatio ja kemian opiskelu

Teoreettisen ongelma-analyysin mukaan suomalaisten nuorten kiinnostus ja motivaatio kemian opiskelua kohtaan on alhaista, ja tämä nousi esiin opettaja-alumnien haastattelussa yhdeksi kemian opetuksen haasteista varsinkin yläkoulussa. Empiirisen ongelma-analyysin mukaan opetus-suunnitelman perusteiden ensimmäinen kemian opetuksen tavoite onkin oppijoiden motivointi niin yläkoulussa kuin lukiossa. Motivaatiota ja kiinnostusta on teoreettisen ongelma-analyysin perusteella tutkittu pitkään myös kemian opetuksen näkökulmasta, ja motivaatiota tukevia tekijöitä on löydetty. Opintojakson yhdeksi opintopisteen laajuiseksi teemaksi haluttiin siten lisätä kokonaisuus, jossa opettajaopiskelijat tutustuvat motivaation ja kiinnostuksen teoriaan, ja pohtivat kemian oppijoiden motivaatioon liittyviä haasteita ja sen lisäämistä opetuksessa tutkimustiedon perusteella. Tehtäväpakettia ei kuitenkaan suunniteltu loppuun tässä työssä. Teema tukee osaltaan myös muita tehtäväpaketteja, sillä teoreettisen ongelma-analyysin mukaan aktiivisen oppimisen, molekyyylimallinnuksen ja tutkimuksellisen kokeellisuuden on todettu lisäävän oppijoiden motivaatiota.

Tehtäväpaketti 5. Molekyyylimallinnus kemian opetuksessa

Empiirisen ongelma-analyysin mukaan lähes kaikissa Suomen yliopistoissa esiintyy kemian opettajille suunnattuja opintojaksoja tieto- ja viestintäteknologisten välineiden opetuskäytön opettamista sekä molekyyylimallinnuksesta, ja mallintaminen on mainittu lukion opetussuunnitelman perusteiden kemian sisällöissä. Teoreettisen ongelma-analyysin mukaan kemian visualisoinnilla ja molekyyylimallinnuksella on monia hyötyjä kemian opetuksessa, kuten mahdollisuus näkymättömien kemian ilmiöiden esittämiseen ja korkeamman asteen ajattelutaitojen kehittymiseen, ja opettajien olisi hyvä osata niin mallinnusohjelmien käyttöä kuin niiden pedagogiikkaa. Vaikka matemaattisten aineiden DI-tutkinto antaa opettaja-alumnien mukaan kattavat tieto- ja viestintätekniset taidot, niin ylioppilastutkinnossa käytettävää molekyyylimallinnusohjelmaa MarvinSketchiä ei tällä hetkellä käytetä Tampereen kemian aineenopettajaopinnoissa, vaikka opintojaksoissa hyödynnetäänkin muita mallinnus- ja piirto-ohjelmia kuten Spartania tai ChemSketchiä. MarvinSketch

esiintyi kuitenkin mainintana niin yliopistojen opintojaksoilla kuin myös opettaja-alumnin toiveessa ylioppilaskirjoituksissa käytettävien ohjelmien käsittelemisestä.

Opintojaksoon haluttiin täten lisätä molekyyli-mallinnusta käsittelevä ja MarvinSketchin käyttöä opettava tehtäväpaketti. Tampereen yliopiston kemian opiskelijoilla on kuitenkin aikaisemmin ollut mahdollisuus suorittaa molekyyli-mallinnukseen ja MarvinSketchin siinä hyödyntämiseen keskittyvä Helsingin yliopiston molekyyli-mallinnusopintojakso MFK-201E MOOC (Massive Open Online Course), vaikka se ei olekaan osa varsinaista opintojaksotarjontaa. Koska tämä mahdollisuus oli jo valmiina, ja MOOCin suoritettava kokonaisuus oli yhden opintopisteen laajuinen, päätettiin tehtäväpakettiin lisätä Tehtävä 5.1, jossa opiskelija suorittaa kyseisen MOOCin lukuun ottamatta sen lopputehtävää. Ohjeistukset tehtäväpaketin suorittamiseen esitettiin aloitusdokumentissa (Tehtäväpaketti 5), johon lisättiin myös lyhyet selitykset malleista, visualisoinnista ja molekyyli-mallinnuksesta.

Opettaja-alumnit toivoivat ylioppilaskokeissa käytettävien ohjelmien käsittelemisen lisäksi myös listausta erilaisista mallinnus- ja animaatio-ohjelmista. Myös teoreettisen ongelma-analyysin mukaan kemian opettajat eivät vieläkaan tunne hyvin oman oppiaineensa erilaisia mallinnusohjelmia. Tehtäväpakettiin lisättiin siten tehtävä 5.2, jossa opiskelija tekee lyhyen opintojakson osallistujille jaettavan vapaamuotoisen esityksen kemian opetukseen liittyen valitsemastaan toisesta mallinnusohjelmasta, jonka voi esimerkiksi valita aloitusdokumentin ilmaisten molekyyli-mallinnusohjelmien listauksesta. Muut opintojaksolle osallistujat voivat myös nähdä muiden tuotokset. Tehtävällä korvattiin siis tehtävän 5.1 MOOCin infografiikkalopputehtävä, jotta kyseinen tehtäväpaketti säilyisi silti yhden opintopisteen laajuisena.

Tehtäväpaketti 6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä

Kokeellisten töiden rooli kemian opetuksessa ja kemian aineenopettajien koulutuksessa nousi empiirisen ongelma-analyysin selvästi merkityksellisemmäksi tulokseksi. Kokeellisuuden eri osat alueet esiintyivät laajasti opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa ja sisällöissä, ja kokeellisten töiden suunnitteleminen ja harjoittelu oli opettaja-alumnien haastattelun perustella suurin yksittäinen toive suunniteltavalle kemian didaktiselle opintojaksolle, vaikka DI-opettajan opinnot antoivat muuten heidän mielestään hyvät valmiudet laboratoriotyöskentelyyn. Muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa näkyi myös hyvin paljon opintojaksoja, joissa opettajaopiskelijat pääsevät niin kokeilemaan, suunnittelemaan kuin myös toteuttamaan kokeellisia töitä erilaisissa oppimisympäristöissä. Tällä hetkellä kemian aineenopettajaopiskelijat pääsevät Tampereella tekemään vastaavaa vain lähinnä aineenopettajan pedagogisten opintojen opetusharjoittelun aikana. Kokeellisuutta haluttiin siis sisällyttää myös suunniteltaviin opintoihin sopivalla tavalla.

Tampereen yliopiston kemian oppilaslaboratoriossa vierailee lukuvuoden aikana useita koululaisryhmiä eri kouluasteilta, ja vierailuilla tehdään yleensä erilaisia kokeellisia töitä. Vierailujen ohjaamiseen ei yleensä ole kuitenkaan hyödynnetty kemian opettajaopiskelijoita, ja siksi tässä työssä haluttiin suunnitella suoritustapa (Tehtävä 6.1), jossa opettajaopiskelijat voisivat olla mukana suunnittelemassa ja ohjaamassa joitakin näistä kouluvierailuista sekä saada tästä opintopisteitä. Vierailuryhmien koon vuoksi ja muiden yliopistojen opintojaksojen esimerkin mukaan kyseinen osuus suoritettaisiin kolmen tai neljän hengen ryhmissä. Opettajaopiskelijoiden osallistaminen opetusvierailun ohjaukseen mahdollistaisi opetuksen ja ohjaamisen harjoittamisen pedagogisten opintojen ulkopuolella sekä keskittymisen oppijoiden innostamiseen ja motivointiin ja siten opintojakson muiden tavoitteiden tukemisen. Vierailun ohjaus antaa siis kokemusta erilaisessa oppimisympäristössä opettamisesta, ryhmätyöskentelystä ja tiedekasvatuksesta, mitkä ovat teemoina monissa muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa.

Teoreettisen ongelma-analyysin mukaan kokeellisuudella ja laboratoriotöillä on monia eri hyötyjä ja opettajaopiskelijatkin pitävät niitä hyvin merkityksellisinä kemian opetuksessa. Analyysissä kuitenkin huomattiin, että varsinkin tutkimuksellinen kokeellisuus on nykyään tärkeä kemian opetuksen tavoite, mutta että opettajat ja opettajaopiskelijat pitävät sitä erinäisistä syistä haastavana toteuttaa verrattuna perinteisiin reseptimäisiin laboratoriotöihin. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan ”tutkimisen taidot” ovat kuitenkin yksi suurimmista kemian osaamistavoitteista yläkouluissa ja lukiossa, ja monilla muilla yliopistoilla on tutkimuksellisesta kokeellisuudesta omat opintojaksot tämän harjoitteluksi. Aloituskäsikirjassa (liite F) esitetään kuvaukset niin laboratoriotöiden yleisestä merkityksestä kuin myös siitä, mitä tutkimuksellinen kokeellisuus on.

Tehtäväpakettiin luotiin siten tehtävä 6.1, jossa keskustelualueella luoduissa ryhmissä opettajaopiskelijat valitsevat Moodlesta haluamansa vierailuryhmän, jolle suunnittelevat 1-3 kokeellista työtä (joista yksi voi olla myös demonstraatio) riippuen töiden ja vierailun pituudesta (yleensä noin 1,5 tuntia), ja missä vähintään yksi töistä toteutetaan tutkimuksellisenä kokeellisena työnä. Moodleen lisättiin linkkejä erilaisiin lähteisiin sopivien töiden löytämisen helpottamiseksi. Ohjeituksessa neuvotaan myös sopimaan vastuuopettajan kanssa testausaika valitsemilleen töilleen sekä varmistamaan reagenssien saatavuus ja turvallisuus. Vierailulle asetettiin ongelma-analyysien perusteella kolme päätavoitetta (ks. liite F), joihin vierailulla pyritään, ja jotka ohjaavat vierailun suunnittelua.

Tehtävä jaettiin kolmeen kohtaan, jossa a-kohdassa ryhmän on tarkoitus kirjoittaa tuntisuunnitelma vierailun kulusta mukailien pedagogisten opintojen tuntisuunnitelman rakennetta. B-kohdassa ryhmä luo työohjeen, joka jaetaan kaikille vierailuun osallistujille laboratoriossa työskentelyä varten. Moodleen lisättiin myös valmis tuntisuunnitelmapohja ja mallityöohje aikaisempien vie-

railujen perusteella niiden laatimisen helpottamiseksi. Jotta ryhmä voi tehdä mahdollisia muutoksia malliohjeeseen tai tuntisuunnitelmaan, pyydetään ryhmää myös palauttamaan molemmat tiedostot Moodleen vähintään viikkoa ennen vierailua. Ryhmää ohjeistetaan myös sopimaan, milloin he tulevat valmistelevaan opiskelijalaboratorion tilat sekä tulostamaan työhöjeet ryhmälle. C-kohdassa ryhmän on vielä yhdessä tarkoitus tehdä noin sivun pituinen raportti vierailusta, jota ei tarvitse palauttaa erikseen, mutta joka liitetään oppimisportfolioon. Raportissa opiskelijoiden on tarkoitus muun muassa reflektoida laboratoriovierailun kulkua ja tavoitteiden saavuttamista sekä pohtia, mitä muuttaisivat mahdollista seuraavaa kertaa tai kouluopetusta varten, ja miten he toteuttaisivat tutkimuksellista kokeellisuutta jatkossa.

Opettaja-alumnien haastattelussa toivottiin myös työturvallisuuden huomioimista kokeellisessa työskentelyssä, joten opettajaopiskelijoita pyydetään tutustumaan käsiteltävien reagenssien käyttöturvallisuustiedotteisiin vierailua suunniteltaessa ja käyttämään oppijoiden ikään sopivia reagensseja. Vaikka opettaja-alummit sanoivat laboratorio-opintojen antaneen hyvät valmiudet laboratoriovälineiden käyttämiseen ja reagenssivaraston hoitoon, toivoivat he silti, että kemian opettajaopiskelijoille tarjottaisiin lisää ohjeita varastonhoitoon. Aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa on oma ryhmänohjaustunti kemian varastonhoidosta, mutta koska tästä ei tule mukaan materiaalia, lisättiin tehtäväpaketin materiaaleihin Moodleen myös linkit opetushallituksen ohjeisiin luonnontieteiden opetustiloista, työturvallisuudesta ja välineistä sekä linkki opettajien päivittämään kemikaalivaraston oppaisiin, jotta opiskelijalla on mahdollisuus tutustua tähän aihealueeseen omalla ajallaan.

Oppimisportfolio

Jotta opiskelijan tehtävien ja tehtäväpakkettien suoritukset tulisivat opiskelijalle itselleen vielä yhdeksi kokonaisuudeksi ja opettajan olisi helppo arvioida lopulliset suoritukset, päätettiin opintojakson suorituksen arviointi tehdä portfolio muodossa. Portfoliotyöskentelyä käytetään yleisesti Tampereella aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa, ja se voi siten olla tuttu työskentelytapa osalle opiskelijoista. Tämän opintojakson oppimisportfoliossa opiskelija koostaa kaikki opintojakson tekemänsä suoritukset ja tuotokset järjestyksessä yhdeksi tiedostoksi, ja tarkemmat koakoamisohjeet on kerrottu ennen Moodlen palautuskohtaa. Tehtävien keräämiseen ohjeistetaan jo kuitenkin opintojakson suoritusohjeissa Moodlen alussa, ja tästä muistutetaan vielä eri tehtäväpakkettien kohdalla. Koska osassa tehtävistä suoritukset on tarkoitettu olla myös muiden opiskelijoiden saatavilla tai opiskelijoiden tai opettajan kommentoitavana, palautetaan ne omassa palautuskohdissaan omina palautuspäivämäärinään.

Koska kemian erikoistyöt ovat kemian laboratorion aikaisemmin arvostettu arviointiasteikoilla hyväksyty-hylätty, haluttiin tätä tapaa noudattaa myös tämän opintojakson kohdalla oppimisportfolion arvostelussa. Muiden yliopistojen kemian aineenopettajille suunnatuilla opintojaksoilla tämä

arvostelutapa oli myös hyvin yleisesti käytössä. Opintojakson vastuopettaja voi pyytää opiskelijaa kuitenkin täydentämään suoritustaan, jos siinä on puutteita opintojakson tavoitteisiin ja hyväksytyyn suoritukseen nähden.

5.1.2 Opintojakson testaus ja arviointi

Opintojakson kolmen tehtäväpaketin testaamista varten etsittiin keväällä 2019 kemian pää- tai sivuaine aineenopettajaopiskelijoita Tampereen yliopistolta. Testaamiseen löydettiin kaksi pääaineopettajaopiskelijaa, joista toinen (A) oli suorittanut aineenopettajan pedagogiset opinnot ja toinen (B) ei vielä ollut. Alun perin opiskelijan A oli tarkoitus testata tehtäväpaketit 5 ja 6, ja opiskelijan B tehtäväpaketit 2 ja 6, mutta lopulta opiskelija B suoritti tehtäväpaketin 6, ja opiskelija A kaikki kolme tehtäväpakettia. Testaajien määrän vuoksi tehtävää 1 ja muiden tehtävien kommentointia ei sisällytetty osaksi opintojakson ja tehtäväpakettien testaamista. Opiskelijat palauttivat tehtävät ja oppimisportfoliot loppukesän aikana. Koska opiskelija A suoritti tehtäväpaketin 2 oppimisportfolionsa palauttamisen jälkeen, palautti hän nämä oppimisportfolioon kuuluvat tehtävät vielä sähköpostilla erikseen. Opintojaksoa arvioitiin oppimisportfolioiden sisällönanalyysin ja strukturoidun haastattelun perusteella.

5.1.2.1 Oppimisportfolioiden sisällönanalyysi

Palautettujen oppimisportfolioiden ja tehtävien perusteella haluttiin tarkastella, kuinka opiskelijat olivat ymmärtäneet tehtävät ja tehtäväpaketit sekä päässeet niille asetettuihin tavoitteisiin. Tehtävä sisällönanalyysi on kuitenkin luonteeltaan kevyt pienen otoksen takia, ja aineistojen yhtäläisyyksiä ja erilaisuuksia voidaan tarkastella vain tehtäväpaketin 6 kohdalla. Sisällönanalyysi tehtiin aineistolähtöisesti [18] ja on esitetty siten tehtäväpakettien numerojärjestyksessä. Oppimisportfoliot sisälsivät kaikki vaadittavat suoritukset.

Tehtäväpaketti 2

Tehtävän 2.1 esseessä opiskelija A oli onnistunut analysoimaan kemian opetussuunnitelmia siten, että hän oli löytänyt useimpia kemian opetuksen keskeisimpiä tavoitteita, sisältöjä ja arvioinnin perusteita (ks. luku 4.4) sekä vastannut jokaiseen näitä tarkentavaan lisäkysymykseen. Essee vastasi siis oppimistavoitteisiin, mutta oli kuitenkin siksi myös venynyt 2,5 sivun pituiseksi ja hieman pirstaleiseksi. Esseen perusteella tehtävää olisikin hyvä syventää pohtimalla erilaisten lisäkysymysten määrää ja tehtävän vaatimuksia, jotta opiskelija voisi keskittyä entistä paremmin tavoitteeseen kemian tavoitteiden, sisältöjen ja arviointiperusteiden hallitsemisesta yläkoulussa ja lukiossa sekä niiden merkitykseen omassa opettajuudessaan. Opiskelijan A näkemyksiä esseen kirjoittamisesta sekä lisäkysymyksistä kartoitettiin haastattelussa.

Tehtävässä 2.2 a (joka oli vahingossa opiskelijan vastauksessa merkattu tehtäväksi 2.2c) tarkoituksena oli analysoida opetussuunnitelman oppimiskäsityksen, aktiivisen oppimisen, vaikutusta kemian opettamiseen sivun mittaisella esseellä. Esseessä oli myös tarkoitus hyödyntää Moodlen kahta artikkelia aktiivisesta oppimisesta. Opiskelija A oli tehnyt juuri sivun pituisen esseen, jossa näin oli tehty, ja jonka perusteella opiskelija oli sisäistänyt aktiivisen oppimisen ja sen toteuttamisen eri menetelmiä, sekä osannut liittää tiedon kemian opetukseen omaan kokemustietonsa avulla. Toista artikkelia opiskelija oli kuitenkin käyttänyt vain yhden virkkeen sisällä, ja tämä saattaa johtua siitä, että artikkeli ei ole yhtä konkreettinen ja koskee korkeakouluopiskelijoita eikä nuorempia oppijoita. Osumampi artikkeli voisi kannustaa hyödyntämään tutkimustietoa paremmin omassa pohdinnassaan.

Palautuksen perusteella opiskelija A oli onnistunut tehtävässä 2.2 b tekemään ja palauttamaan Moodlen oikean pituisen opetusvideon Molview -molekyylimallinnusohjelman perustoiminnoista ruudunkaappausvideo-ohjelmalla, ja tästä aiheesta ei ennen löytynyt suomenkielistä opetusvideota. Alkuperäisenä tehtäväpaketin oppimistavoitteena oli tehdä ”kemian opetusta tukeva” opetusvideo, jolla tarkoitettiin oppijan kemian oppimista tukevaa opetusvideota. Kyseinen opiskelijan A video voi sopia esimerkiksi lukio-opetukseen tai ohjeeksi muille opettajille ohjelman käyttöä aloittaessa, ja siten kyseinen oppimistavoite myös täyttyy. Opetusvideon linkin lisääminen oppimisportfolioon täytyy kuitenkin vielä ohjeistaa erikseen, sillä sitä ei oppimisportfolioista löytynyt, ja oppimisportfolion halutaan kuitenkin kuvaavan koko opintojakson suorituksia ja tuotoksia.

Opiskelijan A Moodlen palauttamassa tiedostossa opiskelija oli valinnut tehtävässä 2.2 c simulaation tutustuttavaksi aktivointivälineekseen, ja luonut tiedostossa niin isotooppisimulaatiolle tunnilla suoritettavan tehtävdokumentin kuin myös muille opettajille suunnatun toteutusohjeen tehtävänannon mukaisesti. PhET-simulaatiot eivät kuitenkaan ole kovin vieraita aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneelle opiskelija A:lle, ja siten suoritus ei vastaa täysin tehtävänannon ideaa, mutta opiskelijan itselleen katsoma hyödyllisyys ja valinnanvapaus merkitsevät kuitenkin tehtävässä tätä enemmän, eikä ohjeistusta tarvitse siltä osin muuttaa. Ohjeissa oli kehoitettu kuvaamaan kyseisen välineen valintaan johtaneita syitä sekä sen haasteita ja mahdollisuuksia. Opiskelija oli kopioinut otteen opettajille laatimastaan aktivointimenetelmän toteutusohjeista, mikä vastasi osaltaan ohjeistusta, mutta ei kertonut esimerkiksi valinnan taustalla olleita syitä. Tehtävässä oli tarkoitus myös antaa palautetta kahdelle muun opiskelijan toteutukselle, mitä ei testattu, mutta mikä voi mahdollistaa oman toteutuksen jatkokehittämisen ja hyödyn jakamisen muille osallistujille. Palautuksessa olisikin siten hyvä olla jokin kuvaus omasta tuotoksestaan muille opiskelijoille, mutta sen vaatimuksia voidaan vielä tarkentaa.

Tehtäväpaketti vaikuttaa tulosten perusteella melko laajalta ja moniosaiselta, ja voikin olla, että tehtäviä ja tehtävänantoja voisi tarkentaa sekä yhdistää laajemmiksi, paremmin hahmotettaviksi

kokonaisuuksiksi. Haastattelussa kysyttiin vielä opiskelijan kokemuksia tehtävistä sekä tehtäväpaketin kuormittavuudesta lopullisen kehittämistuotoksen luomiseksi.

Tehtäväpaketti 5

Oppimisportfolion perusteella opiskelija A oli suorittanut hyväksytysti MarvinSketch -harjoitukset (Tehtävä 5.1) ja on siten tutustunut molekyyli mallinnuksen mahdollisuuksiin kemian opetuksessa sekä on osannut käyttää MarvinSketchiä, mitkä olivat tehtäväpaketin osaamistavoitteita. Kyseisen opintojakson oppimispäiväkirjan tekeminen on myös oppimisportfolion perusteella onnistunut MOOC:issa annetuilla ohjeilla. MarvinSketchin asentamisessa oli kuitenkin ollut vaikeuksia vaadittavan Javan offline-version kanssa, johon opiskelija oli kuitenkin itse löytänyt ohjeet ongelman ratkaisemiseksi. Haastattelussa voidaan vielä selvittää opiskelijan mielipiteet osuuden toimivuudesta osaamistavoitteisiin nähden.

Tehtävässä 5.2 opiskelija A oli tehnyt selkeän ja ytimekkään esityksen Molview-molekyyli mallinnusohjelmasta, missä esiintyi kaikki tehtävänannossa vaaditut elementit. Tehtävänannossa ohjeistettiin tekemään sivun pituinen dokumentti eräänlaisen esityksen tai blogipostauksen muotoon muita kemian opettajia ajatellen, jolloin tehtävä vastaisi laajuudeltaan alkuperäisen tehtävän 5.1 MOOCin infografiikka-lopputehtävän laajuutta, ja tehtäväpaketti säilyisi näin yhden opintopisteen laajuisena. Opiskelijan A tuotos sopii hyvin posteriksi tai lyhyeksi blogitekstiksi. Molviewin käyttöön ei vaadita kuitenkaan asentamista ja sen perusominaisuudet oppii melko nopeasti, jolloin tehtävän tekeminen onnistuu tehtävän suorittaminen pienemmällä vaivalla kuin esimerkiksi vaihtoehtoisissa mainitun Avogadron asentaminen ja käytön opetteleminen, mikä voi olla myös syy opiskelijan A kyseisen ohjelman valinnalle luetelluista vaihtoehtoista. Tehtävään valintaan liittävistä motiiveista ja tehtäväpaketin kuormittavuudesta kysytään vielä haastattelussa, jotta tehtävän voidaan varmistaa muodostavan yhdessä tehtävän 5.1 kanssa yhden opintopisteen laajuisen kokonaisuuden.

Tehtäväpaketti 6

Tehtäväpaketin testaamiseksi keväällä 2019 kemian oppilaslaboratoriossa vierailevista ryhmistä valittiin opiskelijan A ja B ohjattavaksi 1,5 tunnin ajan vieraileva 7 hengen yläkouluryhmä, sillä päivämäärä sopi ohjaaville opiskelijoille eikä vierailun sisältöä vielä ollut suunniteltu tarkemmin. Vierailuun osallistui lopulta viisi 8. luokkalaista, mikä on paljon vähemmän kuin normaalilla vierailukerralla (noin luokallinen oppijoita), mutta mikä sopi kuitenkin tähän tarkoitukseen tehtäväpaketin ensimmäiseksi testiksi sekä vain kahden opettajaopiskelijan ohjauksesi 3 tai 4 opiskelijan sijasta.

Oppimisportfolioiden mukaan opiskelijat olivat suunnitelleet ja toteuttaneet vierailulla kaksi oppilastyötä (mysterijauheen tutkiminen ja koeputken hopeointi) sekä yhden demonstraation (nallekarkin hapettuminen). Opiskelijan A oppimisportfolioon mukaan koeputken hopeointiin päädyttiin kuitenkin siksi, koska alustavasti opiskelijoiden valitsemaan superpallo-työhön ei löytynyt reagensseja, ja vierailusta vastaava laboratorion opettaja hoiti demonstraation toteuttamisen, jolloin ohjaavat opiskelijat eivät valinneet ja toteuttaneet töitä täysin itse, kuten oli alkuperäinen tarkoitus. Toisaalta työ- ja koulukiireiden vuoksi opiskelijoilla oli aikaa suunnitella vierailua vain noin viikko, joten töiden suunnitteluun käytettävä aika ei siten vastannut oikeasti opiskelijoiden opintojaksolla käytettävissä olevaa aikaa. Siksi töiden suunnittelussa ja toteutuksessa ehkä turvauduttuunkin mallityöohjeessa hyväksi havaittuihin töihin (ks. liite H) ja vierailusta vastaavan opettajan apuun, mikä on tässä tapauksessa hyväksyttävää, ja opettajilta saa kysyä neuvoja jatkossakin suunnittelun tukemiseksi. Tuntisuunnitelma ja työohje olivat kuitenkin tehty Moodlesta annettujen ohjeiden ja mallipohjien mukaisesti työturvallisuus huomioiden, ja ne oli palautettu Moodleen sekä lisätty oppimisportfolioihin. Oppimisportfolioista havaitaan vielä, että opiskelijat testasivat töitä ennen vierailua ohjeiden mukaisesti ja olivat suunnitelleet mysterijauhetyöstä tutkimuksellisella otteella tehtävän työn, ja olivat siten ymmärtäneet ja noudattaneet tehtävänantoa. Vaikka opiskelijat olisivatkin raporttiansa mukaan halunneet keskittyä enemmän töiden taustalla olevaan teoriaan, oli opiskelijalaboratorion pääasiallinen tavoite, innostaminen, kuitenkin oppimisportfolioiden mukaan onnistunut vierailun aikana, ja tämä halutaan pitää päätavoitteena myös jatkossa. Haastattelun avulla selvitettiin vielä opiskelijoiden näkemyksiä vierailun suunnittelemisesta ja toteuttamisesta sekä koko tehtäväpaketin toimivuudesta.

Tehtävässä 6.1 c opiskelijoiden oli tarkoitus kirjoittaa vierailusta yhdessä raportti, mutta oppimisportfolioissa kumpikin opiskelija oli tehnyt oman raporttinsa. Tätä ei ollut selkeästi mainittu raportin ohjeistuksessa, vaikka ohjeissa lukikin tehtävänanto muodossa ”kirjoittakaa” ja yhteinen reflektio on mainittu tehtäväpaketin osaamistavoitteissa. Molemmat olivat kuitenkin vastanneet pääpiirteittäin tehtävänannossa oleviin apukysymyksiin, ja varsinkin opiskelijan A raportissa oli hyvinkin laajaa pohdintaa. Molempien opiskelijoiden raportit olivat siten myös pidempiä (lähes kaksi sivua) kuin ohjeessa annettu yksi sivu. Palautettujen oppimisportfolioiden rakenteissa oli myös eroa, ja esimerkiksi opiskelija B ei ollut erotellut tehtäväpaketin tehtävän 6.1 alakohtia a-c omassa palautuksessaan. Oppimisportfolioon koontien ohjeistukseen tarvitsee vielä siis kiinnittää huomiota.

Yhtenä osaamistavoitteena tehtäväpaketilla oli, että opiskelija tietää kokeellisten töiden merkitystä ja erottaa tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä. Nämä eivät loppujen lopuksi tulleet niin tehtävänannoissa kuin myöskään oppimisportfolioissa kovinkaan paljon esille, vaikka näistä olikin tietoa tehtäväpaketin aloitusdokumentissa. Haastattelussa saatavan lisätiedon avulla niin tehtäväpaketin osaamistavoitteita kuin tehtäviä voidaan vielä muokata ja tarkentaa siten, että osaamistavoitteet ja tehtävät vastaisivat paremmin toisiaan. Opiskelijat olivat kuitenkin ymmärtäneet

oppimisportfolioidensa perusteella tutkimuksellisen kokeellisen työn eron perinteisempiin kokeellisiin töihin, suunnitelleet toimivan tutkimuksellisen kokeellisen työn sekä suhtautuivat tällaiseen kokeellisuuteen raporttien mukaan yllättävän positiivisesti. Haastattelussa tarkennetaan vielä opiskelijoiden näkemykset tehtäväpaketin osaamistavoitteista sekä niiden toteutumisesta kokeellisuuden ja tutkimuksellisen kokeellisuuden osalta.

5.1.2.2 Opiskelijoiden haastattelu

Opiskelijoiden kokemusten ja mielipiteiden kartoittamiseksi sekä sisällönanalyysin tarkentamiseksi opiskelijoille luotiin vielä haastattelu (liite I), jonka avulla opiskelijat antoivat palautetta opintojaksosta. Haastattelu toteutettiin sähköpostitse. Opiskelijalle A lähetettiin kaikki haastattelun kysymykset, ja opiskelijalle B taas yleiset kysymykset sekä kysymykset tehtäväpaketista 6 opiskelijoiden suoritusten mukaisesti. Opiskelijoiden vastaukset on esitetty liitteessä J.

Opiskelijat A ja B pitivät haastattelun perusteella opintojaksolla käsiteltäviä teemoja sopivina käsiteltäväksi Tampereen yliopiston kemian laboratorion aineenopettajille suunnatulla opintojaksolla, eikä muutosehdotuksia ollut tämän suhteen. Opintojakson toteutuksesta myös pidettiin, ja erityisesti keuhuttiin sitä, että opintojakson voi suorittaa omassa tahdissaan, ja että tehtäväpake- teista saa tehdä juuri itseään eniten kiinnostavat ja säädellä siten myös opintojakson laajuutta. Opiskelija B kuitenkin nosti esiin ajatuksen, että opettajien osaamisen varmistamiseksi opintojak- solla voisi olla jokin minimimäärä suoritettavia tehtäväpaketteja. Opiskelija A myös mainitsi hy- väksyty-hylätty -arvioinnin olevan opintojaksolle sopiva arviointitapana, sillä opintojaksolle osal- listuvat henkilöt ovat oletettavasti aiheesta kiinnostuneita, vaikka arviointi ei välttämättä kannus- takaan korkealaatuisiin suorituksiin. Molemmat opiskelijat pitivät myös oppimisportfoliotyöskente- lyä sopivana työskentelymenetelmänä opintojaksolla, ja opiskelija B:n mukaan etenkin aineen- opettajan pedagogisiin opintoihin orientoivana harjoituksena, vaikka hän ei näitä opintoja ole vielä suorittanutkaan.

Opiskelijan A vastausten mukaan suurin ongelma opintojakson toteutuksessa kuitenkin oli Moodle-pohjan rakenne, jossa tavoitteet, ohjeistukset ja materiaalit ovat kaikki eri paikoissa link- kien takana, ja tätä olisi hyvä muuttaa siten, että nämä löytyisivät tehtäväpaketti- ja tehtäväkoko- naisuuksittain samasta paikasta. Kaksi opetussuunnitelmien linkkiä eivät myöskään toimineet. Opiskelija A:lta tuli myös muita pienempiä muutosehdotuksia. Hän toivoi, että aloitusdokument- tien kalvoissa sekä tehtäväpakettien tehtävännumeroissa käytettäisiin juoksevaa numerointia työskentelyn selkeyttämiseksi ja unohduksien estämiseksi ja että eri tehtävien ohjeistukset olisivat omilla sivuillaan. Toisia toiveita olivat, että tehtävien ohjeistuksissa ja oppimisportfolion palautus- ohjeissa olisivat samat fonttikokovaatimukset, ja että erikseen palautetuista tehtävistä saisi pa- lautetta, jota ei tässä testissä annettu muuta kuin laboratoriovierialun osalta. Palautuspäivämää- rät olisi hänen mukaansa myös hyvä olla hajautettu laajemmalle aikavälille. Opiskelija B:ltä ei

taas tullut opintojakson toteutukseen liittyen parannusehdotuksia, ja hän piti Moodlea ja opintojakson ohjeistuksia yleisesti hyvinä. Vaikka opiskelija A:lta tulikin paljon rakenteellisia muutosehdotuksia toteutuksen suhteen, mainitsi hän haastattelun loppuosassa kuitenkin haluavansa tehdä tällaisia opintojaksoja lisää ja tämä opintojakso vaikutti hänen mukaansa lupaavalta ja opettajan työhön orientoivalta, etenkin, kun loputkin tehtäväpaketit vielä myöhemmin valmistuvat. Opiskelija A ehdotti myös lähiopetuskerran tuomista opintojaksolle, jotta kemian opetuksesta voisi keskustella myös muiden opettajaopiskelijoiden kanssa.

Tehtäväpaketti 2:n suorittaneen opiskelija A:n haastattelun perusteella kyseinen tehtäväpaketti vastasi hyvin sen osaamistavoitteita. Molemmat opiskelijat pitivät opetussuunnitelmien analysoimista tärkeänä kemian opettajuutta ajatellen, mutta tämä tehtäväpaketti ei opiskelijan A mielestään tuonut mitään uutta aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneelle opiskelijalle. Opiskelija B, oli myös ajatellut suorittavansa tämän tehtäväpaketin, mutta opetusvideon tekeminen (tehtävä 2.2 b) nousi hänelle kynnyskysymykseksi tehtäväpaketin suorittamiselle. Molemmat opiskelijat näkivät kyseisen tehtävän haastattelujen perusteella haastavana ja aikaa vievänä. Tehtävän suorittaneen opiskelija A:n mukaan opetusvideon pituus (10-15 minuuttia) sekä vaatimus videosta, josta ei jo löydy suomenkielistä opetusvideota, olivat melko vaativia. Jonkinlainen opetusvideo tehtiin hänen mukaansa myös aineenopettajan pedagogisissa opinnoissa, vaikka itselläni ei ollut tällaista muistikuvaa. Molemmat opiskelijat pitivät kuitenkin tehtävän valintaa ymmärrettävänä, ja opiskelija A suoritti tehtävän, sekä olisi halunnut jopa tehdä paremman videon itselleen uudella tavalla, jos hänellä olisi ollut siihen enemmän aikaa. Opiskelija A toivoi, että kyseisessä tehtävässä paremmin kerrotaisiin siitä, minkälainen on hyvä opetusvideo ja miten sen voi toteuttaa, jotta videolle olisi muukin kriteeri kuin vain pituus. Tätä varten hän ehdotti asiaa käsittelevää videota tai artikkelia.

Muiden tehtävien suhteen opiskelija A:n vastauksista huomattiin muun muassa, että opetussuunnitelmien analyysitehtävässä (2.1) jää epäselväksi lisäkysymyksiin vastaamisen pakollisuus, ja että esseestä tulee näin selvästi ohjeistettua kahta sivua pidempi, mikä havaittiin myös sisällönanalyyseissä. Opiskelija A ei kuitenkaan kysyttäessä poistaisi mitään kysymyksistä ja piti siitä, että niitä oli paljon, mutta muokkaisi tehtävänantoa siten, että siinä käsiteltäisiin kaikkia kolmea teemoja jonkin verran. Vastaukset vahvistivat myös sisällönanalyysin havaintoa siitä, että aktiivisen oppimisen esseetehtävän (2.2 a) Cynthia Bramen artikkeli oli opiskelijalle hyödyllinen, kun taas toinen, teoreettisempi artikkeli, ei niinkään. Aktivointimenetelmä-tehtävässä (2.2 c) aktivointivälineen valintaan oli vaikuttanut opiskelijan tehtävään käytettävissä oleva aika ja osaaminen, minkä vuoksi hän käytti jo valmiiksi muuhun käyttöön tekemäänsä simulaatio-ohjeistustaan pohjana tehtävän suorittamiseen, mikä selittää myös sisällönanalyysin havaintoja. Hän kuitenkin piti eri aktivointivälinevaihtoehtoja tehtävälle sopivina ja olisi halunnut kokeilla jotain ihan muuta välinettä, sekä piti muiden tuotosten näkemistä sekä palautteen antamista hyvänä ideana. Vaikka opiskelija A:n mielestä tehtäväpaketin työmäärä oli sopiva opintopisteeseen nähden, mainitsi hän kuitenkin, että tehtäviin 2.2 b ja 2.2 c pystyy käyttämään aikaa hyvinkin paljon enemmän, mikäli

opiskelija haluaa kokeilla jotain uutta tai tehdä tehtävät huolellisesti, mikä osaltaan vahvistaa oppimisportfolion sisällönanalyysin tuloksia tehtäväpaketin yleisestä laajuudesta ja ohjeistuksien tarkentamista.

Tehtäväpaketti 5 oli opiskelija A:lle haastattelun mukaan hänelle kaikista tehtäväpaketeista hyödyllisin, ja se mahdollisti hänen mukaansa niin peruskäytön oppimisen kuin molekyyli-mallinnuksien mahdollisuuksien paremman hahmottamisen, mitkä olivat tehtäväpaketin osaamistavoitteita, sekä innosti ja antoi ideoita omaan opetukseen. Tehtäväpaketti oli siis onnistunut tavoitteessaan, mikä oli nähtävissä myös oppimisportfoliosta, ja opiskelija A kehui niin tehtävä 5.1:n MOOCin toteutusta kuin myös tehtäväpaketin aloitusdokumenttia, jossa oli hänen mukaansa kaikista tehtäväpaketeista selkeimmät ohjeet. Aikaa tehtävien tekemiseen kului opiskelijan mukaan kuitenkin enemmän kuin 27 tuntia, mikä johtui lähinnä MOOC:in oppimispäiväkirjasta, joka opiskelijan mukaan on kuitenkin tehtävän olennainen ja välttämätön osa. Ainoa huono puoli tehtävässä liittyi MarvinSketchin asennusvaikeuksiin, mikä tuli ilmi myös oppimisportfoliossa, sekä yhteen epäselvään ohjeistukseen. Opiskelija A piti myös toiseen molekyyli-mallinnusohjelmaan tutustumista hyvänä tehtävänä (5.2), sekä arvosti mahdollisuutta muiden tekemien mallinnusohjelmien esittelyiden näkemiseen. Molview -ohjelman valintaan olikin haastattelun perusteella myös vaikuttanut ohjelman helppo saatavuus sekä toiminnallisuuksien hahmottaminen, mitkä nousivat epäiltyinä ohjelman valintaan vaikuttavina tekijöinä oppimisportfolion sisällönanalyysissa. Tehtävään voi siis käyttää paljon enemmänkin aikaa riippuen valitusta mallinnusohjelmasta sekä opiskelijan taidoista.

Tehtäväpaketti 6:n osalta molemmat opiskelijat pitivät haastattelun perusteella tehtäväpaketin osaamistavoitteita relevantteina, ja tehtäväpaketti oli varsinkin opiskelija B:n mielestä tärkein ja mielenkiintoisin sen antaman ainutlaatuisen opetuskokemuksen takia, sekä hyvä harjoitus niille, jotka eivät vielä ole pitäneet omia harjoitustuntejaan aineenopettajaopinnoissa. Molemmat pitivät myös laboratoriovierailun päätavoitteita sopivina, ja opiskelijat eivät myöskään kaivanneet lisää apumateriaaleja, vaan pitivät Moodlen linkkejä kokeellisista töistä riittävänä tukena töiden valitsemisessa. Töiden valitseminen oli siis käynyt melko vaivattomasti, vaikka reagenssien puutteen takia työtä olikin jouduttu vaihtamaan. Opiskelijat olivat myös samaa mieltä siitä, että tehtäväpaketin työmäärä oli sopiva ja että käyttöturvallisuustiedotteisiin tutustuminen on tärkeää vierailun suunnittelussa, jotta varmasti tietää, minkälaisia reagensseja vierailulla käytetään. Opiskelija A oli myös maininnut varastonhoitoon liittyvien materiaalien olevan hyvää lisämateriaalia.

Opiskelijat suhtautuivat kuitenkin eri tavoin joihinkin muihin tehtävän 6.1 ohjeistuksen ja aloitusdokumentin sisältöihin. Opiskelija B koki aloitusdokumentin sisältävän kokeellisuuteen ja tutkimukselliseen kokeellisuudesta kaiken oleellisen, ja että tuntisuunnitelmapohja ja mallityöohje olivat yleisesti hyvä ja riittävä apu vierailun suunnittelussa ja orientoivat aineenopettajaopintoihin. Opiskelija A taas koki samoin vain mallityöohjeen suhteen, mutta tuntisuunnitelmasta hän toivoi

tarkempaa mallia, josta selviää paremmin, mitä tietoja siinä halutaan olevan ja joka auttaisi tunti-suunnitelman laatimisessa. Opiskelija A myös varsinkin koki, että tehtäväpaketin osaamistavoit-teisiin ei välttämättä päästä aloitusdokumentin avulla, sillä varsinkin tutkimuksellisen kokeellisuuden ymmärtäminen ja soveltaminen jäivät lähinnä omien mielikuvien varaan, vaikka opiskelijat olivatkin osanneet suunnitella tutkimuksellisen kokeellisen työn vierailua varten. Tämä on siis yhtenevä havainto myös oppimisportfolion sisällönanalyysin kanssa. Vaikka opiskelija B kokikin, että aloitusdokumentista löytyy oleellinen tieto, myönsi hän katsoneensa näitä tietoja huolimattomasti ja että tutkimuksellisen työn suunnitteleminen ei välttämättä ole helppoa. Opiskelija A ehdotti muun muassa taas videota tai artikkelia aiheesta, minkä avulla tutustua paremmin siihen, mitä tutkimuksellisella kokeellisuudella tarkoitetaan. Opiskelija A oli haastattelun perusteella myös tulkinut raportin kirjoittamisen ohjeet oikein niin, että raportti olisi tarkoitus tehdä yhdessä, mutta koska opiskelija B oli ehtinyt tehdä jo oman raportin, teki hän myös omansa erikseen. Haastattelu siis edelleen vahvisti sisällönanalyysin havainnon, että raportin ohjeistusta tulee selkeyttää tämän ymmärtämiseksi.

5.1.2.3 Yhteenveto opintojakson testauksesta

Opintojakson testauksen ja arvioinnin perusteella voidaan päätellä, että tehtäväpaketin teemat ja aiheet olivat opiskelijoiden mielestä sopivia käsiteltäväksi Tampereen yliopiston kemian aineenopettajille suunnatuissa opinnoissa. Opintojakson toteutus ja suoritustapa olivat myös testattavilta osin opiskelijoiden mielestä melko onnistuneita, ja oppimisportfolioiden perusteella opiskelijat olivat suurimmaksi osaksi osanneet tehdä opintojakson tehtävät odotetulla tavalla. Opintojakson suurimmat kehityskohteet opintojaksolla liittyivät lähinnä eri tehtävien ja tehtäväpakettien ohjeistukseen sekä niiden materiaaleihin ja esiintymiseen Moodlessa, jotta tehtäväpakettien osaamista-voitteisiin tulisi vastattua tehtävien avulla entistä paremmin. Sisällönanalyysin ja haastattelun perusteella oli myös selvää, että aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneella opiskelija A:lla oli hyvin paljon enemmän yksityiskohtaisia huomioita opintojaksosta verrattuna opiskelija B:hen, ja että opiskelijat näkivät eri tehtävät ja tehtäväpaketit myös hieman eri tavoin.

Kehittämiskohteita löytyi eniten tehtäväpaketista 2. Opetussuunnitelmien analyysitehtävän ohjeistukseen toivottiin muun muassa vaatimusten tarkentamista, ja aktiivisen oppimisen esseetehtävän toisen artikkelin havaittiin olevan epäsopiva tehtävän tarkoitustansa varten. Aktivointivälineen avulla toteutettavan aktivointimenetelmän suunnittelutehtävä ei aktivointivälineen vierauden osalta toteuttanut tehtävän tavoitetta opiskelija A:n portfolioissa, mutta tämä johtui pääasiassa ajan puutteesta. Tehtävän palautuksen ohjeita ei myöskään ollut täysin noudatettu. Tehtäväpaketin kaikkia tehtäviä pidettiin kuitenkin aiheiltaan tärkeinä, vaikka aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneelle opiskelijalle tehtävissä olikin jonkin verran toistoa. Tehtäväpaketin suorittanut opiskelija A arvioi sen olevan melko laaja, ja että aikaa saattaa kulua liikaa varsinkin opetusvideotehtävään ja aktivointivälineellä toteutettavan aktivointimenetelmän suunnitteluun, jos

opiskelija suorittaa ne huolellisesti. Tehtäväpakettia ja sen osioita olisi hyvä siis tiivistää ja tarkentaa selkeämmän kokonaisuuden luomiseksi.

Opintojakson ongelmallisimmaksi tehtäväksi nousi kuitenkin toisen tehtäväpaketin opetusvideo-tehtävä, joka oli opiskelijoiden mielestä vaatimusten puolesta haastava ja jopa esti toisen opiskelijan tehtäväpaketin suorittamisen. Opiskelijat kuitenkin hyväksyivät tehtävän olemassaolon, ja tehtävän suorittanut opiskelija A toivoi enemmän tietoa siitä, minkälainen on hyvä opetusvideo. Tehtävän vaatimuksia täytyy siis madaltaa, jotta tämä mahdollistaisi niin tehtävän tekemisen ja kannustaisi videon suunnitteluun, mitä esimerkiksi opiskelija A olisi halunnut tehdä enemmän ohjeidenmukaisesta suorituksesta huolimatta. Tällä tavalla voidaan myös vaikuttaa positiivisesti tehtäväpaketin laajuuteen.

Tehtäväpaketti 5:n molemmat tehtävät olivat opiskelijan A:n tekemän testauksen perusteella onnistuneita, ja tässä tehtäväpaketissa ei ollut aloitusdokumenttiin tai tehtävien suorittamiseen liittyviä ongelmia. Tehtäväpaketti oli kuitenkin opiskelijan A mukaan hieman laajempi kuin yksi opintopiste. Sisällönanalyysin ja haastattelun perusteella olisikin perusteltua keventää tehtävää 5.2, sillä vaikka eniten aikaa vievä osio olikin tehtävän 5.1 oppimispäiväkirja, oli se opiskelijan mielestä oleellinen osa tehtäväpakettia. Tehtävä 5.2 taas saattaa olla liian laaja vaativammilla mallinnusohjelmilla, vaikka opiskelija pitkin muuten tehtävästä ja näihin liittyvien esitysten jakamisesta muiden kanssa. Tehtäväpaketin osaamistavoitteita ja tehtävää 5.2 voidaankin muuttaa niin, että opiskelijan onkin tarkoitus vain esitellä omassa esityksessään jonkin toisen molekyylihallinnusohjelman perustoimintoja ja mahdollisuuksia kemian opettamisessa, mutta jossa ei vaadita opiskelijaa välttämättä asentamaan ohjelmaa tai oppimaan sen varsinaista käyttöä, jolloin tehtävän laajuus riippuu myös vähemmän valitusta mallinnusohjelmasta. Myös tehtäväpaketin 5.1 ohjeistuksia voidaan kehittää siten, että opiskelijat välttäisivät MarvinSketchin asentamiseen liittyvät mahdolliset ongelmat, joita opiskelija A:lla oli ollut tehtävän 5.1 suorittamisen aikana.

Opintojakson testauksen perusteella tehtäväpaketti 6:n molempien opiskelijoiden toteuttama oppilasvierailu opiskelijalaboratorioon oli sujunut hyvin, ja opiskelijat olivat suunnitelleet ja toteuttaneet itse vierailun ohjeiden mukaisesti. Vierailulle asetetut päätavoitteet olivat opiskelijoiden mielestä myös toimivia. Vähäisen suunnitteluajan vuoksi toteutuksessa oli kuitenkin hyödynnetty myös yhtä mallityöohjeen työtä sekä laboratorion opettajaa. Opiskelijat olivat kuitenkin osanneet hyödyntää Moodlen valmiita kokeellisten töiden materiaaleja eivätkä kaivanneet niitä varsinaisesti enempää, ja opiskelijat pitivät myös reagenssien käyttöturvallisuustiedotteisiin tutustumista tarpeellisena vaatimuksena vierailua ajatellen. Yleisesti tehtäväpaketin tehtävien materiaaleihin ja ohjeistuksiin oltiin tyytyväisiä, mutta esimerkiksi opiskelija A toivoi kuitenkin tarkempaa tuntisuunnitelmapohjaa vierailun suunnitteluun tukemiseksi. Opiskelija A toivoi myös mahdollisuutta käydä seuraamassa jotain oppilasvierailua, mikä toisi taas ajallisesti lisää työtä opiskelijalle, mutta joka voisi olla hyvä idea tulevilla toteutuskerroilla. Ajallisista syistä johtuen opiskelijat eivät kuitenkaan olleet tehneet yhteistä vierailuraporttia, mikä saattoi kuitenkin myös johtua puutteellisesta

maininnasta kyseisen tehtävän ohjeistuksessa. Palautusten ja haastattelujen perusteella raportin tekeminen yhdessä olisi kuitenkin hyvä tehdä nimenomaan yhdessä erilaisten opetuskokemusten ja huomioiden jakamiseksi, ja tämän avulla voitaisiin myös keventää yksittäisen opiskelijan työmäärää, vaikka tehtäväpaketin työmäärän opiskelijat näkivätkin opintopisteeseen nähden sopivana. Raportin pituutta voidaan kuitenkin oppimisportfolioiden perusteella pidentää, sillä molempien raportit olivat venyneet ohjeistettua pidemmiksi, ja reflektion avulla voidaan parantaa opiskelijoiden pedagogista sisältötietoa.

Opiskelijat olivat vierailulle suunniteltujen tehtäviensä perusteella ymmärtäneet myös tutkimuksellisen kokeellisuuden idean, mutta tämä oli perustunut enemmän opiskelijoiden aikaisempaan tietämykseen kuin varsinaisesti tehtäväpaketin antamiin tietoihin. Haastattelujen perusteella tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteistä voisi olla enemmän tietoa tehtäväpaketin aloitusdokumentissa, jotta opiskelijat ymmärtäisivät vielä paremmin tutkimuksellisen kokeellisuuden teoriaa ja mahdollisuuksia, ja että tehtäväpaketti vastaisi paremmin sen osaamistavoitteisiin. Opiskelijat suhtautuivat tutkimukselliseen kokeellisuuteen kuitenkin positiivisemmin ja ennakkoluulottomammin kuin mitä aiheen kirjallisuus olisi antanut ymmärtää. Toisen opiskelijan mielestä kyseinen tehtäväpaketti oli myös aiheeltaan opintojakson tärkein, mikä on linjassa empiirisen ongelmanalyysin ja esimerkiksi opettaja-alumnien toiveiden kanssa. Opiskelijat myös arvostivat materiaaleja kemian varastonhoidon periaatteista, jotka oli lisätty tehtäväpakettiin huomiona itsenäisesti tutkittavaksi.

5.2 Lopullinen kehittämistuotos

Testauksen perusteella opintojaksoon tehtiin seuraavia muutoksia. Ensimmäisenä tehtävien numerointi muutettiin juoksevaksi siten, että ne eivät enää sisällä kirjaimia. Moodle-pohjassa näkyvien tehtäväpaketin materiaalit ryhmiteltiin ja otsikoitiin myös siten, että jokaiseen tehtävänumeron alla on siihen tehtävään liittyvät materiaalit. Kaikkia aloitusdokumenteja selkeytettiin myös niin, että niihin lisättiin sivunumerot ja enintään yhden tehtävän ohjeistukset esitetään yhdellä esityskalvolla. Palautuspäivämäärät poistettiin myös eri palautuksista, ja niitä voidaan halutessaan käyttää opintojaksolla tulevien toteutusaikojen mukaan. Tehtäväpakettien kirjoitustehtävien ohjeistusta muutettiin myös niin, että fonttikoot ovat samat jokaisessa tehtävässä, eikä niitä tarvitse erikseen muuttaa oppimisportfoliota koottaessa.

Tehtäväpaketti 2:n opetussuunnitelmien analyysiesseen ohjeistusta muutettiin siten, että tehtävänannosta käy selkeästi ilmi, että kaikkiin lisäkysymyksiin ei tarvitse vastata, vaan ne ovat tarkoitettu kirjoittamisen tueksi. Myös Moodlen rikkiäiset linkit peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmista korjattiin. Aktiivisen oppimisen esseetehtävän toinen artikkeli poistettiin, ja sen tilalle laletettiin lyhyt video siitä, mitä aktiivisella oppimisella tarkoitetaan. Opetusvideotehtävän ohjeista poistettiin vaatimus siitä, että kyseisestä aiheesta ei löytyisi suomenkielistä opetusvideota tai että

sen pitää tehdä jollakin aloitusdokumentissa esitetyillä kolmella esimerkkimenetelmällä. Opetusvideon suositeltavaksi kestoksi myös asetettiin 5-10 minuuttia. Aloitusdokumenttiin lisättiin tämän lisäksi linkki artikkeliin, jossa kerrotaan hyvän opetusvideon ominaisuuksista, sekä ohjeteksti siitä, että jos haluaa kuvata videon, johon tarvitaan laboratoriovälineitä, voi olla yhteydessä opintojakson opettajaan. Aktivointimenetelmän suunnittelutehtävässä opiskelijoille lisättiin myös mahdollisuus käyttää aktiivisen oppimisen esseetehtävän yhteydessä olevaa artikkelia, jotta opiskelijat löytäisivät itselleen mahdollisimman kiinnostavan aktivointivälineen tai -menetelmän tehtävän tekoa varten, ja tehtävät muodostaisivat keskenään selkeämmän kokonaisuuden.

Tehtäväpaketissa 5 tehtävän 5.2 ohjeistusta ja osaamistavoitteita muutettiin niin, että tehtävässä ei enää vaadita kuvien olevan itse tehtyjä, jolloin ohjelman asentamista ja käytön opettelemista ei vaadita, vaikka ohjelman ominaisuuksiin täytyykin silti tehtävässä tutustua. Opiskelijoita ohjeistetaan myös tekemään esitys selkeästi joko posterin tai blogitekstin muotoon.

Tehtäväpaketissa 6 aloitusdokumenttia muutettiin siten, että siihen lisättiin kuva ja selitykset tutkimuksellisuuden kokeellisuuden eri tasoista, jotta opiskelijat ymmärtäisivät osaamistavoitteissa mainittuja tutkimuksellisen kokeellisuuden eri piirteitä. Myös linkki tutkimuksellista kokeellisuutta käsittelevään artikkeliin [75], jonka perusteella kuva on tehty, lisättiin samalle kalvolle. Vierailuraportin ohjeistukseen tuotiin myös muutoksia: vaadittu pituus on noin kaksi sivua ja ohjeistus kirjoitettiin siten, että siitä käy varmasti ilmi, että raportti on tarkoitus kirjoittaa yhdessä ryhmäläisten kanssa. Tuntisuunnitelmapohjaa myös tarkennettiin niin, että siitä käy ilmi esimerkkien avulla, mitä valmiin tuntisuunnitelman olisi hyvä sisältää. Vierailua ohjaavien opiskelijoiden määrää myös laajennettiin 2-4 henkilöön, jotta vieraille oppilas- ja opiskelijaryhmille saadaan sopiva määrä ohjaajia ryhmän kokoon verrattuna.

6. YHTEENVETO JA POHDINTA

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena selvittää, millaiset kemian didaktiset opinnot sopisivat osaksi Tampereen yliopiston kemian opintoja. Kysymystä tarkasteltiin kahdesta näkökulmasta: mitä aiheita suomalaisen kemian aineenopettajakoulutuksen olisi hyvä käsitellä sekä minkälainen toteutus palvelee Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoita näiden aiheiden oppimiseksi? Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka kehittämistuotoksena luotiin opintojakso Kemian didaktinen erikoistyö. Ongelma-analyysistä löydettyjen teemojen avulla kehitettyä opintojaksoa testattiin ja arvioitiin kahden kemian aineenopettajaopiskelijan avulla. Luvussa 6.1 esitetään, mitä tutkimus paljasti tällaisen didaktisen kemian opintojakson toimivuudesta Tampereen yliopistolla tarjottavana opintojaksona. Seuraavassa luvussa 6.2 avataan kehittämistutkimuksen merkitystä kemian aineenopettajien koulutukselle, sekä tarkastellaan tutkimusta kehittämistutkimuksen luotettavuuskriteerien näkökulmasta. Luvussa 6.3 esitetään myös tutkimuksesta nousevia mahdollisia jatkokehittämisen ja -tutkimuksen kohteita.

6.1 Kemian didaktinen erikoistyö kemian aineenopettajille suunnattuna Tampereen yliopiston opintojaksona

Tutkimuksena Kemian didaktisen erikoistyön teemat ja toteutus olivat opintojakson testaavien opiskelijoiden mukaan melko onnistuneita, ja sopivat osaksi Tampereen yliopiston opintoja. Opintojakson joustavat suoritusmahdollisuudet toteuttivat niin laboratorion vaatimuksen pääasiassa itsenäisestä työskentelystä toteutettavasta opinnoista ja matematiikan ja fysiikan laboratorioden toiveet päällekkäisten toteutusaikojen välttämiseksi, kuin myös mahdollisti eri vaiheissa opinnoissaan olevien aineenopettajaopiskelijoiden tarpeiden huomioimisen sekä opintojen valitsemisen omien kiinnostuksen kohteiden mukaan. Kehittämistuotos ei vielä itsessään vastannut matemaattisten vaatimukseen viiden opintopisteen lisäyksestä kemian aineenopettajille suunnattuihin opintoihin, mutta antoi valmiin kehyksen tämän toteuttamiseksi vielä kahden opintopisteen lisäyksellä valmiiden teemojen pohjalta. Opintojakso täydennettiin laboratorion puolesta kesän ja kevään aikana näiden tehtäväpakettien osalta tämän kehittämistutkimuksen ulkopuolella, ja opintojakson ensimmäinen versio otettiin käyttöön syksyllä 2019. Tämän kehittämistutkimuksen tulokset voivat edelleen myös ohjata opintojakson suuntaa, vaikka ensimmäinen toteutus aloitettiin ilman tämän tutkimuksen kaikkia tuloksia. Opintojakson suurimmat kehityskohteet liittyivät lähinnä tehtävien ohjeistukseen, Moodle-pohjan rakenteeseen sekä osaamistavoitteiden ja tehtävien materiaalien yhtenäistämiseen ja tehtäväpakettien laajuuden tarkentamiseen. Opintojaksoon tehdyillä muutoksilla pystyttiin vastaamaan suurimpaan osaan näistä tarpeista.

Opintojaksossa on kuitenkin jonkin verran toistoa teemojensa puolesta aineenopettajan pedagogiset opinnot suorittaneelle opiskelijalle tehtäväpaketti 2:n osalta. Kemian opetussuunnitelmien

perusteiden käsitteleminen on kuitenkin kaiken kemian opetuksen pohjana, minkä perusteella ne täytyy käsitellä ensimmäisessä, kaikille Tampereen yliopistojen kemian opiskelijoille suunnatussa kemian didaktisessa opintojaksossa. Aktiivista oppimista ja oppijoiden aktivointia myös käsitellään esimerkiksi matematiikan laboratorion didaktisissa opintojaksoissa, mutta toisaalta saman asian käsitteleminen kemian näkökulmasta mahdollistaa eri ainelaboratorioiden yhtenäisemmän opetuksen. Myös eniten hankaluuksia aiheuttanutta opetusvideotehtävää muutettiin testauksen perusteella, ja seuraavat toteutuskerrat näyttävät, auttavatko nämä muutokset tehtäväpaketin suorittamista. Tehtäväpakettia voidaan tulevaisuudessa muokata tarpeiden mukaan opetussuunnitelmien ja muun aineenopettajakoulutuksen muuttuessa.

Molekyyylimallinnuksen mahdollisuuksiin keskittyvä tehtäväpaketti 5 vaikutti olevan juuri sopiva lisä aineenopettajan pedagogisten opintojen suorittaneille opiskelijoille heidän tieto- ja viestintä-tekniisten taitojen kasvattamiseksi kemian opetusta ajatellen. Tehtäväpaketti mahdollistaa tarkemman syventymisen visualisoinnin ja molekyyylimallinnuksen mahdollisuuksiin kemian opetuksessa, ja helpottaa myös yleisesti digitalisaation paremman huomioimiseen jatkossa kemian aineenopettajien koulutuksessa. Myös opintojakson tehtäväpaketti 6, opiskelijalaboratorion vierailun suunnitteleminen ja toteuttaminen sekä sen raportointi, havaittiin suurimmalta osin opiskelijoille hyödylliseksi osuudeksi. Kyseinen tehtäväpaketti vastasi opettaja-alumnien toiveeseen kokeellisten töiden käsittelemisestä ja harjoittelemisesta sekä muiden yliopistojen kemian didaktisten opintojaksojen teemoja, joissa opettajaopiskelijat suunnittelivat ja toteuttivat paljon erilaisia kokeellisia töitä ja tiedekasvatukseen liittyviä tapahtumia. Opiskelijat ottivat tutkimuksellisten työskentelytapojen korostaminen kokeellisia töitä suunniteltaessa hyvin vastaan, ja tämän näkökulman esillä pitäminen on hyvä olla mukana kokeellisuutta käsiteltäessä jatkossakin opetussuunnitelmien ja muiden yliopistojen linjausten mukaisesti.

Yleisesti ottaen opintojakson teemat toimivat Tampereen yliopiston kontekstissa, vaikka ne eivät käsitelleet täsmälleen niitä kaikkia muiden yliopistojen kemian opetusta käsittelevien opintojaksojen tai opetussuunnitelmien kemian opetuksen teemoja, opettaja-alumnien toiveita tai kirjallisuudesta nousevia kemian aineenopettajakoulutusten haasteita ja eri teemojen näkökulmia. Tämä ei tietenkään voikaan olla tarkoituksena viiden opintopisteen opintojakson kehittämisessä, mutta tutkimuksessa esiin tulleet muutkin vaihtoehdot antavat varteenotettavia suuntaviivoja mahdollisten uusien teemojen tai opintojaksojen kehittämiseen.

6.2 Kehittämistutkimuksen luotettavuus ja merkitys kemian aineenopettajien koulutukselle

Tämän kehittämistutkimuksen tekemisessä pyrittiin luotettavuuskriteereiden [5, s.20] mukaiseen kokonaisvaltaisuuteen, jotta tutkimuksen tulokset olisivat uskottavia ja työn seurauksena voitaisiin luoda myös kemian aineenopettajakoulutusta ohjaavia malleja. Toisaalta tutkimuksesta muodostui valittujen tutkimuskysymysten kautta hyvin laaja kokonaisuus, jonka rajaamisen vaikeudet

ja siten myöskään tulokset eivät välttämättä tuottaneet kovin spesifiä tietoa kemian aineenopettajien koulutuksesta. Tutkimus kuitenkin osoitti, että varsinkin diplomityössä vielä tarkemmin rajattu aihe voisi tuoda vieläkin paremmin ohjaavia ja siirrettäviä malleja sekä teorioita aineenopettajien koulutukseen, vaikka tutkimus ei olisikaan yhtä kokonaisvaltaista tähän tutkimukseen verrattuna.

Tutkimus toteutettiin ja sen tuotos testattiin kuitenkin autenttisissa olosuhteissa, ja se noudatti etenemiseltään ja raportoinniltaan kuitenkin pääasiallisesti Akselan ja Pernaan [5, s.186] hyvälle pro gradu -tasoiselle opinnäytetyölle asettamaa kahden kehittämissyklin mallia. Autenttisuutta rajoitti opintojaksoa testanneiden opiskelijoiden pieni otos ja opiskelijoiden suoritusmahdollisuudet, jolloin opintojakson testaamisesta jouduttiin karsimaan tiettyjä suunniteltuja toteutustapoja ja kehittämistuotoksen tehtäväpakettien suorituksia ei voitu vertailla muuta kuin yhden tehtäväpaketin osalta. Toisaalta Tampereen yliopiston kontekstissa kahden kemian aineenopettajaopiskelijan osallistuminen tämän tyyppiseen tutkimukseen ei ole itsestään selvää tutkimuksen luonne ja kemian aineenopettajaopiskelijoiden määrä huomioon ottaen. Tutkimusprosessi pyrittiin kuitenkin raportoimaan mahdollisimman tarkasti, vaikka tutkimus oli sisällöllisesti ja ajallisesti laaja. Tutkimuksen tuloksia voidaankin pitää sen lähtökohtiin nähden luotettavina, mutta ei kovin laajasti yleistettävänä pienen otoksen vuoksi.

Vaikka tämäkin kehittämistutkimus on hyvin paikallinen ja tilannesidonnainen, voi se kuitenkin antaa vinkkejä kemian aineenopetuksen järjestämiseen, sekä vahvistaa muualla havaittujen teemojen tai toteutusten toimivuutta yhdessä aikaisempien ja tulevien kokemusten ja tutkimustulosten kanssa. Esimerkiksi mielenkiintoinen tulos opetusvideoiden tekemisen haastavuudesta voi herättää monenlaisia ajatuksia aineenopettajakoulutukseen sisältyvistä tehtävistä. Tutkimuksen merkityksellisyyttä kasvattaa myös ongelma-analyysien laajuus, joiden avulla saatiin mielenkiintoista kokoavaa tietoa niin opettaja-alumnien mielipiteistä kemian aineenopettajien koulutusta sekä DI-opintoja kohtaan, kuin myös Suomen yliopistojen kemian aineenopettajien koulutuksen aiheista ja toteutustavoista. Tämä diplomityö myös lisää aineenopettajaopiskelijoiden vaikutusmahdollisuuksia heidän omaan koulutukseensa, sekä mahdollistaa aiheensa puolesta edelleen uusien opinnäytetöiden tekemisen aineenopettajakoulutuksesta ja sen kehittämisestä.

6.3 Kemian didaktisen erikoistyön jatkokehittäminen

Kehittämistutkimuksen perusteella opintojakson Kemian didaktinen erikoistyö seuraavaksi kehittämiskohteeksi nousee luonnollisesti kahden viimeisen tehtäväpaketin loppuunsaattaminen sekä kokonaisvaltainen opintojakson testaaminen suuremmalla opiskelijamäärällä oikean toteutuskeran kontekstissa. Tällöin voidaan testata esimerkiksi tehtävien palauttamista ja kommentointia, nähdä, miten opiskelijat valitsevat ja suorittavat eri tehtäväpaketteja, sekä verrata tehtäväpakettien kuormittavuutta. Tämän perusteella opintojaksoa voidaan kehittää entistä houkuttelevam-

maksi sekä mahdollisesti muuttaa tai jopa poistaa kokonaisia tehtäviä tai tehtäväpaketteja ja korvata niitä uusilla, entistä relevantimmilla teemoilla ja toteutuksilla. Kemian aineenopettajien on mahdollista aloittaa opintojakson suorittaminen syyslukukaudella 2019.

Opintojakson tulevilla toteutuskerroilla tai tulevilla muilla opintojaksoilla voidaan myös miettiä lähiopetuksen lisäämistä toteutukseen, mikä oli myös toisen tämän tutkimuksen aineenopiskelijan toive. Tällöin myös Tampereen yliopistolla kemian opettajaopiskelijat saisivat tehdä enemmän yhteistyötä oman opettajuutensa kehittämiseksi samoin kuin esimerkiksi fysiikan ja matematiikan laboratorioilla tai muissa aineenopettajaopinnoissa. Toisaalta tämä tutkimus on osoittanut, että opiskelijat arvostavat myös itsenäisesti suoritettavien verkko-opintojen mahdollisuutta. Tähän tarvittaisiin taas lisää opetusresursseja. Molempien suoritustapojen etuja ja haittoja täytyy siis punnita tilannekohtaisesti.

Opintojakson tulee myös tehdä Tampereen yliopistolla yhteistyötä aineenopettajan pedagogisten opintojen kanssa, jotta vältetään turhaa päällekkäisyyttä ja jotta molemmat opinnot tukisivat toisiaan. Tulevassa kehitystyössä olisikin siis hyvä kartoittaa kemian didaktisten opintojen sisältöjä ja toteutustapoja, jotka ovat varmasti muuttuneet tämän kehittämistutkimuksen lähtökohdista. Samaa keskustelua tulee myös käydä fysiikan ja matematiikan laboratorioiden kanssa toimivien opintokokonaisuuksien varmistamiseksi opettavien aineiden välillä. Muiden yliopistojen kemian aineenopettajien koulutusta kannattaa edelleen seurata jo kehitettyjen, mutta myös tulevien opintojen kannalta, ja tehdä mahdollisesti yhteistyötä yliopistojen erilaisten vahvuuksien, käytänteiden ja ideoiden jakamiseksi.

Koska opintojaksoja pyritään jatkossa pitämään viiden opintopisteen laajuisina, kemian didaktisten opintojen mahdollinen laajentaminen kemian laboratoriolla tapahtuisi uuden opintojakson kautta. Edellä mainitut yhteistyövaihtoehdot voivat yhdessä tämän kehittämistutkimuksen kanssa osoittaa niitä teemoja ja aiheita, joihin uudella opintojaksolla voitaisiin perehtyä. Esimerkiksi kokeellisuuden ja kokeellisten töiden tai demonstraatioiden suunnitteleminen ja harjoittelu esiintyi tämän tutkimuksen eri osa-alueilla niin vahvasti kemian aineenopettajien koulutuksessa ja eri toiveissa, että se herätti pohtimaan myös vain tähän aihealueeseen keskittyvän opintojakson kehittämisen mahdollisuutta. Tampereen yliopistolla on lisäksi syksyllä 2019 lanseerattu lasten ja nuorten yliopisto Juniversity, jonka alla muutamia opettajaopiskelijoita ohjaa jo nyt luonnontieteisiin liittyviä aktiviteetteja yliopistolla vierailuille kouluryhmille. Tätä mahdollisuutta voisi hyödyntää myös kemian aineenopettajien opinnoissa autenttisen kokeellisuuden opettamisen harjoitteluksi joko tämän opintojakson kokeellisessa tehtäväpaketissa tai tulevissa kemian didaktisissa opinnoissa.

LÄHTEET

- [1] The Design-Based Research Collective, Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry, *Educational Researcher*, Vol. 32, Iss. 1, 2003, pp. 5-8.
- [2] A.L. Brown, Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 2, Iss. 2, 1992, pp. 141-178.
- [3] A. Collins, *Toward a Design Science of Education*, New Directions in Educational Technology, Springer, Berlin, Heidelberg, 1992, pp. 15-22.
- [4] T. Anderson, J. Shattuck, Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?, *Educational Researcher*, Vol. 41, Iss. 1, 2012, pp. 16-25.
- [5] J. Perna (toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*, Opetus 2000, PS-kustannus, Jyväskylä, 2013.
- [6] D.C. Edelson, Design Research: What We Learn When We Engage in Design?, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 11, Iss. 1, 2002, pp. 105-121.
- [7] T. Anderson, J. Shattuck, Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 2012.
- [8] K. Juuti, J. Lavonen, Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology, *Nordic Studies in Science Education*, Vol. 2, Iss. 2, 2012, pp. 54.
- [9] F. Wang, M. J. Hannafin, Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments, *Educational Technology Research and Development*, Vol. 53, Iss. 4, 2005, pp. 5-23.
- [10] W.A. Sandoval, P. Bell, Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction, *Educational Psychologist*, Vol. 39, Iss. 4, 2004, pp. 199-201.
- [11] A. Collins, D. Joseph, K. Bielaczyc, Design Research: Theoretical and Methodological Issues, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 15-42.
- [12] J. Kananen, *Kehittämistutkimus opinnäytetyönä: kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas*, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 2012, s.19-24.
- [13] S. Barab, K. Squire, Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 1-14.
- [14] A. Collins (ed.), *The changing infrastructure of educational research*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco, 1999.
- [15] A. A. diSessa, P. Cobb, Ontological Innovation and the Role of Theory in Design Experiments, *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 77-103.
- [16] I.T. Chao, T. Saj, D. Hamilton, Using collaborative course development to achieve online course quality standards, *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, Vol. 11, Iss. 3, 2010, pp. 106.

- [17] P. Bell, C. M. Hoadley, M. C. Linn, (ed.), Design-based research in education. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey, 2004.
- [18] J. Tuomi, A. Sarajärvi, Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi, Tammi, 2017.
- [19] A. Kelly, Design Research in Education: Yes, but is it Methodological? *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 115-128.
- [20] R. B. Johnson, A. J. Onwuegbuzie, Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come, *Educational Researcher*, Vol. 33, Iss. 7, 2004, pp.14-26.
- [21] J. Perna, Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen, väitöskirja, Helsingin yliopisto, 2011. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28007>.
- [22] N.G. Lederman, J.S. Lederman, The Status of Preservice Science Teacher Education: A Global Perspective, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 26, Iss. 1, 2015, pp. 1-6.
- [23] L.S. Shulman, Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review*, Vol. 57, Iss. 1, 1987, pp. 1.
- [24] J. Gess-Newsome, Pedagogical Content Knowledge, in: J. Hattie & E. M. Anderman, *International Guide to Student Achievement*, 2013, Routledge, New York, USA, pp. 257-260.
- [25] C. Fernandez, Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training, *Problems of Education in the 21st Century*, Vol. 60, 2014, pp. 79-100.
- [26] J. Loughran, P. Mulhall, A. Berry, Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education, *International Journal of Science Education*, Vol. 30, Iss. 10, 2008, pp. 1301-1320.
- [27] T.W. Teo, M.T. Goh, L.W. Yeo, Chemistry education research trends: 2004–2013, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 15, Iss. 4, 2014, pp. 470-487.
- [28] E. Liu, C. Liu, J. Wang, Pre-service science teacher preparation in China: challenges and promises, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 26, Iss. 1, 2015, pp. 29-44.
- [29] J.K. Olson, C.D. Tippett, T.M. Milford, C. Ohana, M.P. Clough, Science teacher preparation in a North American context, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 26, Iss. 1, 2015, pp. 7-28.
- [30] R. Mamlok-Naaman, I. Eiliks, G. Bodner, A. Hofstein, Professional development of chemistry teachers: theory and practice, Royal Society of Chemistry, London, 2018, 1-5 p.
- [31] A. Hume, A. Berry, Constructing CoRes - a strategy for building PCK in pre-service science teacher education, *Research in Science Education*, Vol. 41, Iss. 3, 2011, pp. 341-355.
- [32] K. Nakiboglu, O. Karakoc, O. de Jong, Examining pre-service chemistry teachers pedagogical content knowledge and influences of teacher course and practice school, *Journal of Science Education*, Vol. 11, Iss. 2, 2010.
- [33] O. Bektas, B. Ekiz, M. Tuysuz, E.S. Kutucu, A. Tarkin, E. Uzuntiryaki-Kondakci, Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science

- in the particle nature of matter, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 14, Iss. 2, 2013, pp. 21-213.
- [34] A. Cetin-Dindar, Y. Boz, D. Yildiran Sonmez, N. Demirci Celep, Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 19, Iss. 1, 2018, pp. 167-183.
- [35] A. Jimoyiannis, Designing and Implementing an Integrated Technological Pedagogical Science Knowledge Framework for Science Teachers Professional Development, *Computers & Education*, Vol. 55, Iss. 3, 2010, pp. 1259-1269.
- [36] T. Widhiyanti, D.F. Treagust, M. Mocerino, V. Vishnumolakala, Content Knowledge Development in a Chemistry Teacher Preparation Program: A Current Potentials and Challenges, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1868, Iss. 1, 2017.
- [37] C. Bolte, S. Streller, A. Hofstein, How to Motivate Students and Raise Their Interest in Chemistry Education, in: I. Eilks, & A. Hofstein, *Teaching chemistry--a studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*, Sense-Publishers, Rotterdam, 2013.
- [38] T. R. Koballa, S. M. Glynn, Attitudinal and Motivational Constructs in Science Learning, in: S. K. Abell & N. G. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*, Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2007, pp. 75-102.
- [39] A. Krapp, Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective, *Learning and Instruction*, Vol. 12, Iss. 4, 2002, pp. 383-409.
- [40] M. Aksela, V. Karjalainen, *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*, Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, 2008, Saatavissa (luettu 1.8.2019): <http://www.kemia.ovh/ont/karjalainen-v-2008.pdf>.
- [41] P. Kärnä, R. Hakonen, J. Kuusela, Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011, *Koulutuksen seurantaraportit 2012:2*, Opetushallitus, Saatavissa: (luettu 1.8.2018) https://karvi.fi/app/uploads/2014/09/OPH_0212.pdf.
- [42] J. Vettenranta, et.al, *Pisa 15 ensituloksia: Huipulla pudotuksesta huolimatta*, Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016.
- [43] T. Lyons, Different Countries, Same Science Classes: Students' experiences of school science in their own words, *International Journal of Science Education*, Vol. 28, Iss. 6, 2006, pp. 591-613.
- [44] R. Toplis, Students' Views About Secondary School Science Lessons: The Role of Practical Work, *Research in Science Education*, Vol. 42, Iss. 3, 2012, pp. 531-549.
- [45] Y. Sharaabi-Naor, M. Kesner, Y. Shwartz, Enhancing Students' Motivation to Learn Chemistry, *Sisyphus - Journal of Education*, Vol. 2, Iss. 2, 2014.
- [46] LUMA SUOMI -ohjelma – Valtakunnallinen luonnontieteiden ja matematiikan esi- ja perusopetuksen kehittämisohjelma 2014–2019. Saatavissa (luettu 2.6.2019): <https://suomi.luma.fi/>
- [47] Korkeakoulujen yhteishaussa opiskelupaikka yli 48 000 opiskelijalle, Opetushallitus, 2019, Saatavissa (luettu 1.8.2019): <https://www.opi.fi/fi/uutiset/2019/korkeakoulujen-yhteishaussa-opiskelupaikka-yli-48-000-opiskelijalle>.

- [48] C. J. Brame, Active Learning, Vanderbilt University Center for Teaching, 2016. Saatavissa (luettu 4.5.2019): <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/active-learning/>
- [49] C.C. Bonwell, J. A. Eison, Active Learning: Creating Excitement in the Classroom, ASHEERIC Higher Education Report No.1, George Washington University, Washington, DC, 1991, 5 p.
- [50] E. Ahonen, Miten ja mitä opettaja oppii?: Aktiivinen oppiminen opettajan pedagogisen ajattelun osana ja rakentajana, väitöskirja, Helsingin yliopisto. 2018, Saatavissa (luettu 4.5.2019): <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/231099>.
- [51] M. Prince, Does Active Learning Work? A Review of the Research, Journal of Engineering Education, Vol. 93, Iss. 3, 2004, pp. 223-231.
- [52] Opetushallitus. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Saatavissa (viitattu 24.12.2018): https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- [53] Opetushallitus. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 Saatavissa (viitattu 24.12.2019): https://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf.
- [54] H.A. Johnson, L. Barrett, Your teaching strategy matters: how engagement impacts application in health information literacy instruction, Journal of the Medical Library Association: JMLA, Vol. 105, Iss. 1, 2017, pp. 44-48.
- [55] J. Michael, Where's the evidence that active learning works? Advances in Physiology Education, Vol. 30, Iss. 4, 2006, pp. 159-167.
- [56] S. Freeman, S.L. Eddy, M. McDonough, M.K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt, M.P. Wenderoth, Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 111, Iss. 23, 2014, pp. 8410-8415.
- [57] G. Sendur, M. Polat, A. Toku, C. Kazanci, Active Learning Applications in the History of Chemistry: Pre-Service Chemistry Teachers' Level of Knowledge and Views, Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Vol. 15, Iss. 2, 2014.
- [58] V. F. Savec, I. Devetak, Evaluating the Effectiveness of Students' Active Learning in Chemistry, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 106, 2013, pp. 1113-1121.
- [59] C.J. Finelli, K. Nguyen, M. DeMonbrun, M. Borrego, M. Prince, J. Husman, C. Henderson, P. Shekhar, C.K. Waters, Reducing Student Resistance to Active Learning: Strategies for Instructors, Journal of College Science Teaching, Vol. 47, Iss. 5, 2018, pp. 80-91.
- [60] A. Hofstein, M. Kipnis, I., Abrahams, How to learn in and from the chemistry laboratory, in: I. Eilks, & A. Hofstein, Teaching chemistry - a studybook: A practical guide and text book for student teachers, teacher trainees and teachers, Sense-Publishers, Rotterdam, 2013.
- [61] M.J. Elliott, K.K. Stewart, J.J. Lagowski, The Role of the Laboratory in Chemistry Instruction, Journal of Chemical Education, Vol. 85, Iss. 1, 2008, pp. 145-149.
- [62] A. Hofstein, V.N. Lunetta, The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, Science Education, Vol. 88, Iss. 1, 2004, pp. 28-54.

- [63] A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, High-School Students' Attitudes toward and Interest in Learning Chemistry, *Educación Química*, Vol. 22, Iss. 2, 2011, pp. 90-102.
- [64] N. Reid, I. Shah, The role of laboratory work in university chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 8, Iss. 2, 2007, pp. 172-185.
- [65] A. Yalcin-Celik, H. Kadayifci, S. Uner, N. Turan-Oluk, Challenges faced by pre-service chemistry teachers teaching in a laboratory and their solution proposals, *European Journal of Teacher Education*, Vol. 40, Iss. 2, 2017, pp. 210-230.
- [66] J. Csikós, M. Aksela, Kemian opettajaopiskelijoiden käsityksiä kokeellisuudesta, Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksessa, Osa IV Korkeakoulut, Maija Aksela & Marja Montonen (Toim.), Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29-30.3.2007, Helsinki, s. 47-58 Saatavilla (luettu 12.6.2019): https://www.oph.fi/download/49201_osa4kemianopetusta2007.pdf
- [67] J. Välisaari, Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen arviointiopiskelijapalautteen pohjalta, Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuuskemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin, Maija Aksela & Johannes Pernaa (Toim.), Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät, 2009, Helsinki, s. 264-271 Saatavilla (luettu 28.6.2019): <http://www.helsinki.fi/kemma/data/kop-2009.pdf>.
- [68] I. Abrahams, R. Millar, Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science, *International Journal of Science Education*, Vol. 30, Iss. 14, 2008, pp. 1945-1969.
- [69] F. Abd-El-Khalick, S. Boujaoude, R. Duschl, N. Lederman, R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, M. Niaz, D. Treagust, H. Tuan, Inquiry in Science Education: International perspectives, *Science Education*, Vol. 88, 2004, pp. 397-419.
- [70] J. Herranen, M. Tuomisto, M. Aksela, Tutkimuksellinen opiskelu kemian aineenopettaja koulutuksessa, *LUMAT*, Vol. 3, Iss. 6, 2015, pp. 856-866.
- [71] J.A. Morrison, Exploring Exemplary Elementary Teachers' Conceptions and Implementation of Inquiry Science, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 24, Iss. 3, 2013, pp. 573-588.
- [72] R. L. Bell, L. Smetana, I. Binns, Simplifying Inquiry Instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities, *The Science Teacher*, Vol. 72, Iss. 7, 2005, pp. 30-33.
- [73] M. Pedaste, M. Mäeots, Ä Leijen, T. Sarapuu, Improving Students' Inquiry Skills through Reflection and Self-Regulation Scaffolds, *Technology, Instruction, Cognition & Learning*, Vol. 9, Iss. 1/2, 2012, pp. 81-95.
- [74] M. Pedaste, M. Mäeots, L.A. Siiman, T. de Jong, S.A.N. van Riesen, E.T. Kamp, C.C. Manoli, Z.C. Zacharia, E. Tsourlidaki, Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle, *Educational Research Review*, Vol. 14, 2015, pp. 47-61.
- [75] H. Banchi, R. Bell, The Many Levels of Inquiry, *Science and Children*, Vol. 46, Iss. 2, 2008, pp. 26-29.
- [76] P. Tomperi, Kehittämistutkimus: Opettajan ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tukeminen käyttäen SOLO-taksonomiaa - esimerkkinä tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus, väitöskirja, Helsingin yliopisto. Kemian opettajankoulutusyksikkö. 2015. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/158059>.

- [77] A. Hofstein, T. Levy Nahum, R. Shore, Assessment of the Learning Environment of Inquiry-Type Laboratories in High School Chemistry, *Learning Environments Research*, Vol. 4, Iss. 2, 2001, pp. 193-207.
- [78] M. Dobber, R. Zwart, M. Tanis, B. van Oers, Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education, *Educational Research Review*, Vol. 22, 2017, pp. 194-214.
- [79] R. Spronken-Smith, R. Walker, Can Inquiry-Based Learning Strengthen the Links between Teaching and Disciplinary Research? *Studies in Higher Education*, Vol. 35, Iss. 6, 2010, pp. 723-740.
- [80] P. Tomperi, M. Aksela, In-Service Teacher Training Project on Inquiry-Based Practical Chemistry, *LUMAT: Research and Practice in Math, Science and Technology Education*, Vol. 2, Iss. 2, 2014, pp. 215-226.
- [81] A. Abdi, The Effect of Inquiry-Based Learning Method on Students' Academic Achievement in Science Course, *Universal Journal of Educational Research*, Vol. 2, Iss. 1, 2014, pp. 37-41.
- [82] M. Kakisako, K. Nishikawa, M. Nakano, K.S. Harada, T. Tatsuoka, N. Koga, Stepwise Inquiry into Hard Water in a High School Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, Vol. 93, Iss. 11, 2016, pp. 1923-1928.
- [83] P. Şimşek, F. Kabapınar, The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 2, Iss. 2, 2010, pp. 1190-1194.
- [84] N. Tornee, T. Bunterm, K. Lee, S. Muchimapura, Examining the effectiveness of guided inquiry with problem-solving process and cognitive function training in a high school chemistry course, *Pedagogies: An International Journal*, Vol. 14, Iss. 2, 2018, pp. 126-149.
- [85] A. Keselman, Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 40, Iss. 9, 2003, pp. 898-921.
- [86] M. Kipnis, A. Hofstein, The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Meta cognitive Skills, *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 6, Iss. 3, 2008, pp. 601-627.
- [87] C. Gormally, P. Brickman, B. Hallar, N. Armstrong, Effects of Inquiry-based Learning on Students' Science Literacy Skills and Confidence, *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, Vol. 3, Iss. 2, 2009.
- [88] E.V. Aulia, S. Poedjiastoeti, R. Agustini, The Effectiveness of Guided Inquiry-based Learning Material on Students' Science Literacy Skills, *Journal of Physics: Conference Series* 947 012049, 2018.
- [89] A. Hofstein, O. Navon, M. Kipnis, R. Mamlok-Naaman, Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 42, Iss. 7, 2005, pp. 791-806.
- [90] M. Aksela, Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach, *väitöskirja*, Helsingin yliopisto, 2005. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21127>.

- [91] J.P. Walker, V. Sampson, J. Grooms, B. Anderson, C.O. Zimmerman, Argument-driven inquiry in undergraduate chemistry labs: the impact on students' conceptual understanding, argument skills, and attitudes toward science, *Journal of College Science Teaching*, Vol. 41, Iss. 4, 2012, pp. 74.
- [92] E. Ural, The Effect of Guided-Inquiry Laboratory Experiments on Science Education Students' Chemistry Laboratory Attitudes, Anxiety and Achievement, *Journal of Education and Training Studies*, Vol. 4, Iss. 4, 2016, pp. 217-227.
- [93] V.R. Vishnumolakala, D.C. Southam, D.F. Treagust, M. Mocerino, S. Qureshi, Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified process-oriented guided inquiry learning undergraduate chemistry classroom, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 18, Iss. 2, 2017, pp. 340-352.
- [94] Z. Bayram, Ö. Oskay, E. Erdem, S.D. Özgür, Ş. Şen, Effect of Inquiry based Learning Method on Students' Motivation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 106, 2013, pp. 988-996.
- [95] K. Deters, Inquiry in the Chemistry Classroom, *Science Teacher*, Vol. 71, Iss. 10, 2004, pp. 42-45.
- [96] L. Backus, A Year Without Procedures, *The Science Teacher*, Vol. 72, Iss. 7, 2005, pp. 54.
- [97] W. DiBiase, J.R. McDonald, Science Teacher Attitudes Toward Inquiry-Based Teaching and Learning, *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, Vol. 88, Iss. 2, 2015, pp. 29-38.
- [98] D. Cheung, Teacher Beliefs about Implementing Guided-Inquiry Laboratory Experiments for Secondary School Chemistry, *Journal of Chemical Education*, Vol. 88, Iss. 11, 2011, pp. 1462-1468.
- [99] L. Wheeler, R. Bell, Open-Ended Inquiry, *Science Teacher*, Vol. 79, Iss. 6, 2012, pp. 32-39.
- [100] E.J.S. Kang, J.A. Bianchini, G.J. Kelly, Crossing the Border from Science Student to Science Teacher: Preservice Teachers' Views and Experiences Learning to Teach Inquiry, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 24, Iss. 3, 2013, pp. 427-447.
- [101] P. Tomperi, Kehittämistutkimus: Opettajan ammatillisen kehittymisen tutkimusperustainen tukeminen käyttäen SOLO-taksonomiaa - esimerkkinä tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus, väitöskirja, Helsingin yliopisto, 2015, Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/158059>.
- [102] G.H. Roehrig, J.A. Luft, Inquiry teaching in high school chemistry classrooms: The role of knowledge and beliefs, *Journal of Chemical Education*, Vol. 81, Iss. 10, 2004, pp. 1510-1516.
- [103] D. Cheung, Facilitating Chemistry Teachers to Implement Inquiry-Based Laboratory Work, *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 6, Iss. 1, 2008, pp. 107-130.
- [104] C. Şen, G.S. Vekli, The Impact of Inquiry Based Instruction on Science Process Skills and Self-efficacy Perceptions of Pre-service Science Teachers at a University Level Biology Laboratory, *Universal Journal of Educational Research*, Vol. 4, Iss. 3, 2016, pp. 603-612.

- [105] S. Abels, Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms, In: *New Developments in Science Education Research*, Nova Science Publishers, 2015.
- [106] P. Tomperi, M. Aksela, Lukion kemian oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa. Teoksessa Aksela, M. & Pernaa, J. (toim), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin*. Yliopistopaino, Helsinki, 2009.
- [107] B.A. Crawford, Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, Iss. 9, 2000, pp. 916-937.
- [108] D.G. Herrington, E.J. Yeziarski, K.M. Luxford, C.J. Luxford, Target inquiry: changing chemistry high school teachers' classroom practices and knowledge and beliefs about inquiry instruction, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 12, Iss. 1, 2011, pp. 74-84.
- [109] A. Banerjee, Teaching Science Using Guided Inquiry as the Central Theme: A Professional Development Model for High School Science Teachers, *Science Educator*, Vol. 19, Iss. 2, 2010, pp. 1.
- [110] C. Lotter, W.S. Harwood, J.J. Bonner, The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 44, Iss. 9, 2007, pp. 1318-1347.
- [111] P. Tomperi, M. Aksela, In-Service Teacher Training Project on Inquiry-Based Practical Chemistry, *LUMAT*, Vol. 2, Iss. 2, 2014, pp. 215-226.
- [112] L.B. Bruck, M.H. Towns, Preparing Students to Benefit from Inquiry-Based Activities in the Chemistry Laboratory: Guidelines and Suggestions, *Journal of Chemical Education*, Vol. 86, Iss. 7, 2009, pp. 820.
- [113] E.M. Furtak, The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching, *Science education*, Vol. 90, Iss. 3, 2006, pp. 467.
- [114] M. Windschitl, Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science education*, Vol. 87, Iss. 1, 2003, pp. 143.
- [115] J. Settlage, Demythologizing Science Teacher Education: Conquering the False Ideal of Open Inquiry, *Journal of Science Teacher Education*, Vol. 18, Iss. 4, 2007, pp. 461-467.
- [116] E. A. Davis, D. Petish, J. Smitley, Challenges New Science Teachers Face, *Review of Educational Research*, Vol. 76, Iss. 4, 2006, pp. 607-651.
- [117] C.J. Eick, C.J. Reed, What makes an inquiry-oriented science teacher? The influence of learning histories on student teacher role identity and practice, *Science education*, Vol. 86, Iss. 3, 2002, pp. 401-416.
- [118] M. Aksela, Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 11, Iss. 2, 2010, pp. 84.
- [119] Opinto-oppaat 2018-2019: Opettajan pedagogiset opinnot, 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu, Saatavissa (luettu 23.5.2019): <https://www10.uta.fi/opas/opintoKokonaisuus.htm?rid=14294&uiLang=fi&lang=fi&lvv=2018>.

- [120] A.H. Johnstone, The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand, *Journal of Chemical Education*, Vol. 70, Iss. 9, 1993, pp. 701.
- [121] D. Milenkovic, M. Segedinac, T. Hrin, S. Horvat, The impact of instructional strategy based on the triplet model of content representation on elimination of students' misconceptions regarding inorganic reactions, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol. 81, Iss. 6, 2016, pp. 717-728.
- [122] K. Adams, *Beginning Chemistry Teachers Use of the Triplet Relationship During their First Three Years in the Classroom*, ProQuest Dissertations Publishing, 2012.
- [123] R. Tasker, Research into practice: Visualising the molecular world for a deep understanding of chemistry, *Teaching Science*, Vol. 60, Iss. 2, 2014, pp. 16-27.
- [124] V. Talanquer, Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet", *International Journal of Science Education*, Vol. 33, Iss. 2, 2011, pp. 179-195.
- [125] K.S. Taber, Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 14, Iss. 2, 2013, pp. 156-168.
- [126] P. Mahaffy, Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education, *Journal of Chemical Education*, Vol. 83, Iss. 1, 2006, pp. 49.
- [127] J. Sjöström, V. Talanquer, Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization, *Journal of Chemical Education*, Vol. 91, Iss. 8, 2014, pp. 1125-1131.
- [128] M. Stojanovska, V. Petrusevski, B. Šoptrajanov, Study of the use of three levels of thinking and representation, *Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciences*, Vol. 35, Iss. 1, 2014.
- [129] S.M. Irby, E.J. Borda, J. Haupt, Effects of Implementing a Hybrid Wet Lab and Online Module Lab Curriculum into a General Chemistry Course: Impacts on Student Performance and Engagement with the Chemistry Triplet, *Journal of Chemical Education*, Vol. 95, Iss. 2, 2018, pp. 224-232.
- [130] H.D. Barke, H. Wirbs, Structural Units and Chemical Formulae, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 3, Iss. 2, 2002, pp. 185-200.
- [131] F. C. G. C. De Vasconcelos, A. Arroio, Exploring teachers' perceptions on visualization resources in chemistry teaching, *Quimica Nova*, Vol. 36, Iss. 8, 2013, pp. 1242-1247.
- [132] C.L. Habraken, Integrating into Chemistry Teaching Today's Student's Visuospatial Talents and Skills, and the Teaching of Today's Chemistry's Graphical Language, *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 13, Iss. 1, 2004, pp. 89-94.
- [133] E. Jalonen, Molekyylimallinnuksen avulla kohti syvempää kemian ymmärtämistä, in: LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education, Vol. 1, No. 2, 2016, pp. 47-50.
- [134] J. Gilbert, Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education, in: *Visualization in Science Education*, Springer Netherlands, Dordrecht, 2005, pp. 9-27.

- [135] R. Kozma, J. Russell, Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence, in: *Visualization in Science Education*, Springer Netherlands, Dordrecht, 2005, pp. 121-145.
- [136] M. Aksela, J. Lundell, Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers' experiences and views, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 9, Iss. 4, 2008, pp. 301-308.
- [137] S. Helppolainen, M. Aksela, Science teachers' ICT use from a viewpoint of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK), *LUMAT*, Vol. 3, Iss. 6, 2015, pp. 783-799.
- [138] V. Ferk, M. Vrtacnik, A. Blejec, Student's understanding of molecular structure representations, *International Journal of Science Education*, Vol. 25, Iss. 10, 2003, pp. 1227-1245.
- [139] N. Barnea, Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer managed Modelling System, in: *Developing Models in Science Education*, Springer, Dordrecht, 2000, pp. 307-323.
- [140] M. Barak, Y.J. Dori, Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment, *Science Education*, Vol. 89, Iss. 1, 2005, pp. 117-139.
- [141] Y.J. Dori, Z. Kaberman, Assessing high school chemistry students' modeling sub-skills in a computerized molecular modeling learning environment, *Instructional Science*, Vol. 40, Iss. 1, 2012, pp. 69-91.
- [142] J. Perna, M. Aksela, G. Shenelle Pearl, *Introduction to Molecular Modeling in Chemistry Education*, 2nd ed. Edumendo, e-Oppe Oy, 2017.
- [143] M. J. Koehler, P. Mishra, What is technological pedagogical content knowledge?, *Contemporary issues in Technology and Teacher Education*, Vol. 9, Iss. 1, 2009, pp. 60-70.
- [144] *Digital Video and Teaching*, *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, Vol. 10, Iss. 1, 2010, pp. 1-6.
- [145] P. Bülent, J. le Maréchal, Movies in chemistry education, *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. 11, 2010.
- [146] F. Floriana, G. Cristina, The use of video in educational research and teacher training in the digital classroom, *Research on Education and Media*, Vol. 8, Iss. 1, 2016, pp. 14-21.
- [147] T. Jones, K. Cuthrell, YouTube: Educational Potentials and Pitfalls, *Computers in the Schools*, Vol. 28, Iss. 1, 2011, pp. 75-85.
- [148] R. Berk, Multimedia Teaching with Video Clips: TV, Movies, YouTube, and mtvU in the College Classroom, *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, Vol. 5, 2009, pp. 1-21.
- [149] B. Mitra, J. Lewin-Jones, H. Barrett, S. Williamson, The use of video to enable deep learning, *Research in Post-Compulsory Education*, Vol. 15, Iss. 4, 2010, pp. 405-414.
- [150] G. Wulfsberg, L.H. Laroche, B. Young, Discovery Videos: A Safe, Tested, Time-Efficient Way to Incorporate Discovery-Laboratory Experiments into the Classroom, *Journal of Chemical Education*, Vol. 80, Iss. 8, 2003, pp. 962.

- [151] B. G. Pace, L. C. Jones, Teaching with Web-Based Videos, *The Science Teacher*, Vol. 76, Iss. 1, 2009, pp. 47.
- [152] D.A.C. Barone, M.A. Zaro, C.d. Musacchio, A. Moraes, A.A.d. Cunha, Audio and Video Media in Teacher Training: Deterritorialization in Education, *Creative Education*, Vol. 7, 2016, pp. 1056.
- [153] R. Blonder, M. Jonatan, Z. Bar-Dov, N. Benny, S. Rap, S. Sakhnini, Can You Tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 14, Iss. 3, 2013, pp. 269-285.
- [154] J. Ryyänen, *Kemian opetuksen erityiskysymyksiä -opintojakson suunnittelu, diplomityö*, Tampereen teknillinen yliopisto, 2013.
- [155] Opinto-opas 2018-2019: FYS-1650 Fysiikan käsitteenmuodostus, 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu Saatavissa (luettu 24.1.2019): <http://www.tut.fi/opinto-opas/wwwoppaat/opas2018-2019/perus/aineryhmat/Fysiikka/FYS-1650.html>.
- [156] T. Mäntylä, yliopistonlehtori (matemaattisten aineiden didaktiikka), Kasvatustieteiden laitos, Tampereen yliopisto. Keskustelu 30.11.2018.
- [157] Opinto-opas 2018-2019: FYS-1591 Didaktisen fysiikan työt, 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu Saatavissa (luettu 24.1.2019): <http://www.tut.fi/opinto-opas/wwwoppaat/opas2018-2019/perus/aineryhmat/Fysiikka/FYS-1591.html>.
- [158] Opinto-opas 2018-2019: MAT-60750 Kohti matematiikan opettajuutta 1, 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu, Saatavissa (luettu 24.1.2019): <http://www.tut.fi/opinto-opas/wwwoppaat/opas2018-2019/perus/aineryhmat/Matematiikka/MAT-60750.html>.
- [159] Opinto-opas 2018-2019: MAT-67050 Kohti matematiikan opettajuutta 2, 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu Saatavissa (viitattu 24.1.2019): <http://www.tut.fi/opinto-opas/wwwoppaat/opas2018-2019/perus/aineryhmat/Matematiikka/MAT-67050.html>.
- [160] E. Viro, yliopisto-opettaja (tietotekniikka), Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta, Tampereen yliopisto. Keskustelu 28.9.2018.
- [161] Opetusohjelma 2018-2019: MTTMS11 Opettajasuunnan seminaari 5 op, Tampereen yliopisto, verkkosivu Saatavissa (luettu 24.1.2019): <https://www10.uta.fi/opas/opetusohjelma/marjapuuro.htm?id=40328>.
- [162] Matemaattisten aineiden opettaja, Oulun yliopisto, verkkosivu, Saatavissa (luettu 2.3.2019): <https://www.oulu.fi/yliopisto/hakijalle/matemaattisten-aineiden-opettaja>.
- [163] WebOodi (Helsingin yliopisto), 2018-2019 > Opintotarjonta > Opinto-oppaat > Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta (viitattu 2.1.2019).
- [164] Korppi (Jyväskylän yliopisto), 2018-2019 > Opetusohjelma > Kemian laitos > lukuvuosi 2018-2019 (viitattu 2.1.2019).
- [165] WebOodi (Oulun yliopisto), 2018-2019 > Opintotarjonta > Opinto-oppaat > Luonnontieteellinen tiedekunta (viitattu 2.1.2019).
- [166] WebOodi (Itä-Suomen yliopisto), 2018-2019 > Opintotarjonta > Oppaittain > Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta > Kemian laitos (viitattu 2.1.2019).
- [167] Opinto-opas, Turun yliopisto, 2018-2019, Saatavissa: (viitattu 2.1.2019) <https://opas.peppi.utu.fi>

- [168] Opetussuunnitelman ydinasiat, Opetushallitus Saatavissa (viitattu 24.02.2019): https://www.oph.fi/koulutus_ja_tutkinnot/perusopetus/opetussuunnitelma_ja_tuntijako/uudet_opetussuunnitelmat_pahkinankuoressa.
- [169] Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, Opetushallitus Saatavissa (viitattu 24.02.2019): https://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/opetussuunnitelmien_ja_tutkintojen_perusteet/lukiokoulutus.

LIITE A: SUOMEN YLIOPISTOISSA OPETETTAVAT KEMIAN DIDAKTISET OPINTOJAKSOT

Yliopisto [lähde]	Opintojakson tunnus ja nimi	Opinto- pisteet (op)	Kohdetut- kintotaso (K/M)	Valin- naisuus	Arviointi (HYV- HYL/0-5)
Helsingin yliopisto [162]	MFK-407 Johdatus matematiikan, fy- siikan ja kemian opetukseen	2	K	pakollinen	HYV-HYL
	MFK-408 Aineenopettajan digitaaliset työkalut I	1	K	pakollinen	HYV-HYL
	MFK-201 Aineenopettajan digitaaliset työkalut II	4	K	pakollinen	HYV-HYL
	MFK-201E Molekyylimallinnus	1	K	valinnainen	HYV-HYL
	MFK-201F Harjoitustyö	2	K	valinnainen	HYV-HYL
	MFK-402 Tiedekasvatus	2-5	K	pakollinen	HYV-HYL
	MFK-403 Opiskelijälähtöinen ohjaami- nen	5	K	vaihtoehtoi- nen	HYV-HYL
	MFK-404 Matematiikka ja luonnon- tieteet yhteiskunnassa	5	K	vaihtoehtoi- nen	0-5
	MFK-406 Työelämäportfolio	1-5	K	vaihtoehtoi- nen	HYV-HYL
	MFK-K202 Kemia elinympäristössä	5	K	pakollinen	0-5
	MFK-K203 Kemian käsitteet ja ilmiöt opetuksessa	5	K	pakollinen	0-5
	MFK-K204 Tutkimuksellinen kemian opetus	5	K	pakollinen	0-5
	MFK-K205 Kestävä kemia	5	K	pakollinen	0-5
	MFK-K206 Kemia tieteenä	5	K	pakollinen	0-5
	MFK-301 Matemaattisen ja luon- nontieteellisen tiedon luonne	5	M	valinnainen	0-5

	MFK-K301 Tutkiva ja eheyttävä kemian opetus	5	M	vaihtoehtoinen	0-5
	MFK-K302 Kemian mallintaminen ja visualisointi	5	M	pakollinen	0-5
	MFK-K303 Kestävä kehitys opetuksessa	5	M	pakollinen	0-5
	MFK-K304 Eriyttäminen kemian opetuksessa	5	M	vaihtoehtoinen	0-5
Itä-Suomen yliopisto [165]	3410210 Kokeellinen koulukemia	3	K	pakollinen	HYV-HYL
	3410224 Kemian historia ja Suomen kemianteollisuus	5	K	pakollinen	HYV-HYL
	3410225 Kemian opetuksen tietotekniikka	3	K	pakollinen	HYV-HYL
	3410320 Kemian tutkimusmenetelmiä opettajille	4	M	valittava toinen	0-5
	3317474 Ilmiölähtöisyys luonnontieteiden ja matematiikan aineenopettajakoulutuksessa	5	M	valittava toinen	0-5
	3410368 Kemian Luma-toiminta	3	M	valinnainen	HYV-HYL
Jyväskylän yliopisto [163]	KEMA245 Johdatus kemian opetukseen	3	K	pakollinen	0-5
	KEMS701 Kokeellinen kemia koulussa	5	M	pakollinen	0-5
	KEMS702 Kemian opetuksen käsitteet ja ilmiöt	5	M	pakollinen	0-5
	KEMS703 Kemian opettajan seminaari	2	M	pakollinen	HYV-HYL
	KEMS704 Laboratoriotyöt kemian opetuksessa	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS705 Mikrokemian työt kemian opetuksessa	5	M	valinnainen	0-5

	KEMS707 International Course of Chemistry Teacher Educa- tion	2	M	valinnainen*	0-5
	KEMS709 Kemian mallit ja visuali- sointi	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS710 Kokeellisen kemian kent- täkurssi	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS713 Oppilasvierailun suunnit- telu ja toteutus	1	M	valinnainen	0-5
	KEMS714 Kemian opettajakoulu- tuksen kansainvälinen kurssi, osa 2	3	M	valinnainen*	0-5
	KEMS715 Kemian opettaminen	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS716 Kokeellinen keittiökemia	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS717 Tutkimuksellinen kemian oppiminen ja opetus	5	M	valinnainen	0-5
	KEMS7180 Opetuksen tutkimusmen- netelmät	2	M	pakollinen	HYV-HYL
	KEMS902 Työharjoittelu	1-10	M	valinnainen	HYV-HYL
Oulun yliopisto [164]	780396A Fysiikan ja kemian de- monstraatiot	2	K	pakollinen**	HYV-HYL
	780397A Kemiaa aineenopettajille	5	K	valinnainen	HYV-HYL
	780683S Aineenopettajan suun- tautumisvaihtoehdon loppu- kuulustelu	7	M	pakollinen	0-5
	**Suoritetaan pedagogisten opintojen yhteydessä.				
Turun yliopisto [166]	KEMI6202 Tutkimuksellinen kemian opetus	5	K	valinnainen	0-5
	KEMI6132 Työharjoittelu	2-6	K	valinnainen	HYV-HYL
	KEMI6204 LuK-harjoitustyö/kemian opettaja	4	K	pakollinen	HYV-HYL
	KEMI6207 Kemia, opetus ja tutki- mus	5	M	pakollinen	0-5

	KEMI6209 Kemian opetuksen ja op- pimisen tutkimusprojekti	5	M	pakollinen	HYV-HYL
--	---	---	---	------------	---------

LIITE B: KEMIAN OPETTAJA-ALUMNEILLE SÄHKÖPOSTILLA LÄHETETTY HAASTATTELU

Nimi (vastaukset ovat tutkimuksessa anonyymejä):

Valmistumisvuosi:

Opetettavat aineet (alleviivaa pääaineesi):

Opetuskokemus pääaineessa/pitkässä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

lukiossa: yläkoulussa: muualla: Jos vastasit kohtaan muualla, niin missä?:

Opetuskokemus sivuaineessa/lyhyessä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

aine:

lukiossa: yläkoulussa: muualla: Jos vastasit kohtaan muualla, niin missä?:

aine:

Opetuskokemus sivuaineessa/lyhyessä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

lukiossa: yläkoulussa: muualla: Jos vastasit kohtaan muualla, niin missä?:

1. Mikä kemian aineenopettajaopinnoissasi on tukenut parhaiten kemian opettajuuttasi?
2. Tukeeko diplomi-insinöörin tutkinto kemian opettajana työskentelyä? Millä tavoin/millä tavoin ei?
3. Mitä teemoja/aiheita olisit toivonut, että kemian aineenopettajaopinnoissasi olisi käsitelty opettajuutesi tukemiseksi opettajakokemuksesi perusteella?
4. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat haasteet kemian opettajuudessa tällä hetkellä Suomessa?
5. Mitä opetusvälineitä/-työkaluja toivoisit, että kemian aineenopettajaopiskelijat opettelisivat käyttämään opinnoissaan?
6. Miten näitä teemoja/aiheita/välineitä pitäisi mielestäsi yliopistossa käsitellä, jotta ne parhaiten tukisivat kemian opettajuutta?

Muita toiveita/vapaa sana/kysymyksiä tutkijalle:

LIITE C: AINEENOPETTAJA-ALUMNIEN (A1-A9) ANTAMAT HAASTATTELUVASTAUKSET

Valmistumisvuosi:

A1: 2009

A2: 2017

A3: 2016

A4: 2010

A5: 2016

A6: 2005 (DI) 2011 (Tekniikan tohtori)

A7: 2013

A8: 2012

A9: 2018

Opetettavat aineet (alleiviivaa pääaineesi):

A1: Matematiikka, fysiikka, kemia, tietotekniikka, (musiikki)

A2: Matematiikka, kemia, fysiikka

A3: Matematiikka, kemia ja fysiikka

A4: Kemia, fysiikka ja matematiikka

A5: Fysiikka, kemia ja matematiikka

A6: Kemia, fysiikka ja matematiikka

A7: Kemia, fysiikka (täydennetty toiseksi pääaineeksi kesällä 2015), matematiikka

A8: Matematiikka, fysiikka ja kemia

A9: Kemia, matematiikka ja fysiikka

Opetuskokemus pääaineessa/pitkässä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

lukiossa: yläkoulussa: muualla: Jos vastasit kohtaan muualla, niin missä?:

A1: lukiossa 2,5v: matematiikka, kemia, fysiikka, yläaste/yhtenäiskoulussa 8v: matematiikka, fysiikka, kemia, tietotekniikka, musiikki

A2: *yläkoulussa:* 1,5 vuotta

A3: *yläkoulussa:* 2,5 v (2 täyttä lukuvuotta ja tämä syksy)

A4: *lukiossa:* 6 v, *yläkoulussa:* 2 v

A5: *lukiossa: 1 v, yläkoulussa: 2,5 v, muualla: 3 v* TTY:llä assarina

A6: *lukiossa: 9 v, yläkoulussa: 6 v, muualla: 3 v* Ohjasin Orgaanisen kemian töitä ja pidin harjoituksia TTY:llä 2005-2009 jatko-opiskelijana ollessani. Norssilla ollessani olen pitänyt me-tutkijat valinnaisainekursseja alakoulun 4-luokkalaisille.

A7: *lukiossa: 3 v* (kemia)

A8: *lukiossa: n.6 kk, yläkoulussa: n. 6 kk, muualla: 2 v*, ammattiopisto Tredu, yksityisopetus Tutorhouse oy

A9: *lukiossa: 1 v, yläkoulussa: 1,5 v*

Opetuskokemus sivuaineessa/lyhyessä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

A1: ks yllä.

A2: *aine: fysiikka, yläkoulussa: 1 vuosi*

A3: *aine: fysiikka, yläkoulussa: 2,5 v* (2 täyttä lukuvuotta ja tämä syksy)

A4: *aine: matematiikka, lukiossa: 6 v, yläkoulussa: 2 v*

A5: *aine: matematiikka, lukiossa: 1 v, yläkoulussa: 2,5 v*

A6: *aine: matematiikka, lukiossa: 3 v, yläkoulussa: 6 v*

A7: *aine: matematiikka, lukiossa: 1 v*

A8: *aine: fysiikka, lukiossa: n.1 v, yläkoulussa: n.1 v, muualla: n.1 v*, ammattiopisto Tredu

A9: *aine: matematiikka, lukiossa: 1 v, yläkoulussa: 1,5 v, muualla: 2 kk*, Varalan urheiluopistossa

Opetuskokemus sivuaineessa/lyhyessä opetettavassa aineessa vuosina tai kuukausina (merkitse v tai kk):

lukiossa: yläkoulussa: muualla: Jos vastasit kohtaan muualla, niin missä?:

A1: ??

A2: *aine: kemia, yläkoulussa: 1 vuosi*

A3: *aine: kemia, yläkoulussa: 2,5 v* (2 täyttä lukuvuotta ja tämä syksy)

A4: *aine: fysiikka, lukiossa: 1, yläkoulussa: 2*

A5: *aine: kemia, yläkoulussa: 2,5 v*

A6: *aine: fysiikka, lukiossa: 3, yläkoulussa: 6*

A7: *aine: fysiikka, ei kokemusta*

A8: *aine: kemia, yläkoulussa: n. 4 kk, muualla: n. 6kk* ammattiopisto Tredu

A9: *aine: fysiikka, lukiossa: 1 v, yläkoulussa: 1,5 v*

Kysymykset:

1. Mikä kemian aineenopettajaopinnoissasi on tukenut parhaiten kemian opettajuuttasi?

A1: Yläkoulun kemia (miksei lukionkin) on tosi perusjuttuja, ehkä eniten hyötyä on ollut käytännön labrakursseista. Peruskemia tietenkin pitää olla kunnossa, ja yleisellä tasolla opettajalla tulee olla näkemys hieman pidemmälle kuin ainoastaan opetettavalle asialle.

A2: Laajan kemian kurssit ja laboratorioskurssit sekä pedagogiset opinnot.

A3: Parhaita olivat opetusharjoittelu ja labrakurssit. En ole opiskellut lukiossa kemiaa, mutta uskon myös lukiokurssien tukevan peruskoulun kemian opetusta hyvin. Luentokurssien suoraa linkkiä peruskouluun on vaikea nähdä. Aika harvoin ilmiöitä tarvitsee perustella peruskoululaiselle kovin syvällisesti, heidän ajattelunsa, kun kulkee vielä hyvin konkreettisia polkuja. Tietty on kiva tietää asioista vähän enemmän kuin opettaa. Itselle aika monet luentokurssit olivat tosi vaikeita ja niiden opit unohtuneet suurelta osin. Jos jotain asioita tarvitsee tarkistaa, yleensä google on paras apu. Ikinä en ole palannut yliopiston muistiinpanoihin.

A4: Kokeellisista kursseista on ollut hyötyä, esim. kromatografisten menetelmien käytöstä työkurseilla ja polymeerikemian työkurseista. Näiden kurssien materiaaleja ja tuotoksia olen näyttänyt opiskelijoille.

A5: TTY:n labrakurssit ovat tukeneet parhaiten, sillä niillä iskostuivat kaikki turvalliset työskentelytavat kunnolla päähän. Labrakursseilla myös tuli harvinaisen selväksi hyvän työohjeen merkitys opiskelijalle. Yläkoulualisille pitää olla vielä selkeämmät ja yksinkertaisemmat ohjeet kuin yliopistossa opiskeleville.

A6: Ei varsinaisesti osa aineenopettajaopintojani, mutta selkeästi parhaiten on tukenut jatkoopintojen aikainen orgaanisen kemian II töiden ohjaaminen. DI-tutkinnon monialaisuus, kuten teknillisen mekaniikan tai koneenpiirustuksen kurssit, ovat antaneet hyviä näkökulmia opettamiseen. Oman alan kesätyöt eli DI tutkintoon kuulunut harjoittelu.

A7: Opetan kemiaa pääasiassa kansainvälisellä IB-linjalla, jossa lukion aikana suoritetaan 60 tuntia kokeellisuutta, joten kemian työkurssit ovat tukeneet opettajuuttani parhaiten. Lisäksi luonnollisesti pedagogisissa opinnoissa suoritettu opetusharjoittelu on tukenut opettajuuttani parhaiten. Laajat kemian teoriaopinnot ovat kemian opettajalle oivallinen pohja. Myös toinen pääaineeni fysiikka tukee kemiaa hyvin.

A8: kemian työkurssit, työtapojen opiskelu

A9: Aineenopettajaopinnoissa parhaiten opettajuutta tuki se, että pääsi tutustumaan koulun ja opettajan arkeen, näkemään mitä välineitä ja kemikaaleja hyvin varustellussa koulussa on käytössä ja vaihtamaan ideoita demoista/oppilastöistä muiden opiskelijoiden kanssa. Ylivoimaisesti tärkeimpänä asiana pidän kuitenkin aineopinnoissa hankittua kemian osaamista, joka konkretisoituu opetustilanteessa hyvänä aineenhallintana.

2. Tukeeko diplomi-insinöörin tutkinto kemian opettajana työskentelyä? Millä tavoin/millä tavoin ei?

A1: Opetettavan aineen osalta ihan hyvin. Opettajan kokonaistyö huomioon ottaen aika huonosti. Suomalainen koulu perustuu oppiaineisiin. Erityisesti aineenopettajat putoavat loukuun, jossa he opiskelevat lähes naurettavan määrän opetettavaa ainetta, mutta eivät opiskele opettajalle elintärkeitä taitoja, esimerkiksi erityispedagogiikkaa tai ryhmänhallintaa. Vielä tarkempi esimerkki: itse olisin hyötynyt edes jostain ajatuksista, miten kohdata vammaisen lapsen huoltajat, joilla tiedetään olevan aggressiivinen luonne. Integroinnin ja inklusion myötä jokainen aineenopettaja on nykyään (vähintään osa-aikainen) erityisopettaja, välillä tuntuu, että myös sosiaalityöntekijä.

A2: DI-kurssit antoivat hyvän kuvan, mitä kemian opinnoilla voi oikeassa elämässä tehdä, joten sitä tietoa voi oppilaille jakaa.

A3: Pidän ajatuksesta, että olen DI ja sitä kautta opiskellut hieman erilaisen polun kuin yliopiston puolelta valmistunut opettaja. En kuitenkaan näe, että tutkintojemme erot olisivat kovin merkittäviä käytännön työn kannalta. Ehkä yliopiston puolelta valmistuneen opiskeluun on sisältynyt enemmän didaktisia opintoja, jotka tukisivat kemian opetusta työssä. Labrakurssien työskentelytaidoista on hyötyä koulussa varaston hoidossa ja yleisessä kemikaalien käsittelyssä.

A4: Diplomi-insinöörin opinnot tukevat yleisellä tasolla taitoja, joita opettajantyössä tarvitaan. Loogisesta ajattelukyvyistä on hyötyä aikataulujen suunnittelussa ja opetuksen organisoinnissa. Tietoteknisiä taitoja tarvitaan nykyisin paljon ja diplomi-insinööreillä on tietynlaista rohkeutta näiden käyttöön ja esim. ohjelmoinnin perusteista on ollut hyötyä. Opetan myös tietotekniikkaa, vaikka minulla ei ole siihen pätevyyttä. En usko maisterintutkinnon tukevan sen enempää opettajantyötä kuin diplomi-insinöörinkään.

A5: Tukee! DI-opintojen myötä sai hyvän kuvan ma-fy-ke-aineiden käytännön töistä erityisesti tekniikan alalla. Toisaalta samalla tavalla voi olla tavallisen yliopiston puoleltakin valmistuneilla. Erityisesti diplomityön tekeminen avasi tekniikan alan työskentelyn arkea.

A6: Monialainen tutkinto, jonka suorittuaan on verkostoitunut oman alan työelämään. Etenkin lukio-opettajalle nykyään erittäin positiivinen asia. Yliopistossa perinteisesti opiskellaan yhtä ainetta todella paljon. Kemian opettajat ovat lukeneet yhtä kemian alaa (esim. orgaaninen kemia) pitkälle. Mutta muut kemian suuntaukset jäävät vajaaksi. DI-tutkintoon kuuluu orgaanisen kemian, fysikaalisen kemian ja analyyttisen kemian kurseja. DI tutkinto ylipäätään on oppimaan oppimisen tutkinto enemmän kuin perinteinen maisterin tutkinto. Eli opitaan selvittämään asioita ja etsimään sekä soveltamaan tietoa. Tästä on opettajan helppoa jatkaa omaa uraansa.

A7: Mielestäni tukee. Diplomi-insinööritutkinto antaa kemian opettajuuteen käytännöllisen lähestymiskulman ja opiskelijoita on helppo motivoida kemian opiskeluun, kun itsellä on tietoa kemian käytännön sovelluskohteista esim. teollisuudessa todennäköisesti enemmän kuin kemian maisterilla. Diplomi-insinööritutkinnossa kemiaa sovelletaan käytäntöön ja esimerkiksi kurssit liittyen erilaisiin analyysimenetelmiin (NMR, IR yms) ovat hyvä tuki lukion uuden opetussuunnitelman myötä.

A8: Kyllä. Opinnoissa on tottunut pärjäämään erilaisten ohjelmistojen kanssa, mitä nyt peruskoulussa ja erityisesti lukiossa on alettu vaatia. Tiedonhaun osaaminen on etu.

A9: Ehdottomasti tukee, erityisesti tarjoamalla opintojen aikana mahdollisuuden tutustua työkokemuksen merkeissä teollisuuden ja työelämän tarpeisiin. Lisäksi teekkarikulttuuriin olennaisesti kuuluva verkostoituminen on auttanut järjestämään oppilaille yritysvierailuja/-vierailijoita ja myös mahdollistanut sen, että pystyn sisällyttämään uusimpia alan teknologisia/kokeellisia läpimurtoja opetukseen, koska voin vaivattomasti kysyä kuulumisia teollisuudessa/tutkimuksessa työskenteleviltä ammattilaisilta.

Olen saanut kaikki sijaisuuteni muodollisesti epäpätevänä opettajana, mutta jokaisella kerralla valintaperusteena on ollut vahva työelämäperustainen osaaminen, jonka olen voinut osoittaa (ja jota minulla ei olisi ilman DI-puolen opintoja ja alan kesätöitä).

3. Mitä teemoja/aiheita olisit toivonut, että kemian aineenopettajaopinnoissasi olisi käsitelty opettajuutesi tukemiseksi opettajakokemuksesi perusteella?

A1: Ks. Yllä.

A2: Enemmän käytännön opetukseen liittyvää esim. kemian työkurssi, jossa tehdään yläkoulun tai lukion kemian töitä ja käydään niitä läpi opettajan näkökulmasta olisi ollut antoisa kurssi.

A3: Didaktisen kemian työt olisi huippu kurssi. Nyt kaikki demot ja kokeelliset työt pitää etsiä ja miettiä itse. Näyttäviä ja hyviä töitä pitää metsästä monista eri lähteistä ja siihen menee paljon aikaa ja energiaa. Työtä tuntuu muutenkin olevan tosi paljon. Lisäksi opetussuunnitelmaan perehtyminen olisi ollut hyödyllistä. Yhdessä ops sisältöjen pohtimisesta olisi huimasti apua. Nyt sitä pähkii yksin, että millä tasolla mikäkin asia olisi syytä käsitellä. Toki kirjan tekijän näkökulmia voi käyttää hyväksi, mutta ei sekään kaikkea kerro. Lisäksi ainakin minulle ops-teksti on vaikea selkoista ja koko ops:n rakenne on hankala. Opintoihin olisin kaivannut myös pohdintaa siitä, mikä on kemian kannalta tärkeää peruskoulussa/lukiossa ja mikä ei.

A4: Opinnoissa olisi ollut hyvä käsitellä niitä yksinkertaisia asioita, mitä yläkoulussa ja lukiossa opetetaan, ei vain korkeampaa kemiaa. Sekä tuoda esille perusteluja, logiikkaa näiden asioiden takana, mitä opettamalla oppilaat saadaan todellakin ymmärtämään kemiaa, ei vain ulkoapiskelemaan. On hassua opettaa asioita, joita ei itsekään ole opiskellut kuin yläkoulussa tai lukiossa, noin karkeasti sanottuna. Opettajan työhön olisi ollut hyvä saada myös opetusta. Kurinpito, ryhmän/luokan ohjaus, erilaisten oppimisvaikeuksien ja mielenterveysongelmien kohtaaminen on haastavaa.

A5: Olisi saanut olla jokin sellainen työkurssi, jossa käydään läpi tavallisimpia oppilastöitä eri luokka-asteilla. Näissä töissä painotettaisiin erilaisten oppijoiden erilaisia haasteita ja tarpeita. Norssilla opetusharjoittelussa tällainen osio taisi olla, mutta tein vastaavan silloin fysiikassa ja kemian osuus esiteltiin meille noin vartissa. Lisäksi pitäisi harjoitella työohjeiden tekemistä esimerkiksi niin, että opiskelijat tekisivät yksin tai pareittain työohjeen johonkin heille annettuun yläkouluun tai lukioon soveltuvaan kemian tutkimusongelmaan, lopuksi tätä työohjetta ja sitä tukevaa sanallista ohjeistusta testattaisiin koko kurssiryhmällä opetuslabrassa. Työohjeesta ja sen käytännön vetämisestä saisi sitten vertaispalautetta muilta opiskelijoilta. Lisäksi tällaisesta kurssiosioista jäisi jokaiselle opiskelijalle valmis materiaalipankki työohjeita.

A6: Kemian kurseista puuttuivat ns. välimuotokurssit. Peruskurssit ovat kohtalaisen helppoja ja syventävät kurssit menevät todella syvällisiksi. Kemian historia kurssi -osittain labrakurssina olisi käytännöllinen opettajaksi suuntautuville. Tutustuttaisiin yläkoulu/lukiotason perustoihin kemian historian kautta.

A7: Olisin toivonut, että Myös TTY:llä olisi opetettu opettamista, eikä pelkästään kemiaa aineena. Vanhemmat opiskelijat olisivat voineet esimerkiksi tehdä nuorempien vuosikurssien luennoilla demoja tai ohjata kokeellisissa töissä. Suullisia esityksiä olisi myös voinut sisältyä opintoihin enemmän, vaikka niitä kemian syventävillä kursseilla jonkin verran olikin. Ainakin minun opiskeluaikanani asenne TTY:llä tuntui kuitenkin olevan, että riittää, kun opetetaan pelkkää kemiaa. Opettajaopiskelijaa tukisi kuitenkin paljon se, että käytännössä opetettaisiin myös kemian opettamista.

A8: Käytännön luokkatyöskentely ja erityisesti oppilastöiden ohjaaminen ja suunnittelu. Työrauhan ylläpito ja työturvallisuus tulivat vastaan tärkeimpinä asioina vasta käytännössä.

A9: Olisin toivonut suurempaa pedagogista painotusta siihen, miten opettajana liikutaan sujuvasti kemian eri tasojen välillä ja miten jokin ilmiö esitetään oppilaille ymmärrettävästi kaikilla tasoilla. Vasta opetuskokemusten myötä olen oppinut kiinnittämään huomiota mikro-, makro- ja symbolisen tason yhteensitomiseen, enkä muista tästä olleen puhetta aineenopettajakoulutuksessa. Oppilaiden ymmärryksen kannalta näiden yhteenliittämällä on kuitenkin hyvin suuri merkitys.

4. Mitkä ovat mielestäsi suurimmat haasteet kemian opettajuudessa tällä hetkellä Suomessa?

A1: Haasteet ovat samat kuin koululla ylipäätään. Resursseja on leikattu jostain, missä ei ole mitään leikattavaa. Oppilaat eivät saa tarvitsemaansa tukea riittävästi/riittävän ajoissa. Työtä ohjaa opetussuunnitelma, jota ei tunnu ymmärtävän oikein kukaan. Vielä kasvava eriarvoistuminen näkyy myös luokkatyöskentelyssä.

A2: Lukiossa asiasisällön hallinta ja sekä lukiossa että yläkoulussa kemian opiskeluun innostaminen. Myös erilaiset opetusideat tai -vinkit asioiden käsittelemiseen olisi hyvä käydä läpi.

A3: Oppilasaineksi on laaja ja osaamisen taso vaihtelee hirvittävästi kuten myös motivaatio koulunkäyntiin. Kemian opetuksen pitäisi tarjota jokaiselle jotakin, mutta välillä tuntuu, ettei saa annettua kenellekään mitään. Labratilat rajoittavat töiden tekoa, liian pieni luokkatila on turvallisuusriski. Mielestäni tästä pitäisi olla määräys sekä ryhmäkoosta että tilan tarpeesta. Miten muuten voidaan opetuksessa toteuttaa opetussuunnitelman kokeellisuutta? Opettajan vastuu työturvallisuudesta on tosi suuri. Töitä olisi kiva tehdä paljon ja paneutua kokeellisuuteen ja ilmiöihin, mutta tuntuu, että käsiteltäviä asioita on ihan tosi paljon, joten on pakko välillä vain kahlata eteenpäin ja siihen sopii "luennointi"/muu opettajajohtoinen opetus hyvin.

A4: Sähköistyminen etenee nopeasti, toki kemiassa se tarkoittaa vain muutamien uusien ohjelmien opettelua lukiossa. Opiskelijoiden yleisen osaamistason laskeminen, kemia on kuitenkin haastava aine.

A5: Eritasoisten oppilaiden integrointi samaan luokkaan on ongelma, kun pitäisi pystyä tarjoamaan kaikille sopivaa kokeellista työtä. Käytöshäiriöiset sekoittavat pakkaa estäen vaarallisempien ja pitkien töiden tekemisen, mikä on epäreilua kyvykkäiden oppilaiden näkökulmasta. Pitäisi siis olla erikseen tasoryhmät kokeellisia töitä varten.

A6: Ekologisuus osana opetusta ja kestävä kehityksen integroiminen opetukseen. Oppilaiden innostuksen ylläpitäminen 8-luokan kemiassa. 7-luokalla tehdään paljon töitä ja harjoitellaan

labrakäyttäytymistä. Varsinainen kemian opiskelu alkaa 8-luokalla ja monelta katoaa motivaatio. Lukio-opetuksessa tietokoneella tehtävät ylioppilaskokeet ovat tällä hetkellä opetuksen keskiössä.

A7: Kemian opettajuuden haasteet liittyvät mielestäni ennen kaikkea siihen, että opiskelijat kokevat kemian vaikeaksi ja käytännön elämästä irtonaiseksi. Tätä ei ollenkaan auta hallituksen rakenne kokeilu, jossa kaikkien reaaliaineiden pakollisia kursseja ei lukiossa tarvitse opiskella. Siinä valitsematta usein jäävät vaikeaksi koetut luonnontieteet.

Myös lukion ryhmäkoot (36 opiskelijaa peruskurssilla) koen erittäin haastavaksi. Suurien ryhmien kanssa kokeellisten töiden teettäminen on haasteellista ja työt pitää usein valita siten, että ne ovat mahdollisimman riskittömiä. Kaikkia opiskelijoita kun on mahdotonta ehtiä koko ajan valvomaan. Tästä kärsivät tietysti ensi sijaisesti opiskelijat, sillä he pitävät kokeellisista töistä ja työt ovat myös omasta mielestäni mielekkäin tapa lähestyä kemiallisia ilmiöitä. Niillä ja tietysti demoilla saa opetuksen helpommin sidottua käytäntöön ja ne motivoivat opiskelijoita.

Haasteita aiheuttavat myös täyteen asiaa ahdetut lukiokurssit, etenkin nykyisen opetussuunnitelman kurssi 2. Kurseilla on usein asiaa opetussuunnitelmassa niin paljon, ettei vaikeillekaan asioille voi uhrata yhtä oppituntia enempää tai jotain jää opettamatta. Jos asian taas jättää itseopiskeluksi, opiskelijat kuvittelevat, ettei se ole tärkeä ja eivät opiskele sitä yo-kirjoituksiin. Siksi olen kokenut paremmaksi juosta kaikki aiheet läpi edes nopeasti, jos ei aika muuten riitä. Opetussuunnitelmasta pitäisi mielestä rohkeasti karsia aiheita silloin, kun uusia aiheita lisätään, koska käytettävissä olevien oppituntien määrä kurssilla ei lisääny.

A8: Lukiossa sähköistyminen, joka uuvuttaa oppilaita ja saa heidät välttelemään myös kemiaa (oma mielipiteeni perustuen keskusteluun oppilaiden kanssa). Opettajien tarve täydennyskoulutukseen samasta syystä. Peruskoulussa jättiryhmät ja työrauha.

A9: Yhtenä suurena haasteena kaikessa opetuksessa on sähköisten apuvälineiden käytön lisääntyminen ja opettajien vähäisestä täydennyskoulutuksesta aiheutuva eriarvoisuus oppilaiden kesken (osa opettajista osaa hyödyntää erilaisia laitteita ja ohjelmistoja opetuksessa hyvin, mutta monia näiden käyttö ei myöskään kiinnosta tai heillä ei ole tietotaitoa niiden käyttöön, eikä täydennyskoulutusta järjestetä tai sinne ei pääse).

Toisena ongelmana koen sen, että opettajakunta on voimakkaasti polarisoitunutta "kasvattajiin" ja "opettajiin", varsinkin näkemissäni yläkouluissa. Ensin mainitulle ryhmälle kasvatukselliset tavoitteet ovat opettajuuden ytimessä ja jälkimmäiselle ryhmälle puolestaan oman opetetavan aineen tietotaidon siirtäminen oppilaisiin. Suurin osa opettajista toki on jossakin ääripäiden välillä, mutta useissa kouluissa eri tavoin suuntautuneiden opettajien yhteiselo on hyvin vaikeaa. Lukioiden puolella en ole vastaavaan näkemyseroon opettajahuoneessa törmännyt.

5. Mitä opetusvälineitä/-työkaluja toivoisit, että kemian aineenopettajaopiskelijat oppittelisivat käyttämään opinnoissaan?

A1: Tietotekniikan hyvä peruskäyttö. Tää kysymys ei oo mielestäni kaikkein oleellisin, työvälineet (ellei nyt lasketa labratyövälineitä) tulee väkisin muuttumaan tulevien vuosien aikana. Asenne muutosta (erityisesti TVT-välineitä) kohtaan tulee olla hyväksyvä.

A2: Laboratoriovälineet ja TVT-ohjelmat tulivat opinnoissani hyvin esille.

A3: Lukion yo-kokeissa tarvittaviin ohjelmistoihin tutustumisesta olisi varmasti hyötyä. Koulujen labravälineet ovat tosi basic-kamaa, joten mitään erikoisuuksia ei tarvi osata käyttää. Enemmän voisi harjoitella, miten demojen tekeminen olisi pedagogisesti järkevää ja kannattavaa sekä millaisia työturvallisuusriskejä on syytä huomioida.

A4: Ylioppilaskokeissa käytettäviä ohjelmistoja.

A5: Tavallisimmat labravälineet, joita käytetään jo labrakursseilla yliopistossa, riittävät. Yliopistotason labravälineiden lisäksi pitäisi tehdä lisää hyvin yksinkertaisia yläkouluun ja lukioon soveltuvia töitä niillä välineillä, joita kouluissa todennäköisesti käytetään.

A6: Labratöitä voitaisiin videokuvata. Osa työselostuksista voitaisiin korvata itse tehdyillä opetusvideoilla.

A7: Kemian opettajaopiskelijoiden olisi tällä hetkellä hyödyllistä opetella käyttämään ainakin Marvin sketch -molekyylimallinnusohjelmaa ja abittikoeympäristöä, sillä niitä käytetään yo-kirjoituksissa ja lukio-opetuksessa. Opettaminen olisi helpompaa, jos nämä järjestelmät olisivat entuudestaan tuttuja.

Olisi erittäin tärkeää, että jokainen kemian opettajaopiskelija saisi koulutuksen kemian varaston hoitoon!

Olisi mielestäni myös erittäin hyödyllistä, jos jokaisella opettajaopiskelijalla olisi valmistuessaan ”taskussaan” edes jonkinlainen kokoelma kemian demoja tai töitä ja hieman kokemusta niiden tekemisestä/teettämisestä.

A8: Perus luokista löytyvien tarvikkeiden pohjalta turvallisten ja havainnollisten oppilastöiden suunnittelua. Selkeän ja ymmärrettävän ohjeidenannon opettelua, koska luokissa on monen kielisiä ja oppimisvaikeuksia.

A9: Ensin peruskoulussa ja sen jälkeen lukiossa työskennellessä on oppinut arvostamaan erilaisia (mallinnus tai animaatio-) ohjelmistoja, joita voisi käyttää opetuksen tukena. Näistä olisi hyvä koota edes jonkinlainen lista aineenopettajaopiskelijoille, vaikka itsenäisesti tutustuttavaksi, ettei jokaisen tarvitse etsiä niitä erikseen.

6. Miten näitä teemoja/aiheita/välineitä pitäisi mielestäsi yliopistossa käsitellä, jotta ne parhaiten tukisivat kemian opettajuutta?

A1: Jotenkin näkisin, että opettajiksi opiskelevien olisi jo heti ensimmäisinä opiskeluvuosina hyvä olla toinen jalka kenttätyössä, esimerkiksi yksi työviikko kaikilla asteilla. Näin opettajan työstä tulisi realistisempi kuva jo ennen pedagogisia opintoja. Kemian aineopinnoissa huomaisin mieltäväni, pitäisikö teollisuuteen suuntaavilla ja opettajaksi suuntaavilla olla samat kurssit. Kyllä aineenopettajan opintoihin tulisi enemmän liittää elementtejä aiheen opettamisesta, vinkeistä, hyvistä toimintatavoista jne. (en tiedä, millainen valmius yliopisto-opettajilla on tähän – sekin pitää uskaltaa sanoa ääneen) Ja aivan erityisesti tuo erityispedagogiikka tulee liittää opeopintoihin, niin tärkeää se on.

A2: Aineenopettajaksi opiskeleville voisi olla yksi kurssi, jossa käsiteltäisiin kemian opettamista ja kemian töitä kouluissa. Kurssi voisi olla samankaltainen kuin Didaktisen fysiikan työt -kurssi.

A3: Opetusharjoittelu oli parasta. Sitä voisi olla tuplamäärä opinnoissa. Kemian töiden harjoittelusta olisi hyötyä. Monesti palaan töitä suunnitellessa omaan yläasteaikaan ja mietin, mitä silloin tehtiin. Muistikuvat on kuitenkin aika hatarat. Yliopiston labrakurssien hartseista ja NMR-mittauksista ei juuri peruskoulussa kostu. Ihan perusperustöitä voisi tehdä yliopistossakin ja miettiä niiden didaktista antia. Lisäksi oppikirjavertailut olisivat mielenkiintoisia.

A4: Näitä sähköisiä ohjelmistoja voisi käyttää osana ihan normaaleja kemiankurseja, jotta opettajaksi opiskelevat tottuisivat niiden käyttöön. TTY voisi tarjota oman kurssin, missä käsiteltäisiin yläkoulun ja lukion kemiankurssien sisältöjä ja käytäisiin läpi, miten näitä asioita kannattaisi opettaa. Kasvattaa ymmärrystä näiden asioiden takana olevaan teoriaan.

A5: Labrakurssit lienevät paras keino opetella välineistöä.

A6: Muutama selvästi kemian aineenopettajille räätälöity kurssi auttaisi.

Ympäristökemian-kurssi, jolla käytäisiin läpi arkielämän kemiaa. Kumpi on ekologisempi muovi vai pahvimuki. Miksi? Miksi paperitehtaat ovat energiansuhteen omavaraisia? Kumpi on ympäristöystävällisempää polttaa muovijäte jätteenkäsittelylaitoksissa vai kierrättää muovia. Ympäristönäkökulmasta kannattaako syödä keskellä talvea kotimaisia vai espanjalaisia tomaatteja. jne... Tällainen voisi toimia myös itsenäisenä tiedon keräyskurssina ja seminaarimuotoisena. Opiskelijat eivät juuri pidä esiintymisestä, mutta opettajan täytyy uskaltaa esiintyä.

Luentomuotoisia kursseja voisi muutenkin muuttaa ryhmätyöskentelyksi/ongelman ratkaisumuotoisiksi.

Helsingin yliopistossa on kemian opettajille tarjolla mm seuraavat kurssit: Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa sekä Luonnontieteiden kerho-opetus.

Kemian erikoistyöt, kandidaatintutkinnot ja Diplomityöt selkeästi integroitava kemian opetuksen tutkimukseen opettajaksi aikoville. Tiivis yhteistyö esim. norssin kanssa. Luokissa voidaan tehdä kyselytutkimuksia, opiskelijat voivat tulla tekemään omaa tutkimustaan normaalikoululle mm. havainnoimaan oppilaita, antamaan tukiopetusta/tekemään tutkimusta. Diplomityövaiheessa tämä on "helppoa" kun ohjaavat opettajat normaalikoululla on jo tuttuja. kts. Helsingin yliopiston pro gradu-aiheet. <https://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/julkaisut/pro-gradu-tutkielmat/>

A7: Mielestäni TTY:n opettajaopintoihin voisi lisätä opettajilla suunnitellun demo/oppilastyökurssin, jossa kemian opettaja opiskelijat tekisivät toisilleen demoja ja ohjaisivat toisiaan oppilastyöissä. Kurssimateriaalista koostettaisiin lopuksi jokaisella oma "demopankki".

Opettajaopiskelijoita voisi myös hyödyntää nuorempien opiskelijoiden opetuksessa, kuten aiemmin jo mainitsin.

Kemianvaraston hoidosta pitäisi olla opintojen loppupuolella. Opintojen alun laboratorioturvallisuus ja työtavat kurssi unohtuu jo opintojen lopussa, eikä se sitä paitsi valmenna vastaamaan koulun kemikaaliturvallisuudesta. Jokainen kemianopettaja on kuitenkin siitä vastuussa ja valittavan usein vielä yksin.

Nykykoulun sähköisiä järjestelmiä voisi hyödyntää sellaisenaan myös yliopisto-opinnoissa tai sitten niitä varten voisi tehdä pienen erillisen kurssin. Sähköiset järjestelmät ovat kuitenkin koulun arkea nykyään

A8: Heikosti suomea ymmärtävien kanssa kommunikointia olisi hyvä pohtia jo ennen kuin sitä joutuu tekemään oppitunneilla. Oppimisvaikeudet olisivat tärkeä aihe käsitellä myös kemian osalta, osa oppilaista ei esimerkiksi ymmärrä kirjoitettuja ohjeita.

A9: Mahdollisimman monipuolisesti, selväsanaisesti ja suoraan. Aineenopettajakoulutuksessa usein kierrellään asian ympärillä ja puhutaan hiukan ympäröivästi, mutta uskoisin ainakin DI+aineenopettaja -tutkintoa suorittavien hyötyvän, jos myös siellä asiat sanottaisiin suoraan niin kuin käytäntö on osoittanut niiden olevan.

Muita toiveita/vapaa sana/kysymyksiä tutkijalle:

A1: Hyviä, juuri oikeita kysymyksiä.

A3: Missä tutkimukseni/DI-työsi julkaistaan, olisiko mahdollista saada linkki, kun työsi on valmis? Miten sitä on tarkoitus hyödyntää jatkossa? Intoa työntekoon!

A4: Toivottavasti myös muissa aineissa otettaisiin huomioon esim. tekniikan kehittyminen nykykoulumaailmassa. Kemia on kuitenkin tukenut eniten opettajana toimimista, fysiikan ja matikan opinnot olivat vielä korkealentoisempia. Toivottavasti näistä lyhyistä ajatuksista on jotakin hyötyä tuleville kemianopettajille! :)

A5: Toivottavasti vastauksista on tutkimukselle apua! Rauhallista joulua!

A6: TTY:n kemian kurssit ovat kovin suppeita ja pirstaleisia. Opettajankoulutusta ajatellen laajemmat kurssit ja hieman suuremmat opintopistemäärät (2-4op -> 5-7op) voisivat olla antoisempia.

A7: Myös opettajuutta ja kemian oppimista tutkivia kursseja olisi hyvä saada kemian opettajien opintoihin. Myös sitä, miten tieto rakentuu kemiassa jokaisen olisi hyvä opiskella. En tiedä kuinka paljon aihetta on tutkittu, mutta esimerkiksi Helsingin yliopistolla on tutkittu paljon fysiikan merkityksiä ja rakenteita ja ne sisältyvät opettajien opintoihin.

A8: Lukiossa oppilailta tulee paljon kommenttia tällä hetkellä että matematiikka/fysiikka/kemia ovat tavattoman raskaita aineita koska pitää sekä opetella teoria että kasa ohjelmistoja.

A9: DI+aineenopettaja yhdistelmälle vaikuttaisi olevan kysyntää myös yritysmaailman puolella, etenkin erilaisissa konsulttirooleissa. Joidenkin rekrytoijien kanssa olen asiasta keskustellutkin työnhakuprosessien yhteydessä ja he arvostavat nimenomaan DI-tutkintoon liittyvää työelämälähtöistä osaamista yhdistettynä opettajankoulutukseen. Tämä on siis tärkeä koulutushaara myös muuten kuin vain opettajaksi aikovien näkökulmasta.

LIITE E: OPINTOJAKSON MOODLE-POHJA

Kemian opettajien erikoistyö

1. Aloitus

Sisältö

- Opetussuunnitelman perusteet kemiassa asettamat vaatimukset kemian opetukselle
 - Tavoitteet, sisällöt ja arviointi
 - Aktiivinen oppiminen
- Oppilaiden ja opiskelijoiden motivointi kemian opiskeluun
 - Kemian opetuksen eriyttäminen
- Kemiallisen tiedon rakenne ja ennakkokäsitykset
 - Kemian kolmitaso
 - Oppilaiden ja opettajien erilaiset käsitykset kemiasta
- Visualisoinnin mahdollisuudet kemian opetuksessa
 - Molekyyllimallinnus ja MarvinSketch
 - Opetusvideon tekeminen
- Kokeellisen työskentelyn merkitys kemiassa
 - Tutkimuksellinen kokeellisuus
 - Kouluvierailun suunnittelu, ohjaus ja raportointi

Toteutus ja arviointi

- Opintojakso suoritetaan yksilöllisesti lukukauden aikana. Ainoana poikkeuksena on kouluvierailun suunnittelu, ohjaus ja raportointi, joka tehdään ryhmässä.
- Opintojakso toteutetaan **viiden tehtäväpaketin (1 op)** avulla, joista opiskelija voi suorittaa haluamansa opintomäärän. **Vain kokonaan suoritetuista tehtäväpaketeista voi saada opintopisteitä.** Tehtäväpakettien suoritusjärjestys on ohjeellinen, mutta **opetuslaboratoriovierailun suunnitteluun kannattaa tutustua jo hyvissä ajoin** (ks. osa 6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä).
- Opiskelija koostaa **kaikista** opintojaksolla suorittamistaan tehtävistään **oppimisportfolion**, joka palautetaan lukukauden lopulla. **Osa tehtävistä palautetaan kuitenkin myös Moodleen omina palautuspäivinä**, jotka mainitaan tehtävien palautusten kohdalla.
- Oppimisportfolio arvioidaan asteikolla **hyväksytty/hylätty**.

 **Tehtävä 1:** Tutustuminen muihin opintojakson opiskelijoihin

 **Uutiset**

2. Kemian opetus ja opetussuunnitelma (1 op)

Osaamistavoitteet: Opiskelija osaa mainita kemian opetussuunnitelman perusteiden asettamia tavoitteita, sisältöjä ja arviointiperusteita ja osaa arvioida niiden merkitystä yläkoulussa ja lukiossa. Opiskelija osaa arvioida opetussuunnitelman taustalla olevan aktiivisen oppimisen vaikutuksia kemian opettamiseen, ja osaa hyödyntää jotakin aktiivintähtäilyä kemian opetuksessa. Opiskelija osaa toteuttaa kemian opetusta tukevan opetusvideon.

 **Tehtäväpaketti 2**

 **Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet**

 **Lukion opetussuunnitelman perusteet**

 **Screencast-O-Maticin asennus ja kotisivu**

 **Active learning (by Cynthia J. Brame)**

 **Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics**

 **Tehtävä 2.2b: Opetusvideon palautus (viimeistään 10.5)**

 **Tehtävä 2.2c: Aktiivintimenetelmän palautus (viimeistään 15.5)**

Muista kommentoida **kahta** palautusta 22.5 mennessä!

Lisää tekemäsi tehtävät (2.1, 2.2 a-c) oppimisportfolioon!

3. Kemiallisen tiedon rakentuminen (1 op)

Osaamistavoitteet: Opiskelija osaa selittää kemiallisen tiedon kolme tasoa, ja tietää, miten ennakkokäsitykset muodostuvat kemiassa.

4. Motivaatio ja kemian opiskelu (1 op)

Osaamistavoitteet: Opiskelija osaa mainita kemian opiskelumotivaatioon vaikuttavia tekijöitä tutkimustiedon avulla.

5. Molekyylimallinnus kemian opetuksessa (1 op)

Osaamistavoitteet: Opiskelija tutustuu visualisointiin ja molekyylimallinnuksen mahdollisuuksiin kemian oppimisen kannalta ja osaa käyttää kemian ylioppilaskirjoituksissa käytettävää MarvinSketch -ohjelmaa. Opiskelija tietää muita ilmaisia molekyylimallinnusohjelmia ja osaa käyttää niistä ainakin yhden perustoimintoja.

 Tehtäväpaketti 5

 MarvinSketch (kotisivu ja asennus)

 Tehtävä 5.1: MarvinSketch -harjoitukset

Ilmaisia molekyylimallinnusohjelmia:

 ArgusLab

 Avogadro

 ChemSketch

 Edumol

 Jmol

 Molview

 Tehtävä 5.2: Mallinnusohjelman esittelyn palautus (viimeistään 20.5)

Muistakaa liittää tehtävien 5.1 ja 5.2 tuotokset osaksi oppimisportfoliota!

6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä (1 op)

Osaamistavoitteet: Opiskelija tietää kokeellisten töiden merkityksen oppijan ja opettajan kannalta ja erottaa tutkimuksellisen kokeellisuuden eri piirteitä. Opiskelija osaa suunnitella ja toteuttaa innostavan, turvallisen ja tutkimuksellisella otteella toteutetun tiedekasvatustapahtuman sekä reflektoida omaa opetustaan yhdessä muiden opiskelijoiden kanssa.

 Tehtäväpaketti 6

 Ryhmien muodostaminen ja vierailuryhmän valinta

Vierailevat kouluryhmät:

Tiistai 16.5. Hatanpään yläkoulu 9:00-10:30 (7 oppilasta)

Lähteitä ja esimerkkejä töiden ideointiin ja valitsemiseen:

 Kemianluokka Gadolinin materiaalipankki

 Demonstraatioita (Royal Society of Chemistry)

 Tutkimisen taitoja edistäviä töitä (Luma-keskus)

Tuntisuunnitelma ja työohjeet:

 Tuntisuunnitelmapohja

 Mallityöohje

 Tehtävät 6.1 a-b: Työohjeen ja tuntisuunnitelman palautus (viimeistään 8.5)

Työturvallisuus:

 Käyttöturvallisuustiedotteet (Sigma-Aldrich)

Itsenäisesti tutkittavaa lisämateriaalia kemikaalivaraston hoidosta:

 Kemikaalivaraston vastuuhenkilön opas (peda.net)

 Luonnontieteiden opetustilat, työturvallisuus ja välineet (Opetushallitus)

Muistakaa liittää työohje, tuntisuunnitelma ja raportti (6.1 a-c) osaksi oppimisportfoliota!

Oppimisportfolion palautus

Palautuksen ohjeet:

- Lisää portfolioon kansilehti, joka sisältää opintojakson nimen, oman nimesi ja opiskelijanumerosi, sekä lukukauden ja suoritusvuoden.
- Varmista, että kaikki osiot (poislukien Tehtävä 1), joista haluat opintopisteet ovat suoritettu kokonaisuudessaan ja tehtävät ovat oppimisportfoliossa numerorajestyksessä. Aloita jokaisen tehtäväpaketin tuotokset omalta sivultaan ja lisää aloitukseen koko osion otsikko.
- Lisää lähdeluettelo ja/tai liitteet, jos sellaisia on.
- Yhtenäistä tekstin ja otsikoiden ulkoasut (fontti, riviväli) ja palauta PDF-muodossa.
- Oppimisportfolio arvostellaan asteikolla hyväksytty/hylätty. Puutteellisesti tehtyjä tehtäviä voidaan pyytää täydentämään suorituksen saamiseksi.

 Oppimisportfolion palautus (viimeistään 30.5)

LIITE F: TEHTÄVÄPAKETTIIEN ALOITUSDOKUMENTTIEN SISÄLLÖT



2. Opetussuunnitelman perusteet kemiassa



Opetussuunnitelman perusteet


- Opetussuunnitelman perusteet on opetushallituksen laatima kansallinen velvoittava asiakirja, jonka pohjalta paikallinen opetussuunnitelma laaditaan.
- Niissä esitetään muun muassa eri oppiaineiden ja aihekokonaisuuksien tavoitteet ja keskeiset sisällöt, sekä oppilaan arvioinnin perusteet. Oppiaineiden tavoitteet ja sisällöt perustuvat opetussuunnitelman arvoperustan, oppimiskäsityksen ja toimintakulttuurin linjausten kuvauksiin.
- Tämän osion tarkoituksena on tutustua opetussuunnitelman mukaiseen oppimiskäsitykseen sekä opetuksen tavoitteisiin, sisältöihin ja arviointiin kemian osalta.
- Viimeisimmät perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (POPS) on julkaistu vuonna 2014 ja lukion opetussuunnitelman perusteet (LOPS) vuonna 2015.



Tehtävä 2.1:


Tutustu yläkoulun kemian (POPS, s.393-398), ja lukion kemian (LOPS, s.157-160) opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteisiin, sisältöihin ja arviointiperusteisiin. Kirjoita havainnoitasi kahden sivun mittainen (fontti 11, riviväli 1,5) analyysisesse, jossa vastaat muun muassa seuraaviin kysymyksiin.

1. **Kemian tavoitteet:** Mitkä tavoitteet nousevat mielestäsi eniten esiin? Mitä yhteisiä tavoitteita näet? Miten yläkoulun ja lukion tavoitteet taas eroavat? Ovatko tavoitteet mielestäsi perustelluja? Mitä mahdollisuuksia ja haasteita näet? Onko tavoitteissa jotain yllättävää? Miten tavoitteet tulevat vaikuttamaan omaan kemian opetukseesi?
2. **Kemian sisällöt:** Miten eri sisältöteemat ja -aiheet kehittyvät yläkoulusta lukioon? Miten sisällöt suhteutuvat asetettuihin tavoitteisiin? Onko sisältövaatimuksissa jotakin yllättävää tai erityistä? Ovatko sisältövaatimukset mielestäsi riittävän spesifejä yläkoulussa/lukiossa?
3. **Arviointi:** Minkälaisia ohjeita kemian osaamisen arviointiin annetaan yläkoulussa ja lukiossa? Mitä arvioinnissa painotetaan eri kouluasteilla? Miten arviointikriteerit ja -ohjeet tulevat vaikuttamaan omaan opetukseesi?

 Tampereen yliopisto
Tampere University

Opetussuunnitelman mukainen oppimiskäsitys

- "Opetussuunnitelman perusteet on laadittu perustuen oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppilas on aktiivinen toimija." – POPS 2014
- "Opetussuunnitelman perusteet pohjautuvat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta, tavoitteellisesta ja itseohjautuvasta toiminnasta." – LOPS 2015

 Tampereen yliopisto
Tampere University


Aktiivinen oppiminen

- Aktiivisella oppimisella voidaan laajasti katsottuna tarkoittaa kaikkea muuta kuin opettajan passiivista kuuntelemista. Oppiminen ymmärretään siis oppijan aktiivisena toimintana eikä passiivisena tiedon vastaanottamisena.
- Malli perustuu konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jossa oppija rakentaa uutta tietoa aikaisempien tietojensa, käsitystensä ja kokemustensa pohjalta.
- Tunnusomaista aktiiviselle oppimiselle on oppijan ennakkoiva tavoitteenasettelu, oppimisen itsesäätelyn taito, erilaisten strategioiden käyttö ja oppimisen reflektointi.

 Tampereen yliopisto
Tampere University

Esimerkkejä erilaisista välineistä oppijan aktivointiin:

- Oppilaiden/opiskelijoiden tekemät käsitekartat
- Esitelmät/ryhmätyöt
- Kokeelliset työt
- Opetusvideot
- Simulaatiot, animaatiot
- Laulut, runot ja tarinat
- Pelit ja leikit
- Tieteelliset artikkelit
- Sosiaalinen media (Instagram, Twitter ym.)
- Mainokset ja uutiset
- Vertais- ja itsearvioinnit
- Kyselyt (esim. Kahoot, PollEverywhere)
- Vierailut
- "Flippaus" eli käänteinen opetus
- Väittelyt

 Tampereen yliopisto
Tampere University

Opetusvideot

- Opetusvideo vapauttaa aikaa aktiiviseen tekemiseen kuten keskusteluihin, tutkimiseen ja kokeelliseen työskentelyyn.
- Opetuksen saavutettavuus paranee eli opetuksesta tulee ajasta ja paikasta riippumatonta ja opetus on katsottavissa useaan kertaan.
- Opetusvideon tekemisen taidosta on matemaattisten aineiden opettajalle hyötyä edelleen sähköistyvässä opetuksessa.

Opetusvideoiden erilaisia tekotapoja:

- Perinteinen videointi (esim. laitteiston toiminta)
- Videokamera + paperi + kynä (esim. tehtävien ratkaisut)
- Kuvaruudun videointi siihen soveltuvalla ohjelmalla (esim. PowerPoint-esityksen videointi ja äänitys): esim. Screen-Cast-o-Matic

Tehtävä 2.2:

- a) Miten opetussuunnitelman oppimiskäsitys aktiivisesta oppimisesta mielestäsi vaikuttaa kemian opettamiseen? Kirjoita noin sivun pituinen vastaus (fontti 12, riviväli 1,5), jossa käytät niin Moodlessa olevaa kahta artikkelia kuin myös omia kokemuksiasi oppimisesta ja opettamisesta. Voit halutessasi hyödyntää myös muita lähteitä.
- b) Valitse yksi edellisen kalvon menetelmistä, ja tee noin 10-15 minuutin pituinen opetusvideo kemian aiheesta, josta ei löydy vielä suomeksi videota. Aihe voi olla esimerkiksi jonkin laboratoriovälineen tai ohjelman toimintaperiaatteen selostaminen tai lyhyt teoriakatsaus jostakin yläkoulun tai lukion kemian aiheesta. Julkaise video haluamassasi palvelussa (esim. YouTube tai Vimeo) ja **palauta videon linkki Moodleen siellä näkyvään päivämäärään mennessä.**

Tehtävä 2.2:

- c) Valitse edellisistä kalvoista itsellesi vieraampi aktiivintä väline (jokin muu kuin opetusvideo), johon haluat tutustua. Valitse haluamasi kemian aihepiiri ja suunnittele toteutus, jossa hyödynnät valitsemaasi välinettä aiheen opetuksessa yläkoulussa tai lukiossa. Luo tiedosto(t), jossa kuvaat menetelmäsi toteutusohjeet sekä muut tarvittavat materiaalit (esim. tehtävät, kalvot ym.) muille opettajille. **Palauta toteutukseen liittyvät tiedostot Moodleen palautuspäivämäärään mennessä.** Kirjoita myös palautukseen lyhyt kuvaus tuotoksestasi, jossa selität muille kurssilaisille, miksi valitsit kyseisen menetelmän, ja mitä mahdollisuuksia ja haasteita siihen mielestäsi liittyy. **Anna myös rakentavaa palautetta vähintään kahdelle** muulle kurssilaiselle (aikaa tähän on **viikko** palautuspäivämäärän jälkeen).

5. Molekyylimallinnus kemian opetuksessa

Mallit ja visualisointi

- Kemiassa ja sen opetuksessa haasteena on usein ilmiöt, joita ei voi havaita silmin.
- Erilaisia malleja käytetään visualisoimaan kemian abstrakteja asioita aina tutkimustasoa myöten.
- Visuaaliset mallit tuovat mikroskooppisen tason oppilaan nähtäville, ja auttavat kaikkien kolmen kemiallisen tiedon tasojen hahmottamista (ks. osio 3), jolloin kemiallisen tiedon oppiminen helpottuu.

Molekyylimallinnus

- Molekyylimallinnuksella (eli laskennallisella kemialla) voidaan yhdistää kokeellinen ja teoreettinen kemia: kokeellisia ilmiöitä voidaan havainnollistaa atomi- ja molekyylitasolta lähtien.
- Molekyylimallinnusohjelmilla voidaan esimerkiksi kuvata molekyylin rakenteita ja ominaisuuksia sekä tutkia tarkasti molekyylin välisiä vuorovaikutuksia.
- Molekyylimallinnusohjelmia on useita, ja osa niistä ovat ilmaisia ja opetuskäyttöön soveltuvia (ks. seuraavat kalvot). Sähköisissä ylioppilaskirjoituksissa käytettävä molekyylimallinnusohjelma on **MarvinSketch**.

Tehtävä 5.1: MarvinSketch-harjoitukset:

- Suorita Helsingin yliopiston MOOC:issa olevat MarvinSketch-harjoitukset (linkki Moodlessa), jotka sisältävät ohjeita ja tehtäviä liittyen ohjelman käyttöön sekä molekyylimallinnukseen liittyviä artikkeleita.
- **Infografiikka-osuus on vapaaehtoinen!**
- Harjoituksissa laadittu oppimispäiväkirja on osa oppimisportfoliota. **Palauta oppimispäiväkirja kuitenkin myös arvioitavaksi MOOCiin.**

Esimerkkejä muista ilmaisista molekyylimallinnusohjelmista:



Tehtävä 5.2: Mallinnusohjelman esittely

- Valitse edellisen kalvon ohjelmista (tai halutessasi jokin muu) itseäsi kiinnostava molekyylimallinnusohjelma ja tutustu sen toimintoihin (linkkejä Moodlessa).
- Laadi **noin sivun** pituinen dokumentti (tai muu esitys/blogipostaus), jossa esittelet lyhyesti, miten käyttäisit ohjelmaa kemian opetuksessa (esim. tietyt aihealueet, kouluasteet, opettajan demo/opiskelijat mallintajana). Mitä ohjelma voi (tai ei voi) tarjota kemian opetukselle?
- Dokumentin olisi hyvä sisältää **vähintään kaksi** itse tehtyä erilaista esimerkkimallia ohjelmalla tehtävistä mallinuksista (esim. pallo-tikku-malli, elektronitheysspinta ym.).
- **Palauta dokumentti Moodleen** muiden nähtäväksi.

6. Kokeellisuus osana kemian opetusta

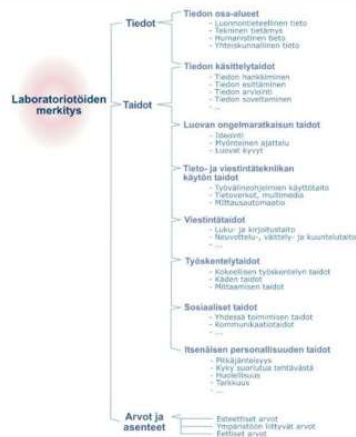
Kokeellisen työskentelyn merkitys kemiassa

- Opetuksen kokeellisuuden tavoitteena on tukea oppilasta omaksumaan niin uusia kemian sisältöjä kuin ymmärtämään kemiallisen tiedon luonnetta.
- Opettajalla on tärkeä rooli kokeellisessa työskentelyssä. Opettajan ja oppijan välisessä vuorovaikutuksessa on hyvä keskustella työn tavoitteista ja hypoteeseista, työssä esiintyvistä kemiallisista käsitteistä ja ilmiöistä sekä turvallisuudesta ja välineistä oppijan luonnontieteellisen ajattelun kehittämiseksi.
- Opettajan puheilla, teoilla ja motivaatiolla on tärkeä merkitys siihen, mitä oppilaat pitävät kokeellisessa työskentelyssä tärkeänä ja mihin he kiinnittävät huomiota.

Kemiaa opettava opettaja hoitaa usein koulun kemian varastoa (varsinkin pääaineopettajat). Moodlessa on linkit yksinkertaisiin ja jatkuvasti päivitettyihin ohjeisiin kemikaalivarastoa hoitavalle opettajalle (peda.net) sekä Opetushallituksen ohjeistuksiin, joihin kannattaa tutustua viimeistään työelämään siirtyessä!


Laboratorioiden merkitys voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen: tiedot, taidot sekä arvot ja asenteet.

Lähde:
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/index.htm>




Tutkimuksellinen kokeellisuus

- **Tutkimuksellisella kokeellisuudella** tarkoitetaan sellaista kokeellista työskentelyä, jossa oppilaat tai opiskelijat eivät keskity vain tiedon ymmärtämiseen ja toistamiseen (vrt. perinteinen kokeellisuus), vaan jossa oppilas tai opiskelija pyrkii luomaan itse hypoteeseja, testaamaan niitä ja luomaan siten uutta tietoa.
- **Tutkimisen taitojen** (kuten kysymysten asettamisen, kokeen suunnittelun ja toteuttamisen, johtopäätösten tekemisen ym.) opettelu on yksi opetussuunnitelmien perusteiden suurimmista opetustavoitteista kemiassa niin yläkoulussa kuin lukiassa. Kemiassa tehtävien kokeellisten töiden olisi siis hyvä tukea näiden taitojen opettamista niin paljon kuin mahdollista.

 Tampereen yliopisto
Tampere University


Tehtävä 6.1: Laboratoriovierailun ohjaus

- Valitkaa **3-4** hengen ryhmässä yläkoulu- tai lukioryhmä, jolle haluaisitte suunnitella kokeellisia töitä oppilaslaboratoriovierailua varten (ryhmien muodostus ja keväällä vierailavat kouluryhmät löytyvät Moodlesta). Vierailujen pituudet ovat noin 1,5 tuntia.
- Tavoitteenanne on suunnitella vierailulle **1-3** innostavaa kokeellista työtä riippuen töiden ja vierailun pituudesta. **Tarkoituksena on, että vähintään yksi töistä tehdään tutkimuksellisella otteella.** Vierailu voi halutessanne sisältää myös jonkin lyhyen demonstraation.
- Voitte käyttää mitä tahansa löytämiänne valmiita materiaaleja, kunhan muokkaatte ne tilanteeseen ja vierailijoiden kouluasteelle sopiviksi. **Muistakaa varmistaa töiden sopivuus (reagenssien ja välineiden turvallisuus ja saatavuus, tilat ym.) ennen kuin suunnittelette vierailua tästä eteenpäin!** Moodlella on myös vinkkejä hyvistä töistä.

 Tampereen yliopisto
Tampere University


Laboratoriovierailun päätavoitteet:

1. Innostavuus ja motivaation lisääminen kemian opiskeluun
2. Tutkimuksellisen kokeellisen työn suunnittelemisen ja toteuttamisen harjoittelu
3. Kemian opetuksen ja ohjaamisen harjoittelu koulun ulkopuolisessa oppimisympäristössä (tiedekasvatus)

 Tampereen yliopisto
Tampere University

6.1 a) Tuntisuunnitelma

- **Sopikaa aika, jolloin testaatte valitsemissanne töitä** oppilaslaboratoriossa ja suunnittelette alustavasti vierailun kulun, työpisteet ja niihin tarvitsemanne reagenssit ja välineet.
- Laatikaa vierailusta **tuntisuunnitelma**, jossa selostatte vierailun **tavoitteet, kulun, sisällön ja ohjauksen (tuntisuunnitelmapohja Moodlella)**. Miettikää esimerkiksi, onko tarpeen jakaa ryhmää, ja kuinka paljon työpisteitä tarvitaan per työ ja miten tulette ohjaamaan työt (kuka ohjaa ja mitä, mitä kertoa ja milloin, mitä kannattaa sisällyttää työohjeeseen ja mitä käsitellä suullisesti).

 Tampereen yliopisto
Tampere University

- Arvioikaa, kuinka kauan mihinkin osuuteen kuluu vierailussa aikaa. Vierailu kuluu yllättävän nopeasti, ja muistakaa, että **ensimmäinen 5-10 minuuttia kuluu aina laboratoriotakkien, -lasien ja hanskojen pukemiseen sekä alkuesittelyyn!**
- Kertokaa myös tuntisuunnitelmassanne, miten otatte **työturvallisuuden** vierailussa huomioon suojavarusteiden lisäksi! Tutustukaa reagenssien **käyttöturvallisuustiedotteisiin** (linkki Moodlella).

6.1 b) Työohjeet

- Laatikaa valitsemistanne töistä selkeä **työohjenippu**, joka jaetaan jokaiselle vierailijalle, ja jonka oppilaat tai opiskelijat voivat ottaa lähtiessään mukaan. **Mallityöohje** löytyy Moodlesta, mutta tehkää työohjeista parhaiten suunnitelmianne vastaavat. Työohjeen on tarkoitus selittää työn taustalla olevaa **teoriaa** lyhyesti ryhmälle sopivalla tasolla, **tukea laboratoriossa työskentelyä** sekä **sisällön kertaamista** mahdollisesti myös vierailun jälkeen.
- **Muistakaa vierailun tavoitteet tuntuunittelmaa ja työohjetta laatiessanne!** Tehkää työohjeista mahdollisimman innostavat ja motivoivat ja miettikää, miten tuotte tutkimuksellista otetta töiden toteutukseen ja miten ohje tukee ohjaustanne (rakenne, kuvat, kysymykset ym.).

Ennen vierailua

- **Palauttakaa tuntuunitelma ja työohje** hyvissä ajoin Moodleen tarkistettavaksi (kuitenkin **vähintään viikkoa ennen** vierailua), jolloin voi vielä tehdä mahdollisia muutoksia palautteen perusteella.
- **Sopikaa myös aika, jolloin valmistelite oppilaslaboratorion työpisteet** ennen vierailua (edellisenä päivänä tai hyvissä ajoin vierailupäivänä).
- **Tulostakaa ja nitokaa työohjeet** (voitte lähettää työohjeet sähköpostilla tulostettavaksi).
- **Varatkaa aikaa siivoamiseen** vierailun jälkeen!

6.1 c) Raportti vierailusta

- Kirjoittakaa vierailusta vähintään **sivu** pituinen (fontti 11, riviväli 1,5) loppuraportti, jossa reflektoitte vierailun antia (palautus Moodleen).
1. **Johdanto** (Työt ja töiden tavoitteet lyhyesti kuvattuna, oppilasryhmän koko ja kouluaste ym.)
 2. **Laboratoriovierailun toteutuminen ja havainnot** (Kuvaus vierailijoiden työskentelystä ja ohjauksestanne, Onnistuivatko työt odotetusti? Toteutuiko tavoite innostavuudesta ja motivoinnista? Oliko ohjeistus ja teoria sopivalla tasolla ryhmään nähden? Miten onnistuitte toteuttamaan tutkimuksellista kokeellisuutta? Muita huomioita vierailun kulusta?..)
 3. **Päätelmät ja ehdotukset** (Mikä siis onnistui ja mitä jäi vielä parannettavaa? Miten muuttaisitte työohjetta tai ohjaustanne vierailun perusteella? Käyttäisittekö kyseisiä töitä kouluopetuksessa ja miten? Oliko tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttaminen haastavaa ja miten toteuttaisitte sitä jatkossa?)

LIITE G: LABORATORIOVIERAILUN TUNTISUUNNITELMAPOHJA

Vierailun ohjaus Tampereen yliopiston kemian opiskelijalaboratoriossa

pp.kk.vvvv 8:00-09:30

lukion/yläkoulun nimi

luokka-aste ja henkilömäärä

Ohjaavat opiskelijat:

TUNTISUUNNITELMA

Tavoitteet: Miten vierailu vastaa laboratoriovierailulle asetettuihin tavoitteisiin (ks. tehtäväpaketti)? Mitä haluatte, että oppilaat/opiskelijat oppivat vierailusta?

Välineet:

Reagenssit:

Vierailun kulku ja ohjaus:

08:00 – 08:10

08:10 – 08:15

08:15 – 09:00

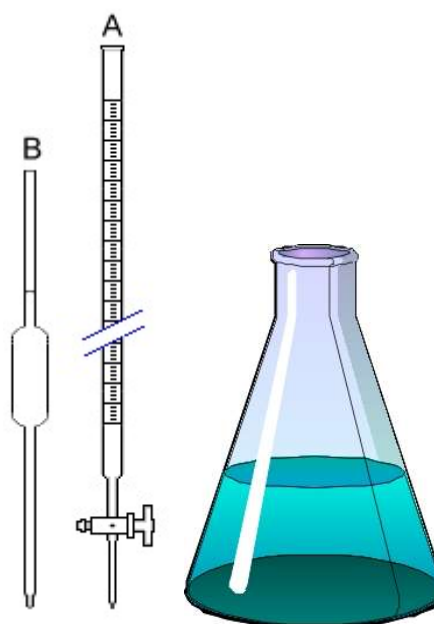
09:00 – 09:30

Työturvallisuus: Muistakaa katsoa reagenssien käyttöturvallisuustiedotteet!

LIITE H: MALLITYÖOHJE

Pispalan koulun vierailu

02.11.2018



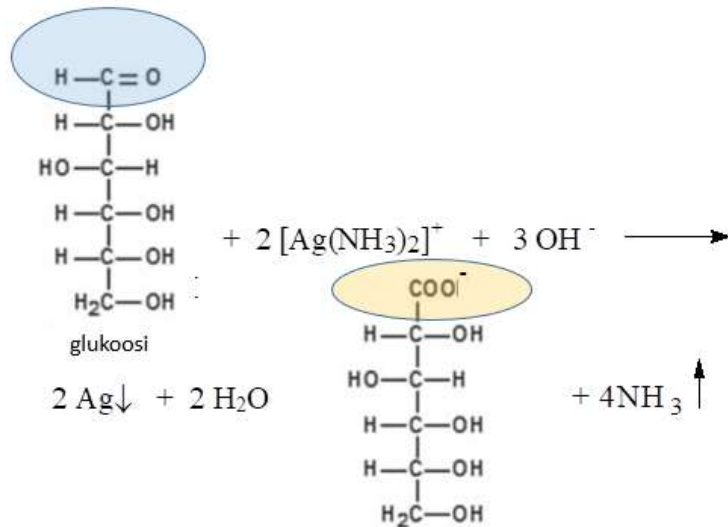
Nimi: _____

1. KOEPUTKEN HOPEINTI

Hopeapeilikoe glukoosille eli sokerille

Emäksisessä liuoksessa hopeakationi (Ag^+) hapettaa sokerin nimeltä glukoosi aldehydiryhmän karboksyyliyhmäksi ja pelkistyy itse kiinteäksi, metalliseksi hopeaksi.

Reagenssina eli aineena, joka aiheuttaa reaktion, on ammoniakkia (NH_3) sisältävä hopeanitraattiliuos (AgNO_3), johon on syntynyt kompleksi $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ -ioni. Reaktiossa syntyvä metallinen hopea muodostaa koeputken seinämille hopeapeilin tai saostuu mustana hopeasakkana.



Kokeen suoritus:

Puhtaaseen koeputken laitetaan 2–3 pisaraa 5%:sta hopeanitraattiliuosta (AgNO_3) ja muutama pisara 5%:sta natriumhydroksidiliuosta (NaOH). Lisätään pisaroittain laimeaa (2%) ammoniakkiliuosta (NH_3) sen verran, että sakka juuri liukenee. Kun koeputkeen on lisätty spaattelin eli metallisen lusikan kärjellinen glukoosia, koeputki asetetaan $60\text{ }^\circ\text{C}$:een vesihauteeseen 15 minuutiksi.

HUOM! Hopeanitraatti- ja hopeapeilijätteet kerätään niille varattuun jätetulloon. Hopeapeili liukenee laimeaan typpihappoon.

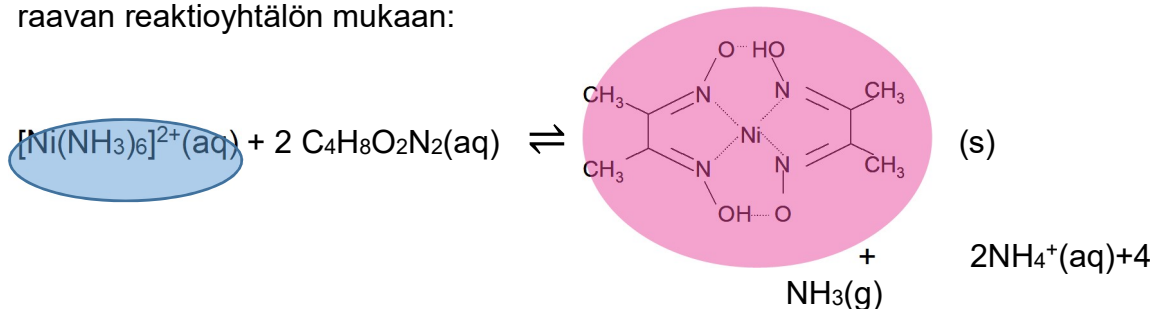
2. NIKKELIN OSOITUSREAKTIO

2.1 Nikkeli-ionin osoitusreaktio

Joskus haluamme tietää, sisältääkö joku esine tai vaikkapa ruoka jotakin tiettyä alkuainetta tai yhdistettä. Esimerkiksi nikkeli-allergisten on tärkeää tietää, etteivät kaupasta ostetut korut sisällä nikkeliä.

Usein kemiallisen analyysin tekeminen vaatii monimutkaisia valmisteluja ja erikoislaitteiden käyttöä. Jos kiinnostuksen kohteena olevalle aineelle löytyy sopiva, yksinkertainen kemiallinen reaktio, ei analyysin teko ole niin vaikeaa. Tällaista reaktiota kutsutaan *osoitusreaktioksi*. Hyvä osoitusreaktio on sellainen, että esimerkiksi värinmuutoksesta huomataan, että reaktio on tapahtunut. Lisäksi reaktion pitäisi tapahtua ainoastaan kiinnostuksen kohteena olevan aineen kanssa. Esimerkkinä osoitusreaktiosta on CSI-sarjastakin tuttu raudan katalysoima luminolin ($C_8H_7O_3N_3$) ja vetyperoksidin (H_2O_2) välinen reaktio, jolla voidaan osoittaa verijälkien olemassa oloa.

Nikkeli muodostaa dimetyyliyglyoksiimi-molekyylien ($C_4H_8O_2N_2$) kanssa kemiallisen yhdisteen (ns. metallikompleksin), joka on voimakkaan marjapuuronpunainen. Reaktio tapahtuu, kun ensin nikkeli on muodostanut ammoniakkin kanssa toisen metallikompleksin $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ liuoksessa (tämä kompleksi on voimakkaan sininen), ja sitten liuokseen lisätään dimetyyliyglyoksiimia. Reaktio tapahtuu seuraavan reaktioyhtälön mukaan:



Metallikompleksit ovat tyypillisesti värillisiä yhdisteitä. Jos siis näytteeseen on lisätty ammoniakkia ja dimetyyliyglyoksiimia ja saadaan punainen väri, voidaan päätellä, että näytteestä täytyy löytyä nikkeliä, koska väri voi johtua vain punaisesta nikkelikompleksista.

2.2 Työvälineet ja reagenssit

koeputki
 ammoniakkiliuosta (NH_3 5M)
 dimetyyliyglyoksiimiliuosta
 nikkelisulfaattiliuosta ($NiSO_4$)

2.3 Työn suoritus

Suorita koe laittamalla koeputkeen n. viisi tippaa nikkelisulfaattiliuosta ($NiSO_4$), johon lisäät n. kymmenen tippaa ammoniakkiliuosta (NH_3), jolloin liuos muuttuu siniseksi $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ -kompleksin muodostumisen vuoksi. Seuraavaksi lisää koeputkeen n. viisi tippaa dimetyyliyglyoksiimia. Tarkastele koeputkea.

SOVELLUS: Nikkelitesti esineiden tutkimiseen

Tarkoitus: testata sisältääkö tutkittava esine (vyönsolki, koru, kello yms.) nikkeliä.

Testi: Kostuta testiä varten pumpulipuikko ammoniakkiliuoksella (NH_3 , pitoisuus 5 M eli mol/dm^3) ja tiputa siihen yksi pisara 1% dimetyyliyoksiimiliuosta. Hanka tutkittavan metalliesineen pintaa puolen minuutin ajan. Tällöin mahdollisesti syntyvän punaisen värin katsotaan olevan osoitus nikkelin olemassaolosta esineessä.

2.4 Tulosten käsittely

Mistä esineestä tutkit nikkelin olemassaoloa?

Sisälsikö esine nikkeliä?

3. NALLEKARKIT KYLVYSSÄ

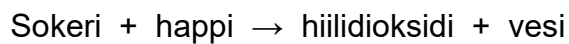
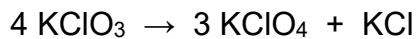
Demonstraatiossa nallekarkki kokee tapaturmaisen kohtalon ”kylpyammeessa”.

Työvälineet:

- Iso koeputki
- Statiivi
- Kaasupoltin
- Nallekarkki
- Kaliumkloratti

Mitä tapahtuu:

Kaliumkloratti (KClO_3) hajoaa 400 asteesta lähtien kaliumkloridiksi (KCl) ja kaliumper-kloraatiksi (KClO_4), joka hajoaa nopeasti itsestään hapeksi ja kaliumkloridiksi. Samalla nallekarkin sokeri (myös muut palavat aineet, esim. gelatiini) hapettuvat liekehtien hiilidioksidiksi ja vedeksi.



LIITE I: OPISKELIJOIDEN HAASTATTELU

Yleiset kysymykset opintojaksosta:

Ovatko opintojakson tehtäväpakettien teemat mielestäsi sopivia käsiteltäväksi Tampereen yliopiston kemian laboratorion aineenopettajille suunnatulla opintojaksolla? Miksi/miksi ei?

Ovatko opintojakson toteutustapa ja suorittaminen (Moodle-pohja, rakenne, ohjeistukset, arviointi, oppimisportfolio) mielestäsi toimiva Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoille? Miksi/miksi ei?

Kysymykset tehtäväpaketista 2. Kemian opetus ja opetussuunnitelma (Vastaa perustellen):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

Onko aloitusdokumentin (tiedoston Tehtäväpaketti 2) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

Tehtävä 2.1:

Ovatko kaikki lisäkysymykset mielestäsi tarpeellisia opetussuunnitelman perusteiden paremman ymmärtämisen ja kannalta? Jos ei, mitä kysymyksiä poistaisit tai muuttaisit?

Tehtävä 2.2:

Tukevatko tehtävä ja siinä käytettävät artikkelit mielestäsi aktiivisen oppimisen ymmärtämistä ja sen hyödyntämistä kemian opetuksessa?

Onko opetusvideon tekeminen mielestäsi sopiva tehtävä tälle opintojaksolle/tähän tehtäväpakettiin? Oliko opetusvideon tekemisessä jotakin haastavaa? Toimiiko toteutus mielestäsi tällä tavalla vai pitääkö videon tekemisen ohjeistuksia tai vaatimuksia mielestäsi muuttaa?

Mitkä tekijät vaikuttivat aktivointivälineesi valitsemiseen? Onko valittavat vaihtoehdot mielestäsi relevantteja välineitä aktiivisen oppimisen mahdollistamiseksi opetuksessa?

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketista (*vapaaehtoinen*):

Kysymykset tehtäväpaketista 5. Molekyylimallinnus kemian opetuksessa (Vastaa perustellen):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

Onko aloitusdokumentin (tiedosto Tehtäväpaketti 5) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

Tehtävä 5.1:

Mahdollistavatko Helsingin yliopiston MOOCin MarvinSketch-harjoitukset (Tehtävä 5.1) visualisoinnin ja molekyyli mallinnuksen mahdollisuuksien paremman ymmärtämisen ja MarvinSketch –ohjelman käytön osaamisen?

Tehtävä 5.2:

Mitkä tekijät vaikuttivat ohjelmasi valintaan? Oliko ohjelman käytön opettelemisessa tai ominaisuuksien hahmottamisessa haasteita?

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketistä (*vapaaehtoinen*):

Tehtäväpaketti 6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä (Vastaa perustellen):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

Ovatko aloitusdokumentin (tiedoston Tehtäväpaketti 6) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

Ovatko laboratoriovierailun päätavoitteet (ks. aloitusdokumentti) mielestäsi sopivia vierailua ja tehtäväpakettia ajatellen?

Tehtävä 6.1

Auttoiko aloitusdokumentti (Tehtäväpaketti 6) ymmärtämään kokeellisten töiden merkitystä oppijan ja opettajan kannalta ja erottamaan tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä? Kaipasitko jotakin lisätietoa esimerkiksi tutkimuksellisesta kokeellisyydestä tai jostakin muusta aiheesta vierailua ajatellen?

Olivatko Moodleen linkit kokeellisista töistä mielestänne avuksi töiden valitsemisessa ja olisitko kaivanneet vielä lisää apumateriaaleja?

Auttaako tuntisuunnitelman tekeminen mielestänne laboratoriovierailun suunnittelemista ja toteuttamista? Onko tuntisuunnitelmapohjassa tai mallityöohjeessa jotain parannettavaa?

Tutustuitteko käyttöturvallisuustiedotteisiin työturvallisuutta pohtiessanne/tuntisuunnitelmaa laatiessanne? Onko tämä mielestänne tarpeellista?

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketistä (*vapaaehtoinen*):

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia koko opintojaksosta (*vapaaehtoinen*):

LIITE J: OPISKELIJOIDEN VASTAUKSET HAASTATTELUKYSYMYKSIIN

Opiskelija A:

Yleiset kysymykset opintojaksosta:

Ovatko opintojakson tehtäväpakettien teemat mielestäsi sopivia käsiteltäväksi Tampereen yliopiston kemian laboratorion aineenopettajille suunnatulla opintojaksolla? Miksi/miksi ei?

- Minusta teemat olivat oikein hyviä ja sellaisia, joista varmasti opettajan työssä on hyötyä
- Kun ottaa huomioon vielä kaksi muuta teemaa, joita en testannut, niin uskoisin että tämä kurssi kokonaisuutena antaa hyviä työkaluja kemian opettajuuteen. Tai ainakin ajatuksia siitä, että mistä kaikista aiheista pitäisi opiskella omatoimisesti vielä lisää :D
- Teemat olivat ajankohtaisia ja tarpeellisia. Minusta tässä oli monipuolisesti kaikkea opettajan työssä tarvittavaa. Tietysti kovin syvällisiin asioihin ei näin lyhyellä kurssilla päästä sukeltamaan, mutta kattaa kuitenkin pintapuolisesti laajan alueen.

Ovatko opintojakson toteutustapa ja suorittaminen (Moodle-pohja, rakenne, ohjeistukset, arviointi, oppimisportfolio) mielestäsi toimiva Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoille? Miksi/miksi ei?

- Toteutustavassa pidin erityisesti siitä, että tehtävät sai tehdä omaan tahtiinsa. Sitä tosin mietin, että olisiko lopullisessa toteutuksessa kannattanut miettiä palautuspäivämääriä niin, että ne eivät olisi yhdessä kasassa. Monilla opiskelijoilla kun tuppaa kaikki jäämään sinne viime tippaan (terveisin kokemuksen syvällä rintaäänellä :D)
- Moodle-pohjassa hiukan ongelmalliseksi koin ”linkkilistamaisuuden” eli sen, että piti klikkailla edes takaisin, jotta sai kaikki tarvittavat tiedot tehtävään
 - Jossain osiossa olin kokonaan ohittanut jonkun materiaalin, kun en ollut tajunnut sitä listasta
- Osa linkeistä ei toiminut (esim. OPS ja LOPS linkit)
- Ylipäätään rakenne voisi olla vähän selkeämpi. Voisiko jokaisella osiolla olla oma sivunsa, jossa olisi selkeästi esillä tavoitteet, mitä pitää tehdä ja materiaalit jotenkin ryhmiteltyinä niin, että ne löytää helposti?
- Olisi kiva, jos ohjeistuksista ainakin pääkohdat olisi suoraan Moodlessa. Melko rasittavaa aina latailla PDF:ää ja etsiä sieltä tarvittavaa sivua
- Olisiko tehtävät mahdollista numeroida niin, että niissä ei olisi a, b ja c – alakohtia, vaan ne reilusti olisivat 2.1, 2.2, 2.3 j 2.4 tms? Varsinkaan kun esim. tehtävät 2.2a, 2.2b ja 2.2c eivät suoranaisesti liittyneet toisiinsa kovin merkittävästi ja olivat aivan eri tyylliset tehtävät.
- Oppimisportfolio on mielestäni tosi hyvä idea tämän tapaiselle kurssille. Tosin portfolioissa pyydettiin yhtenäisiä fonttikokoja yms. ja osassa tehtävistä oli eri ohjeet esim. fonttikoosta. Tehtävien ohjeistuksessa ehkä voisi miettiä, että olisi jo valmiiksi yhtenäiset fonttikoot ja rivivälit.
- Arvioinnista täytyy sanoa, että en ainakaan tiedä saaneeni palautetta :D (Laboratoriovierailun työohjeesta palautetta saatiin ja se oli ihan hyvä). Ylipäätään olisi kiva saada jotain palautetta palautetusta materiaalista.
- Arviointina tietysti hyväksytyt/hylätyt ei kannusta huippusuorituksiin, mutta tälle kurssille varmaan ihan sopiva. Ja toisaalta voisi kuvitella, että kurssille tulee vain sellaisia opiskelijoita, joita asia oikeasti kiinnostaa.

Kysymykset tehtäväpaketista 2. Kemian opetus ja opetussuunnitelma (Vastaa perustel- len):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

- Osaamistavoitteet sinällään oikein hyviä ja tehtäväpaketti tuki mielestäni ihan hyvin tavoitteiden saavuttamista
- Itse koin, että tässä tehtäväpaketissa en juuri oppinut mitään uutta. Tein vaan sen, mitä osasin jo aiemminkin. Toisaalta opetussuunnitelman analyysijä oli tehty jo ihan tarpeeksi peda-opinnoissa ja esim. videoita tehty myös siellä. Tilanne voi siis olla erilainen, jos tämä ensimmäinen opettamiseen liittyvä kurssi.
- Opetussuunnitelmien lukeminen ja analysointi sinällään kyllä oikein tarpeellista, koska opettajan työssä sen pitäisi olla tärkein työkalu tai ainakin lähtökohta opetuksen suunnittelulle

Onko aloitusdokumentin (tiedoston Tehtäväpaketti 2) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

- Ohjeet ihan hyviä, mutta voisiko ajatella, että kalvoihin laittaisi sivunumerot, jolloin viittaukset "edellisillä kalvoilla esitelyihin menetelmiin" olisi täsmällisempi. Tietysti vielä parempi voisi olla, jos mahdolliset menetelmät olisi lueteltu vielä tehtävänannossakin.
- Tehtävien ohjeistukset mieluummin niin, että yksi ohjeistus/sivu. Näin olisi selkeämpää 😊
- Ja minusta olisi selkeämpää, jos tehtävien numerointi olisi tehtäväpaketti 2, tehtävä 1,2,3,4... eikä niin että on a,b,c kirjaimia. Jos tehtävät on numeroitu juoksevilla numeroinnilla, niin paremmin huomaa jos jotain jää välistä.

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

- Työmäärä ihan sopiva. Tässä tietysti voi olla huomattavaa vaihtelua, sillä jos tekee opetusvideon ja aktivointivälineen huolella tai haluaa tutustua johonkin uuteen, niin 27 h voi vierähtää helposti pelkästään näissäkin.

Tehtävä 2.1:

Ovatko kaikki lisäkysymykset mielestäsi tarpeellisia opetussuunnitelman perusteiden paremman ymmärtämisen ja kannalta? Jos ei, mitä kysymyksiä poistaisit tai muuttaisit?

- Kysymykset olivat ihan hyviä, mutta tehdessäni mietin sitä, oliko kysymysten tarkoitus olla apukysymyksiä, vai oliko kaikkiin tarkoitus vastata?
 - Jos kaikkiin oli tarkoitus vastata, niin tila ei käytännössä riitä (ei ainakaan minulla riittänyt)
 - Jos kaikkiin ei ole tarkoitus vastata, niin tehtävänannossa voisi ilmaista selkeämmin, että ovat vain apukysymyksiä
 - Nyt tehtävänanto on muodossa "analyysi/essee, jossa vastaat muun muassa seuraaviin kysymyksiin" ja minusta se antaa ymmärtää, että kaikkiin pitäisi vastata ja siinä sivussa vähän muihinkin kysymyksiin
- En poistaisi kysymyksistä mitään, mutta muokkaisin tehtävänantoa niin, että siinä ohjeistettaisiin käsittelemään ainakin jonkin verran kaikkia kolmea teemaa (tavoitteet, sisällöt, arviointi)
 - On hyvä että kysymyksiä on paljon, niin pääsee hyvin alkuun kirjoitushommassa

Tehtävä 2.2:

Tukevatko tehtävä ja siinä käytettävät artikkelit mielestäsi aktiivisen oppimisen ymmärtämistä ja sen hyödyntämistä kemian opetuksessa?

- Cynthia Bramen artikkeli oli mielenkiintoinen ja sellainen josta sai hyviä ja käytännönläheisiä vinkkejä. Toinen artikkeleista oli aika raskas lukea ja ehkä vähän turhan teoreettinen? Joka tapauksessa muistelen, että tästä toisesta artikkelista ei ollut niin paljon hyötyä.

Onko opetusvideon tekeminen mielestäsi sopiva tehtävä tälle opintojaksolle/tähän tehtäväpakettiin? Oliko opetusvideon tekemisessä jotakin haastavaa? Toimiiko toteutus mielestäsi tällä tavalla vai pitääkö videon tekemisen ohjeistuksia tai vaatimuksia mielestäsi muuttaa?

- Opetusvideon tekeminen hyvä tehtävä ja varmasti tarpeellinen taito tulevaisuuden opettajalle
- olisi kuitenkin ehkä voinut paremmin pohjustaa sitä, millainen on hyvä opetusvideo ja millaisilla tavoilla opetusvideon voi tehdä
 - Olisiko tästä löytynyt hyvää videota/artikkelia tai vaikka molempia?
 - Esim. youtubesta löytyy vaikka kuinka paljon videoita hakemalla "how to make good educational videos" (sisällöistä ei kyllä mitään takuita :D)
 - Luin yhden hyvän artikkelin, jossa oli paljon vinkkejä siitä millainen on hyvä opetusvideo (What we learned from creating one of the world's most popular MOOCs, Oakley, Barbara A; Sejnowski, Terrence J)
- Screen-o-maticin "asensin" vahingossa espanjan kielisenä ja en jaksanut yrittää uudelleen, joten pieni kielimuuri oli haittana. Onnistui kyllä niinkin.
- Alun perin minulla oli hyvin lennokkaita ideoita siitä millaisen videon haluaisin tehdä ja halusin kokeilla jotain uutta (animaatiota tai jotain teoriavideota, jossa hyödynnetään animaatioita). Lopulta kuitenkin jouduin tekemään vain sitä mitä käytännössä pystyin käytettävissä olleessa ajassa. En ollut tyytyväinen lopputulokseen, mutta tehtävä tuli suoritettua.
- Videotehtävän ohjeistus
 - 10-15 minuuttia on mielestäni aika pitkä opetusvideo (riippuen toki toteutustavasta). Olisiko videolle jotain relevantimpia vaatimuksia kuin vain pituus?
 - Myös vaatimus siitä, että aiheesta ei löydy suomeksi opetusvideota kuulostaa aika kovalta vaatimukselta
 - Ohjeistuksessa myös puhutaan "lyhyestä teoriakatsauksesta jostakin yläkoulun tai lukion kemian aiheesta", onko 10-15 min lyhyt?
 - Vasta nyt huomasin, että periaatteessa animaatio ei olisi täyttänyt ohjeistuksen vaatimuksia ("Valitse yksi edellisen kalvon menetelmistä") eli ehkä hyvä, etten tehnyt sitä :D
 - Laboratoriovälineen esittely vaihtoehtona voi olla haastava, kovin monella ei varmasti ole laboratoriovälineitä kotona. Toisaalta tämä voisi olla ihan mielenkiintoinen vaihtoehto, jos olisi esim. ohjeistus, että jos haluat kuvata laboratoriossa, sovi *****:n kanssa.

Mitkä tekijät vaikuttivat aktivointivälineesi valitsemiseen? Onko valittavat vaihtoehdot mielestäsi relevantteja välineitä aktiivisen oppimisen mahdollistamiseksi opetuksessa?

- Tässä taas kävi niin, että olisin halunnut toteuttaa ihan erilaisen aktivointijutun kuin minkä lopulta palautin. Ei vaan aika (ja osaaminen) riittänyt sen toteuttamiseen, mitä olisin halunnut tehdä. Helppous oli tässä(kin) ehkä se avainsana ja tämä ohjeistus minulla oli jo valmiina muuhun käyttöön tehtynä.
- Vaihtoehdot olivat mielestäni hyviä ja relevantteja. Hyvin erilaisia vaihtoehtoja ja tämä tehtävä olisi varmasti vielä paljon antoisampi, jos pääsisi katsomaan myös muiden palautuksia ja näkisi millaisia ideoita muilla on ollut 😊, joten palautteen antaminen muiden aktivointimenetelmiin tosi hyvä idea 😊

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketistä (*vapaaehtoinen*):

Kysymykset tehtäväpaketistä 5. Molekyylimallinnus kemian opetuksessa (*Vastaa perustellen*):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

- Tämä tehtäväpaketti oli minulle ehdottomasti hyödyllisin. Täytyy myöntää, että minulla ei ollut kovin selkeää kuvaa molekyylimallinnuksen mielekkästä hyödyntämisestä opetuksessa aiemmin. Tämän osuuden tehtyäni osaaminen tämän suhteen parani huomattavasti 😊 Ja kunhan tästä muut kiireet hellittävät, niin tähän haluaisin panostaa vielä lisää.
 - Minusta siis osaamistavoitteet olivat varsin relevantteja
 - MarvinSketch on kuitenkin ylioppilaskirjoituksissa käytössä, joten kaikkien kemian opettajaksi valmistuvien olisi hyvä hallita ainakin sen perusteet.
- Tehtäväpaketti tuki hyvin tavoitteiden saavuttamista 😊
- Myös toiseen ohjelmaan tutustuminen on hyvä, jotta pystyy hiukan vertailemaan ohjelmien eri mahdollisuuksia ja hyödyllisyyttä erilaisissa tilanteissa

Onko aloitusdokumentin (tiedosto Tehtäväpaketti 5) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

- Dokumentin sisällöt ja ohjeistukset riittävät, sillä MOOCissa perehdyttiin mallinnukseen vielä paljon syvällisemmin
- Tässä oli mielestäni selkeimmät ohjeistukset myös tehtävien suhteen

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

- Luulisin, että minulla kului tähän osuuteen enemmän aikaa kuin 27 h. Oppimispäiväkirjan kirjoitus oli melkoinen aikasyöppö, mutta toisaalta minusta se on olennainen osa tätä osiota, joten sitä en missään tapauksessa poistaisi.

Tehtävä 5.1:

Mahdollistavatko Helsingin yliopiston MOOCin MarvinSketch-harjoitukset (Tehtävä 5.1) visuaalisoinnin ja molekyylimallinnuksen mahdollisuuksien paremman ymmärtämisen ja MarvinSketch –ohjelman käytön osaamisen?

- Tykkäsin kovasti MOOCista 😊 Oppi paljon ja toteutus oli hyvä. Ja lyhyet opetusvideot aiheesta <3
- Peruskäytön siis oppi varsin hyvin ja sain hyvin ideoita, kuinka molekyylimallinnusta voisi hyödyntää opetuksessa
- Molekyylimallinnuksen mahdollisuuksista en tiennyt kovin paljoa ennen tätä kurssia, joten ainakin minulle aihe oli varsin relevantti ja hyödyllinen
- Ohjeistus oppimispäiväkirjan suhteen (tämä ohje oli tosin siellä MOOCissa) vähän hämärä: sivumäärä oli muistaakseni max. 2 sivua / osio, mutta toisaalta ohjeistettiin laittamaan kuvia kaikista mallinnetuista jutuista oppimispäiväkirjaan. Muistaakseni ainakin ensimmäisessä osuudessa jo kuvista tuli se pari sivua täyteen.

Tehtävä 5.2:

Mitkä tekijät vaikuttivat ohjelmasi valintaan? Oliko ohjelman käytön opettelemisessa tai ominaisuuksien hahmottamisessa haasteita?

- Valitsin ohjelmaksi MolViewin, koska se oli helposti saatavilla (etenkin MarvinSketch asennusongelmien jälkeen helppo saatavuus oli tärkeä asia)
- Koska ennen tätä tehtävää olin jo tehnyt MOOCin ja hallitsin MarvinSketchin peruskäytön, ei ohjelman käytön opettelu ollut vaikeaa. Toiminnallisuudet melko samat.
- Muiden ohjelmaesittelyjä olisi ollut hauskaa lukea, joten kiva kun palautetaan niin, että myös muut näkevät 😊

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketistä (*vapaaehtoinen*):

- MarvinSketchin asentaminen ei ollut kovin helppoa ja en onnistunut ainakaan niillä ohjeilla, jotka MOOCissa oli. Lopulta google auttoi ja sain ohjelman asennettua. Ongelma liittyi muistaakseni johonkin Javan versioon, jonka piti olla oikeanlainen

Tehtäväpaketti 6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä (*Vastaa perustellen*):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

- Osaamistavoitteet ovat hyviä ja relevantteja 😊
- Toisaalta tässä osiossa koin, että tehtäväpaketin suorittaminen ei välttämättä johda osaamistavoitteiden saavuttamiseen
 - Tutkimuksellisuus (ja innostavuus) jäi ehkä vähän avoimeksi materiaalissa. Tutkimuksellisuus toki määritellään jollain tasolla, mutta kovin paljon siihen ei perehdytä. Jos tutkimuksellisuutta (ja innostavuutta) olisi tarkoitus oikeasti oppia, voisi olla hyvä lisätä esimerkiksi videoluento tai hyvä artikkeli aiheesta. Siis sellainen, jossa selitettäisiin tarkemmin millä tavoin tutkimuksellista lähestymistapaa voi lisätä opetukseen käytännössä ja millaiset asiat (yleensä) saavat oppilaat innostumaan
 - Tutkimuksellisuuteen vielä sen verran, että hiukan itselle jäi sellainen tunne, että tutkimuksellisuus perustui lähinnä aiempiin mielikuviin asiasta

Ovatko aloitusdokumentin (tiedoston Tehtäväpaketti 6) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

- Dokumentissa oli hyviä vinkkejä (esim. toisella sivulla kemian varaston hoitoon liittyvät)
- Kuten edellä jo mainittu, niin esimerkiksi tutkimuksellisuudesta voisi olla joku videoluento/artikkeli (itse tykkäisin ehdottomasti eniten hyvästä ja innostavasta videoluennosta, mutta voi olla, että sellaisia ei ole saatavilla ainakaan valmiina)
- Ohjeistukset ihan ok, mutta vierailuraporttiin voisi vielä korostaa, että se on tarkoitus tehdä yhdessä
 - mehän ei yhdessä reflektoitu (mitä nyt vähän sen vierailun jälkeen), koska kun kyselin että koska tehtäisiin (okei, olin minäkin jo vähän myöhässä siinä), niin sain vastauksen että toinen oli jo tehnyt oman ja oli jossain reissussa. Koska minullakin oli siinä kohtaa jo vähän kiire raportin kanssa, niin kirjoitin oman. Minulla oli selkeä mielikuva siitä, että yhdessä pitäisi tehdä, mutta jos nyt ohjetta katsoo, niin ei siinä kovin selvästi sitä sanota.
 - Jos näitä vierailuja olisi enemmänkin, niin olisiko mahdollon idea, että ennen omaa ohjausta olisi mahdollista/pakollista käydä seuraamassa jotain toista vierailua? Auttaisi paljon suunnittelussa, kun olisi selkeämpi kuva tilanteesta.

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

- Minusta työmäärä oli ihan ok.

Ovatko laboratoriovierailun päätavoitteet (ks. aloitusdokumentti) mielestäsi sopivia vierailua ja tehtäväpakettia ajatellen?

- Tavoitteet hyviä ja sopivia 😊 Mielestäni ainakaan enemmän tavoitteita ei kannata olla, kun kyse on kuitenkin vain yhdestä kerrasta.

Tehtävä 6.1

Auttoiko aloitusdokumentti (Tehtäväpaketti 6) ymmärtämään kokeellisten töiden merkitystä oppijan ja opettajan kannalta ja erottamaan tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä? Kaipasitko jotakin lisätietoa esimerkiksi tutkimuksellisesta kokeellisuudesta tai jostakin muusta aiheesta vierailua ajatellen?

- Tähän taisin vähän vastatakin jo aiemmin. Mielestäni tutkimuksellisesta kokeellisuudesta olisi voinut olla enemmän informaatiota eli joko hyvä ja innostava artikkeli tai vielä mieluummin joku hyvä video aiheesta. Nyt tutkimuksellisuus jäi ehkä vähän omien mielikuvien varaan. Minä en ainakaan ole aina kovin hyvä sisäistämään asiaa, jos ei siitä jauheta riittävän paljon ja hyvien esimerkkien kanssa.
- Kokeellisten töiden merkitys nousi ehkä paremmin esille, mutta toisaalta siitäkin olisi voinut olla enemmän materiaaleja. Etenkin videoita katson ihan huvikseni, jos sellaisia lisämateriaaliksi löytyy.

Olivatko Moodleen linkit kokeellisista töistä mielestänne avuksi töiden valitsemisessa ja olisitko kaivanneet vielä lisää apumateriaaleja?

- Linkit oli hyviä ja niitä käytin selatessani erilaisia töitä 😊
- En välttämättä olisi kaivannut lisää linkkejä (ei niistä lisälinkeistä toisaalta haittaakaan olisi), mutta linkkien ryhmittely jonnekin yhteen paikkaan olisi kiva

Auttaako tuntisuunnitelman tekeminen mielestänne laboratoriovierailun suunnittelemista ja toteuttamista? Onko tuntisuunnitelmapohjassa tai mallityöohjeessa jotain parannettavaa?

- Tuntisuunnitelman tekeminen oikein hyvä ajatus 😊 Näin joutuu vähän etukäteen pohtimaan mitä tehdään, kuka tekee ja milloin ja kuinka paljon aikaa mihinkin vaiheeseen menee (tai on suunniteltu menevän)
- Olisiko mahdollista tuottaa mallituntisuunnitelma, jossa kaikki olisi suunniteltu paperille ihan viimeisen päälle? Olisi ehkä helpompi lähteä liikkeelle, kun olisi mallia siitä, millaista tarkkuutta halutaan. Ja ei siitä varmaan haittaa olisi, vaikka mallituntisuunnitelma olisi ”liiankin tarkka” 😊 Toisi ainakin vähän jotain tavoitetta siitä, millaiseen suunnitelmaan voisi pyrkiä.
- Mallityöohje oli oikein loistava 😊 Samantyyllisen kun saisi vielä mallituntisuunnitelmaksi.

Tutustuitko käyttöturvallisuustiedotteisiin työturvallisuutta pohtiessanne/tuntisuunnitelmaa laatiessanne? Onko tämä mielestänne tarpeellista?

- Tutustuin käyttöturvallisuustiedotteisiin ja samalla hain sieltä varoitusmerkit materiaaliin (muistaakseni)
- Mielestäni on erittäin hyvä tutustua käyttöturvallisuustiedotteisiin etukäteen. Ainakin niin, että suunnilleen tietää millaisia (kuinka vaarallisia) aineita ollaan käsittelemässä

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketista (*vapaaehtoinen*):

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia koko opintojaksosta (*vapaaehtoinen*):

- Tykkäsin 😊 Tällaisia opintojaksoja tekisin mielellään enemmänkin. Olen vähän kaivannutkin jotain nimenomaan kemian opetukseen liittyvää kurssia ja minusta tämä vaikuttaa oikein lupaavalta 😊 Uskoisin, että tästä saa oikein hyviä ajatuksia opettajan työhön, varsinkin kun vielä loputkin teemat ovat valmiina.
- Toteutus toisaalta mukava näin, että saa hyvin paljon tehdä omaan tahtiin 😊 Toisaalta tähän voisi sopia hyvin myös joku lähiopetuskerta, jossa vähän tutustuisi muihin kurssin opiskelijoihin ja saisi ihan livenä jutella kemian opetuksesta.

Opiskelija B:

Yleiset kysymykset opintojaksosta:

Ovatko opintojakson tehtäväpakettien teemat mielestäsi sopivia käsiteltäväksi Tampereen yliopiston kemian laboratorion aineenopettajille suunnatulla opintojaksolla? Miksi/miksi ei?

Yleisesti ottaen teemat vaikuttivat hyvältä. Esimerkiksi opetussuunnitelmaan on hyvä tutustua jo varhaisessa vaiheessa. Lisäksi ainakaan omana lukioaikanaani molekyyli-mallinnusta ei ole tehty tietokoneiden avulla ollenkaan, joten siihenkin on varmasti hyvä tutustua ennen opettajaksi päättymistä. Laboratorioryhmiä ohjaamisesta saa mukavasti kokemusta opettajan roolissa olemisesta, mikä on toki tärkeää opettajiksi haluaville.

Ovatko opintojakson toteutustapa ja suorittaminen (Moodle-pohja, rakenne, ohjeistukset, arviointi, oppimisportfolio) mielestäsi toimiva Tampereen yliopiston kemian aineenopettajaopiskelijoille? Miksi/miksi ei?

Yleisesti toteutustapa vaikutti hyvältä: jokainen saa tehdä juuri sen verran opintopisteitä kuin itse haluaa ja suorittaa itselleen tärkeiksi kokemansa osiot. Miettimään jäin, voisiko kurssilla kuitenkin olla jokin minimimäärä, kuinka monta osiota olisi vähintään suoritettava? Esimerkiksi kolmen opintopisteen edestä olisi varmasti suhteellisen helppo suorittaa osioita. Toki mikäli nimenomaan halutaan antaa opiskelijalle täysi vapaus siitä, kuinka monta opintopistettä suorittaa, ei minimimäärää tarvita. Mutta jos tavoitteena on kerätä kemian opettajan osaamista, voisi olla perusteltua vaatia suorittaa useampi osio kurssilta.

Moodle-pohja oli mielestäni selkeä ja kurssi rakenteeltaan hyvä. Ohjeistukset olivat hyvät. Lisäksi mikäli kurssin suorittaa ennen pedagogisia, saattaa oppimisportfolio olla opiskelijoille suhteellisen uusi asia, joten senkin tekemistä voi tämän kurssin aikana harjoitella.

Ymmärrän, miksi opetusvideota pyydettiin 2. osiossa tekemään. Todennäköisesti opetusvideoiden suosio kasvaa tulevaisuudessa ja opettajan on hyvä osata tehdä toimivia opetusvideoita. Mutta itselleni tämä muodostui kynnyskysymykseksi osion suorittamiselle. En siis sano, etteikö opetusvideon tekeminen olisi tälle kurssille sopiva tehtävä, mutta tiedän, etten ole ainoa, jonka mielestä opetusvideon tekeminen vaikuttaa haastavalta ja aikaa vievältä tehtävältä.

Tehtäväpaketti 6. Kemia kokeellisena luonnontieteenä (*Vastaa perustellen*):

Ovatko tehtäväpaketin osaamistavoitteet mielestäsi relevantteja kemian opettajuutesi kannalta? Tukeeko tehtäväpaketti sen osaamistavoitteiden ja omien osaamistavoitteidesi saavuttamista?

Kyllä, tutkimuksellinen kokeellisuus on mielestäni tärkeää kemian opettajuudessa. Lisäksi kouluvierailun suunnittelussa opittuja taitoja voi myöhemmin hyödyntää omien tuntien suunnittelussa. Mikäli ei ole kokemusta luokan edessä opettamisesta, voi laboratorioryhmiä ohjaaminen muiden opiskelijoiden kanssa tuntua kuin ensimmäisen harkkatunnin pitäminen yksinään.

Ovatko aloitusdokumentin (tiedoston Tehtäväpaketti 6) sisällöt ja ohjeistukset mielestäsi tarkoituksenmukaisia ja toimivia tehtäväpaketin suorittamisen kannalta?

Mielestäni ohjeistukset olivat selkeät ja diat sisälsivät hyvää asiaa. Toki taisin tehtävänantojen ulkopuolisen osuuden dioista lukea silloinkin hieman puolihuolimattomasti, sillä koin jossain määrin tietäväni, mitä tutkimuksellisella kokeellisuudella tarkoitettiin. Toki mikäli tehtäviä tehtäessä huomaa, ettei asiaa olekaan ymmärtänyt, löytyy dioista kaikki oleellisin asiasta.

Onko tehtäväpaketti mitoitettu mielestäsi työmäärältään oikein (1 op = noin 27 h työtä)? Jos ei, niin mihin kuluu mielestäsi liian paljon/vähän aikaa?

En enää muista tarkkaan, kuinka paljon aikaa käytin tehtäväpaketin tekemiseen, mutta arvioisin, että työtä on ihan sopiva määrä yhtä opintopistettä varten.

Ovatko laboratoriovierailun päätavoitteet (ks. aloitusdokumentti) mielestäsi sopivia vierailua ja tehtäväpakettia ajatellen?

Mielestäni päätavoitteet ovat sopivia vierailua ja tehtäväpakettia ajatellen. Tutkimuksellisen kokeellisen työn suunnittelu ei välttämättä aina ole niin helppoa kuin luulisi. Toki tässä sai myös hyödyntää valmiiksi löytyviä materiaaleja, mikä helpottaa tämän tehtävän tekemistä huomattavasti.

Tehtävä 6.1

Auttoiko aloitusdokumentti (Tehtäväpaketti 6) ymmärtämään kokeellisten töiden merkitystä oppijan ja opettajan kannalta ja erottamaan tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä? Kaipasitko jotakin lisätietoa esimerkiksi tutkimuksellisesta kokeellisuudesta tai jostakin muusta aiheesta vierailua ajatellen?

En tiedä muuttuivatko ajatukseni kokeellisten töiden merkityksestä mitenkään, mutta toki koen kokeellisen työskentelyn merkitykselliseksi. Ainoa asia, mihin lisätietoa kaipasimme, oli se, löytykö laboratorion tarvitsemiamme aineita. Mutta nämäkin ovat niin tapauskohtaisia, että käytännössä opiskelijoiden kannattaa aina kysyä asiaa joltain, joka laboratorion tuntee. Ja olihan dioissakin pyydetty varmistamaan aineiden saatavuus etukäteen.

Olivatko Moodleen linkit kokeellisista töistä mielestänne avuksi töiden valitsemisessa ja olisitteko kaivanneet vielä lisää apumateriaaleja?

Meillä töiden valinta sujui aika nopeasti, sillä molemmilla oli ajatuksia jo etukäteen. Linkki Gadolinin tehtäväpankkiin yms. on kyllä varmasti hyödyksi, sillä sieltä on helppo aloittaa sopiviin ja kiinnostaviin töihin tutustuminen. Mikäli joku haluaa etsiä lisää töitä, niin googlettaminen varmasti onnistuu. Lisää apumateriaalia tuskin tarvitsee.

Auttaako tuntisuunnitelman tekeminen mielestänne laboratoriovierailun suunnittelemista ja toteuttamista? Onko tuntisuunnitelmapohjassa tai mallityöohjeessa jotain parannettavaa?

Tottakai auttaa. Ilman tuntisuunnitelmaa laboratoriovierailusta tulisi aikamoista sähellystä. Lisäksi tuntisuunnitelman tekemisestä hyöttyy myös pedagogisten opintojen aikana (mikäli kurssin käy ennen pedaopintoja), jolloin on tehtävä hyvinkin tarkkoja tuntisuunnitelmia.

Mielestäni tuntisuunnitelmapohja on ihan hyvä. Mallityöohje täydentää tuntisuunnitelmapohjaa, sillä siitä näkee, mitä laboratoriossa on aiemmin tehty. Mallityöohjeesta voi siis samalla saada ideoita oman labravierailun töitä varten.

Tutustuitteko käyttöturvallisuustiedotteisiin työturvallisuutta pohtiessanne/tuntisuunnitelmaa laatiessanne? Onko tämä mielestänne tarpeellista?

Kyllä tutustuttiin. Mielestäni ennen jokaista oppilastyötä on tärkeä tutustua käyttöturvallisuustiedotteisiin, jottei vahingossa luule aineen olevan turvallisempaa, kuin mitä se oikeasti on.

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia tästä tehtäväpaketistä (vapaaehtoinen):

Mielestäni tämä oli tärkein ja mielenkiintoisin tehtäväpaketti koko opintojaksosta. Laboratoriovierailun suunnittelu ja ohjaaminen opettaa tärkeitä taitoja opettajan työtä varten. Kemian opetussuunnitelmaan ja sen opettamisen teoriaan voi aina halutessaan tutustua omalla ajallaan ja tietoa voi aina etsiä netistä. Mutta kuinka usein tarjotaan mahdollisuus labravierailun ohjaamiseen kunnon laboratoriossa?

Muita kommentteja/kehitysehdotuksia koko opintojaksosta (*vapaaehtoinen*): -