

# **Kokeellisuus peruskoulun 7.–9. luokkien kemian etäopetuksessa**

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

7.12.2020

Josefiina Hukari

## Tiivistelmä

Tässä Pro gradu -tutkielmassa selvitettiin, millä tavoin kemian kokeellista työskentelyä toteutetaan ja arvioidaan peruskoulun 7.–9. luokkien etäopetuksessa. Tutkielman kirjallisessa osassa selvitettiin, mitä kemian kokeellinen opetus ja sen arviointi on sekä miten niitä hyödynnetään perusopetuksen 7.–9. luokkien opetuksessa niin Suomessa kuin kansainvälisesti. Lisäksi kirjallisessa osassa selvitettiin, mitä etäopetus on ja miten kemian kokeellista opetusta on toteutettu etäopetuksen keinoin.

Kemian kokeellisessa opetuksessa opetetaan käytännössä tieteenalalle tyypillisiä tutkimusmenetelmiä. Näiden tutkimusharjoitusten avulla luodaan myös yhteyksiä aistein havaittaviin ilmiöihin sekä submikroskooppisella ja symbolisella tasolla kuvattuun teoriaan. Kokeelliset opetusmenetelmät soveltuvat sekä suljettuihin, tarkasti rajattuihin tehtäviin että avoimiin tehtävänantoihin, joissa oppilaat itse voivat vaikuttaa tutkimuksen etenemiseen. Avoimilla, tutkimusperustaisilla tehtävänannoilla saavutetaan korkeamman ajattelun tason oppimista, mutta ne vievät enemmän aikaa ja vaativat oma-aloitteisempaa työskentelyä. Kemian etäopetuksessa menetetään pääosin tieteenalan tutkimukseen kuuluvien tutkimusvälineiden ja -menetelmien oppiminen. Käytännön ja teorian yhdistämistä voidaan kuitenkin tehostaa esimerkiksi keittiökemian ja demonstraatioiden sekä simulaatioiden avulla.

Tutkielman kokeellinen osa toteutettiin peruskoulujen 7.–9. luokkien kemian opettajille suunnatun kyselylomakkeen avulla. Tutkimuksen avulla selvitettiin, miten opettajat toteuttivat kemian kokeellista opetusta ja sen arviointia kevätlukukaudella 2020 kontakti- ja etäopetuksen aikana sekä miten opettajat kokivat etäopetuksen siirtymisen vaikuttavan kemian kokeellisten taitojen oppimiseen. Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä määrällisiä että laadullisia tutkimusmenetelmiä.

Peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksessa harjoitellaan yksinkertaisia kokeellisia työskentelymenetelmiä, eikä avoimia tehtävänantoja hyödynnetä kovin laajasti. Perinteiset oppilastyöt ovat yleisin kokeellinen opetusmenetelmä suomalaisissa peruskouluissa. Etäopetuksessa opettajat hyödynsivät kokeellisista opetusmenetelmistä demonstraatioita eniten. Kokeellisuus opetuksessa väheni, kun etäopetukseen soveltumattomia oppilastöitä jätettiin pois. Uusia, kotona toteutettavia kemian kokeellisia töitä hyödynnettiin jonkin verran. Pääosin opettajat kuitenkin kokivat, että joitain oleellisia kokeellisen työskentelyn taitoja oli mahdotonta opettaa etäopetuksessa eikä opetussuunnitelma siksi toteutunut kaikilta osin.

## Esipuhe

Tämä tutkielma tehtiin Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen opettajankoulutuksessa. Tutkielman ohjaajana toimi FT, KM, yliopistonopettaja Jouni Välisaari. Kirjallisuuden etsimisessä hyödynnettiin JYDOC- ja Google Scholar- tietokantoja. Tutkielmassa olevat kuvat toteutettiin Adobe Photoshop -sovelluksella. Tutkielman kirjallinen osa tehtiin kesällä 2020 ja kyselytutkimuksen aineisto kerättiin alkusyksynä 2020. Aineiston analysointi ja tulosten tarkastelu suoritettiin loppuvuoden 2020 aikana.

Valitsin Pro gradu -tutkielmani aiheeksi kemian kokeellisen etäopetuksen sen ajankohtaisuuden vuoksi, sillä suomalaiset koulut siirtyivät koronapandemian vuoksi etäopetukseen juuri päättäessäni tutkielmani aihetta keväällä 2020. Kokeellisuus peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksessa rajoittui aiheeksi, sillä opin samalla sellaisia taitoja, joita minun on mahdollista hyödyntää työssäni opettajana.

Haluan kiittää kyselytutkimukseen vastanneita opettajia, jotka koronapandemian aiheuttamasta lisäkuormituksesta huolimatta käyttivät aikaansa tutkimukseeni vastaamiseen. Suuri kiitos ohjaajalleni Jounille kaikesta saamastani tuesta ja avusta. Sinun kannustuksesi ja lempeän ohjauksesi ansiosta tutkielman oli mahdollista valmistua nopeutetussa aikataulussa saadessani opettajan sijaisuuden kevääksi 2021. Kiitos myös opiskelutovereilleni Pekalle ja Antille, jotka lukivat ja antoivat tärkeitä kommentteja kyselylomakkeesta. Erityisen kiitoksen haluan osoittaa kumppanilleni Tonille korvaamattomasta avusta ja tuesta prosessin aikana. Kiitos perheelleni uskosta kykyihini, sekä erityisesti Tainalle, Veijolle ja Peterille tekstini oikolukemisesta ja mainioista huomioista. Haluan kiittää myös ystäviäni, varsinkin Sylvaa, Ramia, Anettea, Sannaa ja Jonia, tuesta ja ymmärryksestä tässä muutoksia täynnä olevassa elämäntilanteessa. Keskustelut edes puhelimitse ovat antaneet paljon energiaa tutkielman edistämiseen varsinkin koronapandemian rajoittaessa sosiaalisia kontakteja. Lopuksi haluan osoittaa kiitollisuuteni myös lemmikkejäni kohtaan. Etätyöskentelyn parhaita puolia on ehdottomasti ollut pakolliset työskentelyn tauotukset rapsutushetkien tai ulkoilun merkeissä.

*Josefiina Hukari*

7.12.2020 Jyväskylässä

## Sisällysluettelo

<b>Tiivistelmä.....</b>	<b>ii</b>
<b>Esipuhe.....</b>	<b>iii</b>
<b>Sisällysluettelo.....</b>	<b>iv</b>
<b>1. Johdanto.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Kemian oppiminen.....</b>	<b>2</b>
2.1. Kemia tieteenalana.....	2
2.2. Oppimisteoriat.....	2
2.2.1. Bloomin uudistettu taksonomia.....	3
2.2.2. Tiedonkäsittelymalli ja kolmitasomalli.....	6
2.2.3. Kontekstisidonnainen oppiminen.....	8
2.3. Oppimisen arviointi.....	11
<b>3. Kemian kokeelliset opetusmenetelmät.....</b>	<b>13</b>
3.1. Määritelmä ja tavoitteet.....	13
3.2. Kokeellisen työskentelyn toimintatapoja.....	14
3.2.1. Todentava oppiminen.....	16
3.2.2. Keksintöperustainen oppiminen.....	16
3.2.3. Tutkimusperustainen oppiminen.....	17
3.2.4. Ongelmaperustainen oppiminen.....	18
3.2.5. Projektioppiminen.....	18
3.2.6. Tapausperustainen oppiminen.....	19
3.3. Demonstraatiot.....	19
3.4. Mikrotyöt.....	22
3.5. Keittiökemia.....	23
3.6. Virtuaalilaboratoriot.....	25
3.7. Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet ja edut.....	26
3.8. Kokeellisten opetusmenetelmien arviointi.....	30
<b>4. Kemian opetus ja kokeellinen työskentely suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla</b>	<b>30</b>

4.1. Kemian opetus suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla .....	30
4.2. Kokeellinen työskentely suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla .....	33
4.3. Arviointi suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla.....	37
<b>5. Etäopetus.....</b>	<b>40</b>
5.1. Määritelmä.....	40
5.2. Kemian etäopetus .....	41
5.3. Kokeellisuus kemian etäopetuksessa.....	42
5.4. Etäopetuksen arviointi .....	44
<b>6. Tutkimuskysymykset .....</b>	<b>46</b>
<b>7. Tutkimusmenetelmät .....</b>	<b>47</b>
<b>8. Tutkimusaineisto .....</b>	<b>48</b>
<b>9. Tulokset ja tulosten analyysi.....</b>	<b>48</b>
9.1. Kyselyyn vastaajien taustatiedot .....	49
9.2. Kokeellinen työskentely kontakti- ja etäopetuksessa .....	50
9.3. Kokeellisen työskentelyn arviointi kontakti- ja etäopetuksessa .....	61
9.4. Opettajien kokemukset etäopetukseen siirtymisestä .....	65
<b>10. Pohdinta .....</b>	<b>71</b>
10.1. Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus.....	71
10.2. Johtopäätökset .....	72
10.3. Jatkotutkimuskohteita.....	74
<b>11. Lähteet.....</b>	<b>76</b>
<b>Liitteet</b>	

## 1. Johdanto

Maailman terveysjärjestö WHO julisti COVID-19-koronavirusepidemian maailmanlaajuiseksi pandemiaksi 11.3.2020. UNESCO:n mukaan pandemian korkeimman piikin aikana toteutetut koulujen sulkemiset vaikuttivat maailmanlaajuisesti 94 % opiskelijoista. Etäopetukseen siirtymisen vaikutuksiin liittyvissä tutkimuksissa on jo havaittu, että se on paljastanut ja kasvattanut olemassa olevaa koulutuksellista ja sosiaalista eriarvoisuutta sekä korostanut jatkuvan tuen merkitystä erityisopetusta tarvitsevien oppilaiden opetuksessa. (Sahlberg, 2020)

Koronavirusepidemiaa hillitäkseen Suomen valtioneuvosto asetti valmiuslain käyttöönoton nojalla tehtyjen väliaikaisten asetuksien rajoituksia peruskoulujen toimintaan. Asetuksen mukaan vain erityisen tuen päätöksen saaneet, lähiovetusta tarvitsevat perusopetuksen oppilaat saivat tulla kouluun opiskelemaan, muiden oppilaiden opetus toteutettiin etäopetuksena. Opettajilla oli vain kaksi päivää aikaa järjestää etäopetus, johon siirryttiin 18.3.2020. (Valtioneuvosto, 2020) Valtioneuvosto linjasi, että opetus ja ohjaus tuli järjestää hyödyntäen digitaalisia oppimisympäristöjä ja -ratkaisuja sekä tarvittaessa hyödyntämällä itsenäistä opiskelua. Lähiovetukseen palattiin erityisjärjestelyin 14.5.2020 alkaen (Valtioneuvosto, 2020). Suomalaiset peruskoulujen 7.–9. luokat toimivat siis etäopetuksen keinoin kahden kuukauden ajan.

Vaikka kukaan ei ollut varautunut koronaviruspandemian kaltaiseen suureen kriisiin, oli Suomessa etäopetukseen siirtymisen kannalta kaksi merkittävää etua. Kolmella neljäsosasta opettajista oli mahdollisuus hyödyntää sähköisiä opetus- ja oppimisympäristöjä, jotka olivat myös tuttuja suurelle osalle opettajista. Toinen etu on projektien ja arkeen liittyvien ongelmien avulla tapahtuvan oppimisen painotukset perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, sillä niiden avulla oppilaat olivat jo tottuneet itsenäiseen työskentelyyn ja itsearvioinnin toteuttamiseen. (Sahlberg, 2020)

Tämä tutkielma sai inspiraationsa koronaviruksen aiheuttamasta poikkeuksellisesta opetustavasta ja tässä tutkittiin, miten kemian opetukselle keskeinen kokeellinen työskentely toteutettiin etäopetuksen aikana 18.3.2020–14.5.2020. Tarkastelu rajattiin perusopetuksen vuosiluokille 7.–9. Kirjallisessa osassa paneuduttiin siihen, mitä kokeellinen työskentely on ja millaisia tavoitteita sillä on. Kokeellisessa osassa tutkittiin, millä tavalla kokeellista työskentelyä toteutettiin ja arvioitiin suomalaisten koulujen poikkeusolojen aikana silloin, kun opetus toteutettiin etätyöskentelynä. Kokeellinen osa toteutettiin opettajille suunnattuna

kyselytutkimuksena, jonka analysoimiseen käytettiin sekä laadullisia että määrällisiä menetelmiä.

## **2. Kemian oppiminen**

### **2.1. Kemia tieteenalana**

Kemia on yksi luonnontieteistä biologian ja fysiikan rinnalla. Se on pohjimmiltaan alkuaineiden tutkimista ja se pyrkii selittämään aineiden ominaisuuksia. Kemialle on tyypillistä kausaalinen selittäminen. Se tarkoittaa selityksien etsimistä sille, miksi tiettyjä asioita tapahtuu. Vastakohtana kausaalille selittämiselle on funktionaalinen selitys eli etsitään tiettyjen asioiden tehtävää. (Scerri ja McIntyre, 1997)

Kemiassa voidaan ajatella olevan vain yksi laki, jaksollisuuden laki. Jaksollisuuden lain perusteella onnistuttiin luomaan jaksollinen järjestelmä ja ennustamaan useiden alkuaineiden löytyminen. Kuitenkaan jaksollisuuden lakia ei voi yksinkertaistaa kaavoiksi, vaan sen teorioiden todistaminen pohjautuu kokeellisiin tutkimusmenetelmiin. Siksi sen käsittäminen laiksi on liukuva käsite. Teorioissa myös tehdään paljon arvioita, sillä jaksollisuutta ei voida suoraan selittää perusvuorovaikutuksiin nojaavalla kvanttifysiikalla. Kvanttifysiikan avulla voidaan tällä hetkellä ratkaista eksaktisti vain vetyatomien kvanttimekaaninen malli. Suurempien atomien, ionien ja molekyylien kvanttimekaanisten mallien ratkaisemiseksi on tehtävä approksimaatioita. Kemiassa myös hyväksytään useita teorioita, kuten molekyyliorbitaaliteoria ja valenssidosteoria. (Scerri ja McIntyre, 1997)

Kemia on yksi erityistieteistä, eli se perustuu tieteenalan omiin tutkimusmenetelmiin ja havaintoihin. Erityistieteiksi lasketaan kaikki muut tieteet paitsi hiukkasfysiikka, joka perustuu perusvuorovaikutuksiin, missä on selvästi rajatut lainalaisuudet. Kemiaa pidetään erityistieteenä, sillä sitä ei voida palauttaa suoraan fysiikkaan. (Scerri ja McIntyre, 1997)

### **2.2. Oppimisteoriat**

Opetuksen tutkimus ja kehitys pohjautuvat siihen, millaisena oppijana ihminen nähdään. Nykyään on vallalla konstruktivistinen oppimiskäsitys, jossa ihminen nähdään aktiivisena tiedon käsittelijänä ja rakentajana tiedon vastaanottajan sijaan. Tällöin oppimiseen vaikuttavat myös koulun ulkopuolella tapahtuvat kokemukset ja oppiminen. (Schwartz, 2006; Opetushallitus, 2014) Seuraavissa luvuissa esitetään kemian kokeellisen työskentelyn kannalta keskeisiä teorioita, joilla oppimista kuvataan. Bloomin uudistettu taksonomia ryhmittelee tiedon sen tyyppin ja käsittelyn tason mukaan (Krathwohl, 2002). Tiedonkäsittelymalli kuvaa prosessia, jolla ihminen käsittelee tietoa ja kolmitasomalli esittää teorian kemian oppimisen haasteista tiedonkäsittelymalliin ja kemian luonteeseen perustuen (Johnstone, 2010). Kontekstisidonnaisen oppimisen luvuissa puolestaan esitetään kaksi tapaa opettaa kemiaa: tikapuumalli, joka rakentaa ymmärrystä kemiasta käsitteiden järjestelmällisen oppimisen varaan ja hämähäkinseittimalli, joka liittää kemian käsitteet kontekstiin eli yhteiskuntaan ja ympäristöön, jossa oppiminen tapahtuu (Schwartz, 2006).

### **2.2.1. Bloomin uudistettu taksonomia**

Vuonna 1956 julkaistiin Bloomin taksonomiana tunnettu opetuksen tavoitteiden luokittelu. Sen perimmäinen tehtävä on ryhmitellä opetuksen sisällöt ja tavoitteet. Vuonna 2001 luokittelu uudistettiin. Uudistettuun Bloomin taksonomiaan on viitattu tuhansia kertoja, joten sen voi ajatella olevan yleisesti tunnettu opetuksen alalla. Bloom piti jaottelua soveltuvana arviointityökaluna sekä yksilön oppimisen arviointiin kurssilla että kokonaisten kurssien tavoitteiden arviointiin osana koulutusohjelman tavoitteita. Siitä toivottiin myös yleisesti tunnettua pohjaa, joka sujuvoittaa koulutuksesta keskustelemista. (Krathwohl, 2002)

Luokittelu jaetaan kahteen ulottuvuuteen, jotka muodostavat kaksiulotteisen taulukon (Taulukko 1). Taulukosta löytyy jaottelun mukainen ruutu jokaiselle oppimisen tavoitteelle. Taulukon pystyakselilta löytyy tiedon tyyppi ja vaaka-akselilta tiedon käsittelyn taso. Tiedon tyyppi on jaettu neljään luokkaan: tosiasiallinen tieto, käsitteellinen tieto, tieto menettelytavasta ja metakognitiivinen tieto. Tiedon käsittelyn taso eli kognitiivisen käsittelyn taso on jaettu kuuteen hierarkkisesti rakentuvaan luokkaan. Luokat ovat muistaminen, ymmärtäminen, soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja luominen. (Krathwohl, 2002)



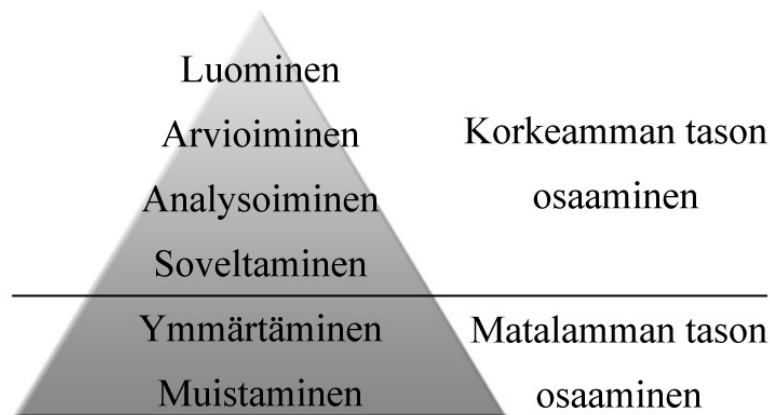
Taulukko 1. Bloomin uudistetun taksonomian mukainen tiedon jaottelu (Krathwohl, 2002)

Tiedon käsittelyn taso Tiedon tyyppi	Muistaminen	Ymmärtäminen	Soveltaminen	Analysoiminen	Arvioiminen	Luominen
Tosiassiallinen tieto						
Käsitteellinen tieto						
Tieto menettelytavasta						
Metakognitiivinen tieto						

Tiedon tyypeistä tosiassialliseen tietoon kuuluvat terminologia ja tieteenalalle ominaiset yksityiskohdat ja osat. Käsitteelliseen tietoon kuuluvat luokittelu, perusoletukset, yleistyksset, teorit, mallit ja rakenteet. Menettelytapaan kuuluvat tieteenalalle tyypilliset taidot ja säännöt, tekniikat ja menetelmät sekä sopivan menettelytavan määrittämisen kriteerit. Metakognitiivinen tieto sisältää strategisen tiedon, itsetuntemuksen ja tiedon kognitiivisista tehtävistä, mukaan lukien asianmukainen kontekstuaalinen ja ehdollinen tieto. (Krathwohl, 2002) Kemiassa tosiassialliseen tietoon sisältyvät esimerkiksi kemialliset kaavat ja määritelmät atomista tai kemiallisesta reaktiosta. Käsitteelliseen tietoon kuuluvat esimerkiksi jaksollinen järjestelmä, atomiteoria ja kemiallisten reaktioiden idea. Menettelytapaan kuuluvat esimerkiksi kokeellisen työskentelyn taidot ja taidot toimia tietokoneavusteisissa ympäristöissä. Metakognitiiviseen tietoon kuuluvat esimerkiksi ymmärrys kokeellisen työn menettelytavasta ja ymmärrys omista vahvuuksista ja heikkouksista kemian osaamisessa. (Aksela, 2005)

Tiedon käsittelyn tasot jaetaan edelleen alaluokkiin. Muistaminen tarkoittaa kykyä tunnistaa ja palauttaa mieleen tietoa. Ymmärtämiseen kuuluvat tulkitseminen, esimerkin esittäminen, luokitteleminen, tiivistäminen, päättelyminen, vertaileminen ja selittäminen. Soveltaminen jaetaan kahdenlaiseen suorittamiseen. Mekaaninen suorittaminen kuvaa opetetun menettelytavan käyttämistä tehtävään. Soveltava suorittaminen kuvaa tilannetta, jossa mekaanisen suorittamisen lisäksi valitaan sopiva menettelytapa tai muokataan se sopivaksi. Analysoiminen sisältää annetun tiedon erottelun, järjestelyn ja määrittelyn. Arvioiminen kuvaa tarkistamista ja arvioimista annettujen kriteerien pohjalta. Luominen kuvaa kykyä tehdä yleistyksiä, järjestellä tietoa ja tuottaa jotakin yhdistämällä tiedon osat kokonaisuudeksi. Luokat noudattavat keskimäärin hierarkkista järjestystä (kuva 1), mutta ne menevät myös osittain päällekkäin. Esimerkiksi ymmärtäminen voi vaatia mekaanista suorittamista

monimutkaisempaa tiedon käsittelyä. (Krathwohl, 2002) Luokat voidaan jakaa vielä matalamman ja korkeamman ajattelun tasoihin. Muistaminen ja ymmärtäminen ovat matalamman tason ajattelun taitoja ja soveltaminen, analysoiminen, arvioiminen ja luominen puolestaan korkeamman tason taitoja. (Aksela, 2005) Yleensä opetuksen tavoitteena ovat tasot ymmärtämisestä luomiseen (Krathwohl, 2002).



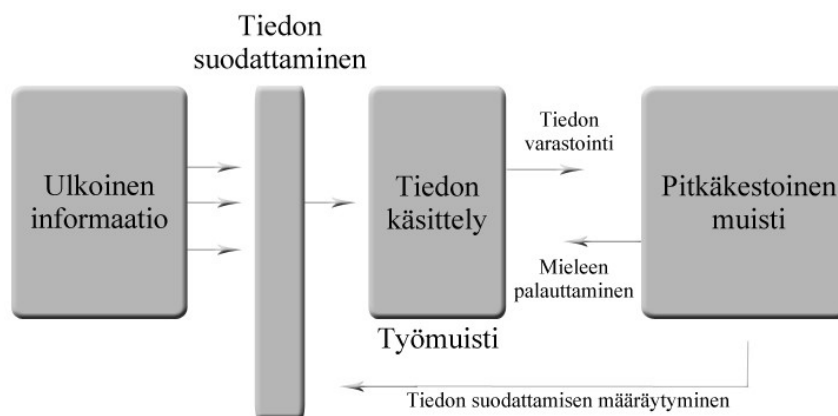
Kuva 1. Bloomin uudistetun taksonomian tiedon käsittelyn tasot. (Krathwohl, 2002; Aksela, 2005)

Kemiassa muistaminen kuvaa kykyä palauttaa mieleen pitkäaikaisesta muistista kemiassa oleellista tosiasiallista, käsitteellistä, menetelmällistä tai metakognitiivista tietoa. Ymmärtäminen voi tarkoittaa kykyä tulkita taulukossa olevaa tietoa kirjallisesti, esittää esimerkki liittyen tiettyyn kemian käsitteeseen, luokitella tietty kemiallinen reaktio esimerkiksi eksotermiseksi, esittää yleinen väittämä tai päätellä kaava sarjasta kemian esimerkkejä, verrata kahdesta kuvaajasta saatuja tietoja sekä selittää kemiallinen tapahtuma syiden ja seurausten avulla. Soveltaminen on tiiviisti yhteydessä menettelytavan tietoon ja jaetaan mekaaniseen tuttuun tapausten suorittamiseen esimerkin tai kaavan avulla sekä menettelytavan valintaan ja toteuttamiseen uuden tapauksen suorittamiseksi. Esimerkiksi tietokoneavusteisessa tutkimuksessa oppilaat soveltavat tieteellistä menetelmää tarvitsematta taitoa tosiasiallisesti toteuttaa kyseistä menetelmää. Analysoiminen tarkoittaa kemiassa esimerkiksi kykyä määrittää kuvaajasta merkittävä tieto, järjestellä tieto ja perustella tiedon tarkoitus ja merkitys. Arvioimista tarvitaan kemiassa esimerkiksi tutkimustulosten arvioimisessa, kun halutaan selvittää todistaako tutkimustulos hypoteesin oikeaksi tai vääräksi. Ajattelun taidosta korkeinta, luomista, voi käyttää kemiassa yhdessä sovitun mallin rakentamisessa kemialliseen ilmiöön. (Aksela, 2005)

## 2.2.2. Tiedonkäsittelymalli ja kolmitasomalli

Kemian opettamisen tutkimuksessa on oleellista ymmärtää, millä tavalla oppilaat oppivat kemiaa. Johnstone (2010) pohti, minkä vuoksi edelleen samat kemian sisällöt ovat vaikeita kuin 1970-luvulla. Hän selittää asiaa sen avulla, mitä tiedetään oppimisesta psykologisena ilmiönä. Ensinnäkin oppimiseen vaikuttavat yksilön aikaisemmat tiedot ja kiinnostus, jotka luovat oppimiselle suodattimen. Toisekseen oppimiseen vaikuttaa työmuistin rajallisuus. Kumpikin näistä vaikuttavat siihen, minkä takia kemian kursseilla on oppilaita, jotka eivät ole kiinnostuneita kemiasta ja uskovat, että he eivät voi oppia sitä. (Johnstone, 2010)

Tiedonkäsittelymalli kuvaa sitä, millä tavalla yksilö suodattaa ympäriltä tulevaa tietoa. Malli on esitetty kuvassa 2. Se mitä tietää tai luulee tietävänsä ja ymmärtävänsä, kiinnostus, ennakkoletukset ja uskomukset yhdessä vaikuttavat siihen, miten yksilö käsittelee uutta tietoa. Nämä vaikuttavat siihen, mitä ympäriltä ylipäätään havainnoidaan ja siihen, mitä havainnoitua tietoa käsitellään ja varastoidaan. Havainnot yhdistetään aikaisemmin opittuun tietoon ja uuden ja vanhan tiedon välille luodaan yhteyksiä, jolloin niitä voidaan soveltaa ja ne voidaan palauttaa mieleen helposti. Jos yhteyksiä ei tehdä, tieto on irrallista ja katoaa helposti. Malli kuvaa konstruktivistista oppimiskäsitystä. Tiedon käsittelyyn ja varastointiin liittyy oleellisesti myös työmuistin rajallisuus. (Johnstone, 2010)



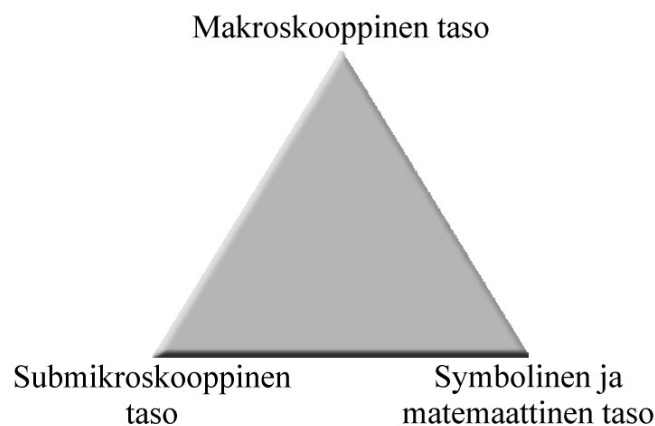
Kuva 2. Tiedonkäsittelymalli, jossa kuvataan, miten yksilön tiedon suodattaminen ja työmuisti vaikuttavat oppimiseen. (Johnstone, 2010)

Työmuistin rajallisuus tarkoittaa sitä, että oppija voi tietoisesti käsitellä tai säilyttää lyhytaikaisesti rajallisesti tietoa. Jos väliaikaista tietoa täytyy säilyttää paljon, ei tilaa jää tiedon käsittelylle. Vastaavasti tietoa käsiteltäessä työmuistiin ei mahdu paljon tietoa. Työmuistiin palautetaan vanhaa tietoa ja siinä luodaan yhteyksiä opittuun tietoon. Jos uudella tiedolla ei ole

tarttumapintaa pitkäaikaiseen muistiin varastoituun tietoon, ei yhteyksiä synny. Yhteydet voivat myös olla vääriä, mikä aiheuttaa virhekäsitysten muodostumiseen. Työmuisti saavuttaa huipputasoon 16 ikävuodessa, minkä jälkeen sitä voi vain oppia käyttämään tehokkaammin sellaisissa aiheissa, jotka meitä kiinnostavat ja joista meillä on kokemusta. Yleisesti voidaan ajatella, että työmuistiin mahtuu  $5 \pm 2$  asiaa. Työmuistin ja monivaiheisen syy-seuraussuhteiden välillä on suora yhteys. (Johnstone, 2010)

Johnstone (2010) havaitsi, että ne aiheet, joissa oppilailla on eniten ongelmia, kuormittavat eniten työmuistia. Työmuistin ylikuormittumisen pohjimmainen syy on kemian luonteessa itsessään ja siinä, miten kemiaa tarkastellaan. Hän loi kemian oppimiselle yksinkertaistetun mallin, joka selittää kemian oppimisen haastavuutta työmuistin rajallisuuden avulla. Mallin avulla on mahdollista poistaa oppimisen esteitä työmuistin kuormaa hellittämällä. Malli on yksinkertaistus, mutta sen hyödyntäminen luo hyvän periaatteen käytännön opetukseen. (Johnstone, 2010)

Mallissa on kolme osaa, makroskooppinen, käsinkosketeltava ja havaittava taso; submikroskooppinen eli molekulaarinen ja näkymätön taso; symbolinen ja matemaattinen taso (kuva 3). Näillä kolmella tavalla katsomme ja esitämme kemiaa ja kemiallisia muutoksia. Kolmitasomallissa ei ole hierarkiaa vaan se on kolmion muotoinen. (Johnstone, 2010)



Kuva 3. Johnstonen kolmitasomalli. (Johnstone, 2010)

Kemian tunnilla opettaja saattaa säntäillä kolmiossa kulmasta kulmaan, jopa saman lauseen aikana esitellessään makrotasolla havaittavaa ainetta ja kertomalla mitä se on sekä molekyyllitasolla että symbolisella tasolla. Ei ole mitään varmuutta, että oppilaat pysyvät selostuksen aikana mukana. Monimutkaisemmissa demonstraatioissa tietoa tulee helposti paljon lisääkin, mikä ylikuormittaa työmuistia. Opettajalle voi olla helppoa siirtyä sujuvasti

kolmion kulmasta toiseen, mutta oppilaalle se ei ole yhtä helppoa. Oppilaille vaikeissa kemian opetuksen sisällöissä on tyypillistä toimia kolmitasomallin kaikilla tasoilla, mistä syystä kolmitasomalli on hyödyllinen apuväline työmuistin kuorman arvioimisessa. (Johnstone, 2010)

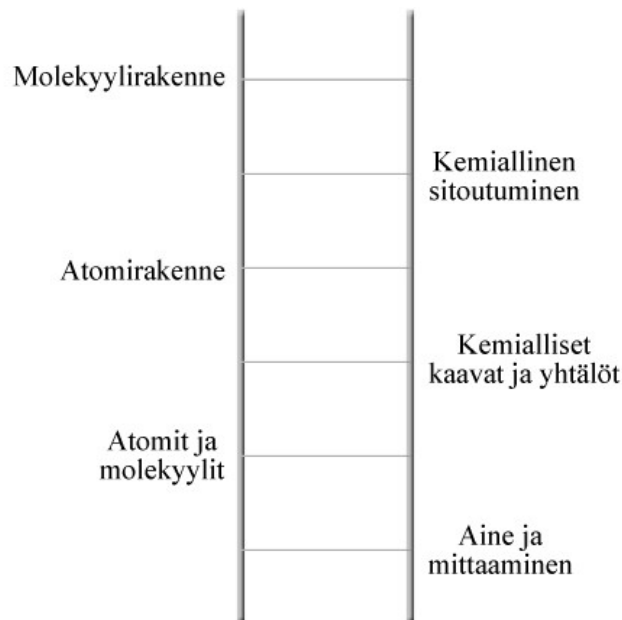
Malli esittää, että kemian opiskelu pitäisi aloittaa sieltä missä oppilaat ovat, heidän kiinnostuksensa ja kokemuksensa tasolta ja ohjata heidät löytämään uusia havaintoja tuttujen seasta. Jos pitkäaikaisesta muistista löytyy jo useita yhtymäkohtia opetettaviin asioihin, tiedon suodattimet ovat valmiina. Työmuistin rajallisuuskaan ei ole ongelma, jos käsitellään vain sellaisia aineita, joista suurin osa on oppilaalle tuttuja. Kolmitasomallia voi hyödyntää kulkemalla sen sivuja pitkin rakentaakseen ymmärrystä tutun ja havaittavissa olevan makroskooppisen tason sekä molekyyilejä kuvaavan submikroskooppisen tason välillä. Tällöin työmuisti ei ylikuormitu ja oppilaat kehittävät kemiallista ymmärrystään pärjätäkseen paremmin symbolisella ja matemaattisella tasolla. Tätä lähestymistapaa on hyödynnetty esimerkiksi kontekstisidonnaisen opetuksen kehittämisessä. (Johnstone, 2010)

### **2.2.3. Kontekstisidonnainen oppiminen**

Yhdysvaltojen koulujärjestelmässä alettiin painottamaan luonnontieteiden ja teknologian osaamista 1900-luvun puolivälissä. Tällöin kehitettiin uudet opetussuunnitelmat, joissa kemian ymmärrystä rakennettiin tikapuiden kaltaisesti kasaamalla uutta tietoa jo opitun päälle. (Schwartz, 2006) Uusien opetussuunnitelmien esittämää opetusmenetelmää alettiin soveltamaan ympäri maailmaa (Johnstone, 2010). Schwartzin (2006) mukaan opetusmenetelmästä hyötyivät ne, jotka suunnittelivat uraa luonnontieteiden parissa, mutta se ei palvellut muille aloille pyrkiviä oppilaita, joiden ymmärrys ja kiinnostus luonnontieteistä pysyivät matalina. Tätä haastetta pyrittiin ratkaisemaan kontekstisidonnaisen opetusmenetelmän kehittämisellä ensin yläkouluun ja lukioon, sekä tämän jälkeen myös yliopiston kemian johdatuskursseille. Kontekstisidonnaisessa opetuksessa tarkastellaan yhteiskunnallisesti merkittävää ilmiötä, jonka selvittämiseksi tarvitaan kemian käsitteellistä osaamista. Tällöin oppiminen muodostaa verkon, jossa eri käsitteet ja ilmiöt yhdistyvät toisiinsa ja ilmiöön. (Schwartz, 2006) Kontekstisidonnaista oppimista hyödynnetään myös Suomen peruskoulun opetuksessa.

Tikapuumallissa opetuksen rakenne etenee suoraviivaisesti ja loogisesti toistensa päälle rakentuvista tieteellisistä käsitteistä. Tikapuumalli on esitetty kuvassa 4. Suurin osa

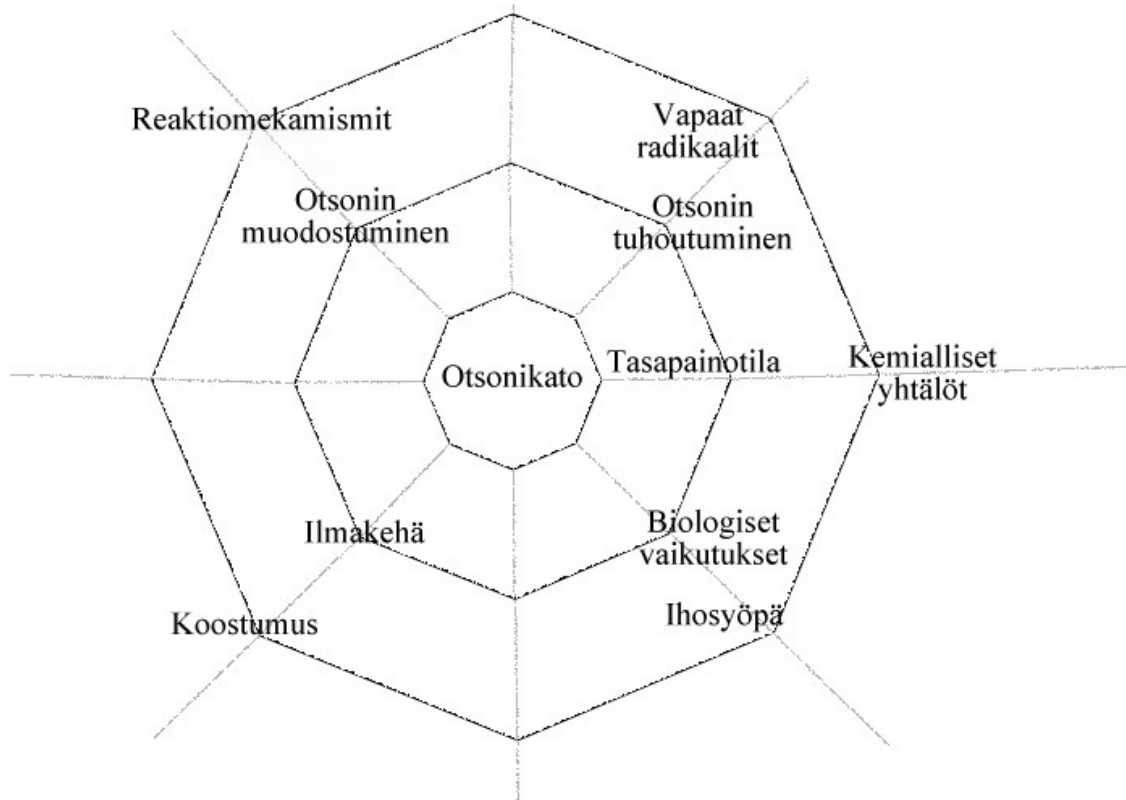
tieteelliselle uralle hakeutuvista on nauttinut tikapuiden kiipeämisestä ja kiipeämällä avautuvasta ylevästä näköalasta. Tikapuumallissa kuitenkin usein suojellaan luonnontieteen epävalmiuden luomalta epätäsmällisyydeltä, minkä ymmärtäminen on tärkeää luonnontieteilijöille ja on osa sen kauneutta ja kiehtovuutta. Tikapuumallia käytetään edelleen luonnontieteiden opiskelijoiden kursseilla, sillä sen avulla saadaan opetettua tehokkaasti mahdollisimman suuri määrä kemian käsitteitä ja periaatteita. Moni, varsinkin humanistisista tai yhteiskuntatieteistä ensisijaisesti kiinnostunut, ei kuitenkaan näe yhteyttä askelmien välissä tai ymmärrä, miksi niitä ylipäätään täytyisi kiivetä. Kiipeäminen aiheuttaa huimausta ja lopulta hyppäämistä tai putoamista alas, mikä ajaa heidät välttämään luonnontieteitä. Siksi kontekstisidonnainen opetus voi olla tehokasta yläkoulussa ja lukiossa sekä yliopistossa niille opiskelijoille, jotka eivät tule työskentelemään luonnontieteiden parissa. (Schwartz, 2006)



Kuva 4. Kemian käsitteiden opettamisen tikapuumalli. (Schwartz, 2006)

Hämähäkinverkkomaisessa opetuksen rakenteessa keskitytään johonkin yhteiskunnallisesti ajankohtaiseen aiheeseen, jonka tutkimisessa opitaan uutta ja hyödynnetään olemassa olevia tietoja ja taitoja. Se rakentaa tieteellistä lukutaitoa ja kemian yleistä ymmärrystä. Luonnontieteiden ja sosiaalisten tieteiden välille muodostetaan syvä yhteys ja kemian käsitteistä opetetaan vain aiheeseen olennaiset osat. Hämähäkinverkkomalli on esitetty kuvassa 5. Myös hämähäkinverkossa on luonnontieteelle tyypillistä suoraviivaisesti etenevää ja toistensa päälle kasautuvaa tietoa, mutta ne jaksotetaan siten, että ne yhdistyvät aina sosiaaliseen kontekstiin. Kemialliset käsitteet esitellään, käsitellään yksityiskohtaisesti ja vahvistetaan ympäri kirjaa ymmärryksen rakentamiseksi. Koska mitään käsitettä ei esitetä

ilman käytännön tarvetta, täytyy opetettavat aihepiirit rakentaa järjestykseen, jossa myös kemian käsitteistä kasautuva tieto rakennetaan opetuksessa loogisesti. Menetelmän tavoitteena on parempi tieto kemian ilmiöistä, teorioista, tutkimusmenetelmistä ja periaatteista sekä käytännön sovelluksista ja seurauksista. (Schwartz, 2006)



Kuva 5. Erään yhteiskunnallisesti merkittävään ilmiöön liittyvien kemian käsitteiden opettamisen hämähäkinverkkomalli. (Schwartz, 2006)

Kontekstisidonnaisella opetuksella on havaittu positiivinen vaikutus opiskelijoiden asenteeseen kemiaa kohtaan. Mitä pidemmällä opinnoissa edennyt opiskelija oli, sitä suurempi positiivinen vaikutus oli. Tämä voi johtua siitä, että opiskelijat ovat jo kehittäneet kykyä tieteelliseen keskusteluun ja voivat hyödyntää oman pääaineen kautta kertynyttä ymmärrystä. Asenteen kemiaa kohtaan tulisikin kehittyä osaamisen mukana. On kuitenkin haastavaa arvioida osaamisen kehittymistä verrattuna perinteiseen opetukseen, sillä opetustavoitteet poikkeavat merkittävästi toisistaan. Siinä, missä perinteisellä kurssilla arvioidaan suoriutumista kemian faktatietoihin ja mekaaniseen laskemiseen pohjautuvien tehtävien kautta, kontekstisidonnaisessa oppimisessa odotetaan opiskelijoiden osaavan soveltaa kemiaa yhteiskunnallisiin aiheisiin arvioimalla väitteiden todenperäisyyttä, määrittämällä syy-seuraussuhteita, analysoimalla riskejä ja etuja sekä perustelemalla väitteitä poliittisista aiheista. Esimerkiksi faktavirheitä ja harhaanjohtavia väitteitä sisältävien mainosten ja uutisartikkelien

tieteellisen tarkkuuden ja loppupäätelmien uskottavuuden arvioiminen sopii kontekstisidonnaisen osaamisen testaamiseksi. (Schwartz, 2006)

### 2.3. Oppimisen arviointi

Arviointi voidaan jakaa Jakku-Sihvosen (2013) mukaan neljään luokkaan: summatiiviseen ja prognostiseen arviointiin sekä formatiiviseen ja diagnostiseen arviointiin. Jokainen arviointimenetelmä on erilainen luonteeltaan ja tarkoitukseltaan. Summatiivinen arviointi mittaa koko koulutuksen tai sen tietyn osa-alueen osaamista. Sitä käytetään koulutuksen kehittämiseen, vertailuun ja valvontaan. Tällaisia ovat esimerkiksi opetussuunnitelman mukaiset tehtäväsarjat, kansalliset ja kansainväliset kokeet. Prognostisen arvioinnin tehtävänä on ennustaa opiskelijan edellytyksiä seuraavan asteen opintoihin tai työelämään. Siinä arvioidaan jo saavutettua osaamista, jolla odotetaan olevan merkitystä tulevissa opinnoissa tai työssä. (Jakku-Sihvonen, 2013)

Esimerkiksi ylioppilaskokeita (Jakku-Sihvonen, 2013) ja perusopetuksen päättöarviointia käytetään prognostisena arviointina, sillä niiden tuloksilla haetaan jatko-opiskelupaikkaa. Formattiivista arviointia käytetään ohjaavana arviointina. Se tarkoittaa, että oppimisen edistymistä tuetaan säännöllisellä palautteella. Yksilöllisen palautteen on todettu edistävän oppimista perinteisiä tasotestejä tehokkaammin. Diagnostista arviointia käytetään erityisesti oppimisvaikeuksista johtuvien osaamisen aukkojen löytämisessä ja kyseisellä hetkellä olevien tietojen ja taitojen testaamisessa. Testin tulosten perusteella henkilökohtaisessa opetussuunnitelmassa huomioidaan erityisesti niiden tietojen oppiminen, joissa on ollut vaikeuksia. (Jakku-Sihvonen, 2013)

Arvioinnissa voidaan käyttää useita tehtävätyyppejä, jotka voidaan jakaa valintatehtäviin ja avovastauksiin. Valintatehtäviä ovat esimerkiksi monivalintatehtävät, yhdistely- ja täydennystehtävät. Monivalintatehtäviä, joissa on vähintään neljä vastausvaihtoehtoa, voidaan pitää luotettavana arviointitapana, sillä arvaamisen vaikutus jää siinä tarpeeksi pieneksi. Avovastauksissa on erityisen tärkeää laatia suoritusohjeet ja pisteytysohjeet huolellisesti yhteneviksi. Tehtävissä on käytävä selvästi ilmi, mitä osaamisen osoittamiseen vaaditaan. Tehtävät voivat olla eri vaikeustason tehtäviä, jolloin esimerkiksi Bloomin taksonomiaa voi hyödyntää jaottelussa. Validi koe antaa tuloksia niistä asioista, joita sen on tarkoitettu mittaavan ja sen tulee soveltua siihen tarkoitukseen, jossa sitä käytetään. (Jakku-Sihvonen, 2013)



Arviointi jaetaan usein Keurulaisen (2013) mukaan neljän luokan sijaan formatiiviseen ja summatiiviseen arviointiin. Nämä erotetaan sillä, missä vaiheessa oppimista arviointi tapahtuu. Formatiiivinen arviointi tapahtuu oppimisprosessin aikana ja on luonteeltaan kehittävä, kun taas summatiivinen arviointi tapahtuu oppimisen päätteeksi ja on luonteeltaan toteavaa. Arviointia voi suorittaa opettaja, oppija itse tai oppija vertaiselleen. Formatiiivinen arviointi pohjautuu konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jossa arvioinnilla nähdään merkitys oppimisprosessin aikana aktiivisena ja jatkuvana toimintana. Arviointi voi olla vertailevaa, kontrolloivaa tai ohjaavaa. Vertaileva arviointi on normatiivista ja toteavaa, jolloin oppijoiden tuloksia verrataan vain toisiinsa, tehtävät ja olosuhteet ovat arviointiin osallistuville samanlaiset, laadullinen osaaminen muutetaan määrälliseksi, jotta myös se voidaan mitata, arviointi on objektiivista ja luotettavaa eli pysyvää ja yhtenevää. (Keurulainen, 2013)

Kriteeriperustainen arviointi on puolestaan kontrolloivaa ja toteavaa, jolloin oppimista verrataan ennalta annettuun tasoon. Kriteeriperustainen arviointi voi olla määrällisen (kvantitatiivinen) lisäksi laadullista (kvalitatiivinen). Määrällinen kriteeriperustainen arviointi noudattaa normatiivisen arvioinnin perusteita muilta osin, mutta toisiinsa vertaamisen sijaan oppimista verrataan ennalta määriteltyyn tasoon. (Keurulainen, 2013)

Laadullinen kriteeriperustainen arviointi pohjautuu Keurulaisen (2013) mukaan laadulliseen kriteeristöön, esimerkiksi Bloomin uudistetun taksonomian mukaisesti kuuteen eri oppimisen tasoon. Suomen kansallisissa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) on esitetty laadulliset oppimisen kriteerit, joilla saavutetaan arvosanaksi kahdeksan asetettu hyvä osaamisen taso. Siinä määrällisestä arvioinnista poiketen pyritään luomaan samanlaisten tehtävien ja olosuhteiden sijaan opetettavan asian kannalta mahdollisimman tarkoituksenmukaiset arviointikriteerit (Opetushallitus, 2014). Kontekstuaalisuuden periaatteeseen kuuluu Keurulaisen (2013) mukaan yhdenvertaisuuteen pyrkiminen olosuhteisiin vaikuttamalla ja mahdollisesti opiskelijoita eri tavalla kohtelemalla, huomioimalla heidän erityispiirteensä. Schein (1999) esittää, että laadullisissa arviointimenetelmissä arvioinnin tekijä joutuu tulkitsemaan vastausta kriteereihin, sillä vastauksen pisteytys ei tee sitä automaattisesti. Arvioija ei käytä arviointivälinettä, joten arviointi on enemmän subjektiivista. Laadulliset arviointimenetelmät ovat usein avoimia ja ne sallivat monta oikeaa vastausta tai päättelyketjua. Esimerkiksi havainnointi, itse- ja vertaisarviointi sekä portfolio ovat laadullisia arviointimenetelmiä. Tällöin arviointi noudattaa vaiheita, joissa havainnoinnin jälkeen tulee ensin tunneperäinen reaktio ennen rationaalista käsittelyä. Ketju päättyy palautteen antoon tai muuhun päätöksen mukaiseen toimintaan. Ketjussa subjektiivisuutta voi luoda väärä havainto,

aikaisempiin kokemuksiin pohjautuva tunnereaktio, jolloin harkinta tai palautekin voi olla virheellistä. (Schein, 1999) Keurulaisen mukaan laadullisen arvioinnin laadun varmistamiseksi arvioijalla tulisikin olla kyky tehdä johdonmukaisesti samanlaisia tulkintoja sekä itsensä että muiden arvioijien kanssa. Myös arviointiaineiston on oltava laadukasta, mikä tarkoittaa hyvin laadittuja koetehtäviä. Tässä siis korostuu painotus siihen, että tehtävillä tulee todella arvioida oikeaa asiaa. (Keurulainen, 2013)

Kriteeriperustainen arviointi on summatiivista, mutta sitä voidaan hyödyntää myös osana formatiivista arviointia. Tällöin arvioija palaa arviointiaineistoon ja huomioi osaamisen tulevassa ohjauksessa ja tehtävissä opetusta yksilöiden ja oppimista tukien. Summatiivinen arviointi voi toimia formatiivisena arviointina siten, että oppilaat itse vaikuttavat arvioinnin painotuksiin tai tuottavat arviointitehtäviä. Tällöin tämä tehtävä ohjaa pohtimaan omaa osaamistaan ja aihepiiriä kokonaisuudessaan. Arviointikriteerien tuntemisen on huomattu edistävän oppimista ja tätä voidaan kehittää myös itse- ja vertaisarvioinnin avulla. (Keurulainen, 2013)

### **3. Kemian kokeelliset opetusmenetelmät**

#### **3.1. Määritelmä ja tavoitteet**

Kokeellisille opetusmenetelmille on käytössä monia eri määritelmiä ja tarkkarajainen määrittely on monissa tilanteissa vaikeaa. Suppeimmillaan kokeellisuus voidaan rajata koskemaan oppilastöitä, joissa mallinnetaan tiettyä kemian ilmiötä konkreettisen tutkimuksen avulla. Laajemmassa määrittelyssä demonstraatiot, joissa yleensä opettaja toteuttaa kokeen, jolla havainnoi ilmiötä, lasketaan myös kokeelliseksi opetusmenetelmäksi (Hubbart, 2017; Lampiselkä, 2003). Joissakin tutkimuksissa myös tietokoneen välityksellä tehtävät virtuaalilaboratoriot tehtävät mielletään kokeelliseksi työskentelyksi (Herga ym., 2016). Se, miten kokeellisuus määritellään, vaikuttaa myös siihen, mitä tavoitteita kokeellisella työskentelyllä on (Price ja Felder 2007). Kokeellisen opetuksen menetelmien määritelmät myös menevät jonkin verran päällekkäin.

Kokeellisille opetusmenetelmille on tyypillistä kokeellisen tutkimuksen eri vaiheet, joissa pyritään havainnoimaan ilmiöitä tai tapahtumia tai todistamaan kerrotun luonnontieteen ilmiön

mallin toimintaa. Kokeelliset opetusmenetelmät kuitenkin poikkeavat luonnontieteen tutkimuksesta. (Domin, 1999) Yleisimpinä tavoitteina kokeelliselle työskentelylle pidetään sitä, että opitaan kemian tutkimusmenetelmien ja laitteiden käyttöä, teorian ja käytännön yhdistämistä, kemian käsitteiden ymmärtämisen vahvistamista, virhekäsitysten korjaamista sekä kemian ja luonnontieteiden mielekkyyden lisäämistä (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020). Muita tavoitteita kokeelliselle työskentelylle ovat esimerkiksi ryhmätyöskentelytaitojen oppiminen ja ongelmanratkaisukyky (Price ja Felder 2007). Alaluvuissa esitetyillä eri kokeellisen työskentelyn menetelmillä on pääosin samoja tavoitteita, mutta niitä painotetaan eri tavalla.

### 3.2. Kokeellisen työskentelyn toimintatapoja

Kokeellisen työskentelyn menetelmät voidaan jakaa Dominin (1999) mukaan neljään kategoriaan. Nämä kategoriat ovat todentava (*expository*), keksintöperustainen (*discovery*), tutkimusperustainen (*inquiry*) ja ongelma- perustainen (*problem-based*) oppiminen. Opetusmenetelmän määräytyminen tiettyyn kategoriaan pohjautuu lopputulokseen, lähestymistapaan ja toimintatapaan. (Domin, 1999)

Kokeellisen työn odotettu lopputulos voi olla opettajan ja oppilaiden, vain opettajan, tai ei kenenkään tiedossa. Jos opettaja tietää lopputuloksen, on hänen helpompaa johdatella oppilaita kohti oikeaa tulosta. Jos opettajakaan ei tiedä lopputulosta, vastaa tutkimus enemmän tieteellistä tutkimusta, jossa lopputulos ei todella ole tiedossa. (Domin, 1999)

Lähestymistapa kokeelliseen työskentelyyn voi olla induktiivinen tai deduktiivinen. Induktiivisessa lähestymistavassa yksittäisestä tarkasteltavasta ilmiöstä johdetaan jokin yleinen periaate. Tällöin kokeellinen työskentely suoritetaan ennen teoreettisen viitekehyksen esittelyä. Deduktiivisessa lähestymistavassa yleisestä periaatteesta päätellään yksittäisen ilmiön lopputulos. Teoria opetetaan siis ennen kokeellista työskentelyä. (Domin, 1999)

Toimintatapa kuvaa sitä, kuinka ohjattua kokeellinen työskentely on. Työ voi olla hyvin ohjattua siten, että oppilaiden tehtävänä on noudattaa tarkasti työohjetta. Tällöin toimintatapa on valmiiksi annettu oppilaille. Yleensä suullisessa tai kirjallisessa ohjeessa myös tuetaan toivottujen havaintojen löytämisessä ja johdatellaan pohdintakysymysten avulla löytämään yhteyksiä havaintojen ja teorian välille. Ohjatun työn sijaan kokeellisen työskentelyn

toimintatapa voi olla oppilaslähtöistä. Oppilaslähtöisessä toimintatavassa oppilaat itse tuottavat toteuttamansa työskentelysuunnitelman. Tällöin kyseessä on avoin tutkimus ja siinä korostuvat tutkimukselle tyypilliset piirteet, kuten tutkimuksen suunnittelu ja tulosten analysointi. (Domin, 1999) Kokeellisten tutkimusmenetelmien määräytyminen on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kokeellisten työskentelymenetelmien määritelmät (Domin, 1999)

Kategoriat	Lopputulos	Lähestymistapa	Toimintatapa
Todentava oppiminen	Tiedossa	Deduktiivinen	Opettajan määräämä
Keksintöperustainen oppiminen	Opettajan tiedossa	Induktiivinen	Opettajan määräämä
Tutkimusperustainen oppiminen	Ei tiedossa	Induktiivinen	Oppilaiden tuottama
Ongelmaperustainen oppiminen	Tiedossa	Deduktiivinen	Oppilaiden tuottama

Price ja Felder (2007) puolestaan määrittelevät tutkimusperustaisen oppimisen sateenvarjokäsitteeksi, joka sisältää kaikki induktiivisten opetusmenetelmien variaatiot eli sellaiset tutkimukset, joiden suorittamiseksi tarvittavaa teoriaa ei ole esitelty syvällisesti luennolla tai kirjallisuuden avulla. Domininkin (1999) määrittelemien keksintöperustaisen ja tutkimusperustaisen oppimisen lisäksi induktiiviseksi opetusmenetelmäksi määritellään ongelmaperustainen (*problem-based*) oppiminen, projektioppiminen (*project-based*), tapausperustainen (*case-based*) oppiminen ja oikea-aikainen (*just-in-time*) oppiminen. Tehtävän laajuus voi olla oppitunnista hyvin laajaan projektiin ja kaikkia näistä opetusmenetelmistä voidaan käyttää sekä ryhmätyöskentelynä että yksilötyöskentelynä, joilla on omat etunsa ja haasteensa. Menetelmät jaetaan tehtävään vaadittavien resurssien sekä suunnittelun ja ohjauksen määrän avulla. Näiden kokeellisten tutkimusmenetelmien määräytyminen on esitetty taulukossa 3. (Price ja Felder, 2007)

Taulukko 3. Induktiiviset opetusmenetelmät (Price ja Felder, 2017)

Kategoriat	Vaaditut resurssit	Suunnittelun ja ohjauksen määrä
Keksintöperustainen oppiminen	Tehtävät	Vähäinen
Tutkimusperustainen oppiminen	Ei ole	Vähäinen
Ongelmaperustainen oppiminen	Ongelmat	Huomattavasta laajamittaiseen
Projektioppiminen	Tilat kokeellisille projekteille	Vähäisestä huomattavaan
Tapauserustainen oppiminen	Tapaukset	Vähäisestä huomattavaan
Oikea-aikainen oppiminen	Verkkopohjainen kurssijärjestelmä	Kohtuullinen

### 3.2.1. Todentava oppiminen

Todentavassa kokeellisessa työskentelyssä opettaja on ensin opettanut teorian, jota kokeellisessa työssä havainnoidaan. Tehtävänä on seurata tarkasti annettua työskentelyohjetta ja täydentää siitä saatavat tulokset. Oppilaat tietävät ohjeen perusteella mitä tehdä, millaisia havaintoja ja lopputulosta tulisi odottaa. Työhön kuluu vähän aikaa ja se vaatii vain vähän ohjausta. Se kuitenkin painottaa tulosten oikeellisuuden arviointia tutkimuksen suunnittelun ja valmistelun sijaan, jolloin oppilaat eivät keskity tarpeeksi tiedon syvään käsittelyyn ja niiden tieteellisten periaatteiden ymmärtämiseen, joita työssä sovelletaan. Tällöin teorian ja käytännön yhdistäminen voi jäädä puuttumaan ja oppilaat eivät tiedä, miksi työ tehdään tai mikä työssä on merkityksellistä. Lisäksi oppilaat voivat kokea kokeellisen työskentelyn enemmän motivoivana, mikäli he eivät tiedä sen lopputulosta. Tämä kehittää Bloomin uudistetun taksonomian mukaisesti vain matalamman oppimisen tasoja. (Domin, 1999)

### 3.2.2. Keksintöperustainen oppiminen

Keksintöperustaisessa oppimisessa kokeellinen työskentely toteutetaan ennen teorian opettamista. Oppilaat eivät siis tiedä, mitä lopputulosta tulee odottaa ja mikä teoria sen selittää. Oppilaat ohjataan tekemään tutkimus ja keräämään havaintoja, jonka jälkeen heitä ohjataan oivaltamaan tieteellinen periaate, joka selittää saadut havainnot. Menetelmä korostaa

tutkimuksen aikana opittujen kokeellisen työskentelyn taitojen lisäksi itse keksimisen luomaa motivaatiota. Sitä on kuitenkin kritisoitu siitä, että oppilaat eivät osaa kiinnittää huomiota merkityksellisiin asioihin, jos he eivät tiedä mitä odottaa. Työskentely painottaa työhönsä ymmärtämistä ja työskentelytapojen oppimista toistamalla, mikä vastaa Bloomin uudistetun taksonomian mukaisia matalamman tason ajattelun taitojen harjoittelua. (Domin, 1999)

Keksintöperustainen oppiminen on ohjaukseltaan minimaalisinta. Puhtaasti keksintöperustaisessa oppimisessa opettaja antaa palautetta vain tuotoksesta eikä ohjaa työskentelyä muuten, joten oppilaat tekevät tehtävää hyvin itsenäisesti. Enemmän käytetään ohjattua keksintöperustaista oppimista, joka luokitellaan yleensä johonkin muista tutkimusperustaisista opetusmenetelmistä. (Price ja Felder, 2017)

### **3.2.3. Tutkimusperustainen oppiminen**

Price ja Felder (2017) sekä Hofer, Abels ja Lembens (2018) määrittelevät tutkimusperustaisen oppimisen laajemmin sateenvarjokäsitteeksi, jonka alle muut induktiiviset opetusmenetelmät kuuluvat. Domin (1999) määritelmän mukaan tutkimusperustainen oppiminen on kuitenkin tarkemmin määritelty. Määritelmän mukaan oppilaille annetaan avoin tehtävänanto, jonka perusteella heidän tulee keksiä sopivat tutkimusmenetelmät tehtävänantoon vastatakseen. Tutkimuksen suunnittelun ja toteutuksen lisäksi heidän tulee analysoida tutkimuksen tulokset ja esittää johtopäätöksiä, joista saadaan johdettua opettajan avulla työhön liittyvä teoria. Koska työn lopputulos ei ole selvillä, voivat oppilaat käsitellä samaa kysymystä eri lähtökohdista ja havaita eri luonnontieteen periaatteita. Koska oppilaiden tulee itse toteuttaa tutkimus, on se luonteeltaan hyvin oppilaslähtöinen menetelmä, jossa opettajan tehtävänä on tarjota tarvittavat materiaalit ja tukea tutkimuksessa. Menetelmän ajatellaan kehittävänsä korkeamman tason ajattelun taitoja, kuten hypoteesin muodostamista, selittämistä, kriittistä ajattelukykyä, analysoimista, tulosten arvioimista, keksimistä ja perustelujen arvioimista. Siinä odotetaan suuren tietomäärän soveltamista, mikä voi osoittautua myös menetelmän haasteeksi. Painotus on tieteellisen tiedon käsitteiden ja sisältöjen sijaan tieteellisessä tutkimusprosessissa. (Domin, 1999)

### 3.2.4. Ongelmaperustainen oppiminen

Ongelmaperustaisessa oppimisessa palataan tutkimusperustaisen ja todentavan oppimisen välimalliin. Siinä teoria opetetaan ennen kokeellista työskentelyä, mutta työskentelyn toimintatapa tulee oppilaiden kehittää itse. Oppilaat siis tietävät, millaiseen tulokseen heidän tulee päästä, mutta heidän on sovellettava annettua tietoa suunnitellakseen ratkaisupolku tavoitteeseen. Tavoitteeseen voi päästä montaa eri reittiä eikä menetelmässä olekaan tarkoitus oppia ennalta määriteltyjä työskentelytapoja. Ongelmaperustaisessa oppimisessa on ymmärrettävä, mitä kokeellisessa työskentelyssä tehdään ja minkä takia. (Domin, 1999) Se suosii korkeamman tason ajattelun taitojen oppimista ja on luonteeltaan oppilaslähtöistä (Domin, 1999; Mustaffa ja Ismail, 2013).

Ongelmaperustaisessa oppimisessa tehtävä on oikeasta elämästä löytyvä ongelma, josta on luotu heikosti rajattu, avoin tehtävänanto. Oppilaiden tehtävänä on määritellä tarkasti ongelma ja selvittää, mitä tietoja ja taitoja sen ratkaisemiseksi tarvitaan. Olennaista on ymmärtää, mitä he tietävät aiheesta jo valmiiksi ja mitä osaamista he keräävät prosessissa. Opettaja ei ohjaa niinkään tehtävässä, vaan toimii asiantuntijana, joka auttaa opettamalla tai ohjaamalla sellaisiin materiaaleihin, joita oppilaat huomaavat tarvitsevänsä. Joidenkin tutkimusten mukaan perinteisellä opetusmenetelmällä saadaan parempia oppimistuloksia lyhyellä tarkasteluvälillä, mutta ongelmaperustaisessa oppimisessa opittu tieto jää muistiin pidemmäksi aikaa. (Price ja Felder, 2017). Ongelmaperustainen oppiminen edistää taitojen oppimista, kuten tietojen mieleen palauttamista ja kykyä soveltaa uutta materiaalia (Price ja Felder, 2017; Mustaffa ja Ismail, 2013), mutta ei tilastollisesti merkitsevästi edistä kokeella mitattuja sisältötavoitteita (Price ja Felder, 2017). Jotkut tutkimukset osoittavat kehittymistä ongelmanratkaisutaidoissa, käsitteellisessä ymmärtämisessä ja kyvyssä soveltaa metakognitiivisia ja päättelyä vaativia strategioita (Price ja Felder, 2017; Mustaffa ja Ismail, 2013). Menetelmä mahdollistaa myös ryhmätyöskentelytaitojen oppimisen (Mustaffa ja Ismail, 2013).

### 3.2.5. Projektioppiminen

Projektioppimisessa tavoitteena on tehtävänannon mukainen tuotos. Tuotos on yleensä kirjallinen tai suullinen raportti työn vaiheista ja tuloksista. Koska projektioppimisessa painotetaan lopputulosta enemmän kuin projektia itsessään, siinä sovelletaan yleensä paljon aikaisemmin opittuja tietoja ja taitoja. Projektioppimista ja ongelmalähtöistä oppimista

käytetään osittain myös ristiin hybridimallina. Projektioppimisen tulokset verrattuna perinteiseen opetukseen ovat hyvin samankaltaiset kuin ongelmalähtöisessä oppimisessäkin, esimerkiksi kasvu ongelmanratkaisutaidoissa, käsitteellisessä ymmärtämisessä, suhtautumisessa opiskeluun ja samankaltaiset tai paremmat tulokset sisällön osaamista mittaavissa kokeissa. Menetelmässä saattaa kuitenkin oppia perinteistä menetelmää vähemmän peruskäsitteitä. (Price ja Felder, 2017)

### **3.2.6. Tapausperustainen oppiminen**

Tapausperustainen oppimisessa oppilaat opiskelevat historiallisen tai hypoteettisen tapauksen parissa. Tapaukseen sisältyy eri skenaarioita, joihin todennäköisesti törmäisi myös aidossa tutkimuksessa. Oppilaat haastetaan tutkimaan ennakkokäsityksiä ja muokkaamaan käsityksiä oikeaksi soveltamalla jossakin määrin tuttua materiaalia. Tapausperustainen tehtävä on yleensä hyvin rajattu ja sisältää paljon käsitteellistä tietoa. Tapaustutkimus kehittää perinteistä oppimista enemmän muistia, päättelykykyä ja ongelmanratkaisukykyä sekä Bloomin taksonomian mukaisia korkeamman tason ajattelun taitoja, kykyä tehdä objektiivisia ratkaisuja, kykyä tunnistaa merkitsevät asiat, kykyä tarkkailla useista eri näkökulmista sekä ymmärrystä eettisistä seikoista. Sillä on osoitettu olevan positiivinen vaikutus opiskelijoiden asenteissa ja keskittymisessä oppitunnilla. (Price ja Felder, 2017)

### **3.3. Demonstraatiot**

Ennen oppilaslaboratorioiden kehittämistä 1800-luvulla kemian opetuksen kokeellisuus perustui pelkästään luentodemonstraatioiden esittämiseen (Hubbart, 2017). Demonstraatio on esimerkki, jolla selitetään tieteellinen käsite muulla tavoin, kuin perinteisillä visuaalisilla apuvälineillä (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012). Demonstraatiot ovat opettajakeskeisiä tilanteita, joten oppilastöitä ei lasketa demonstraatioiksi (Price ja Brooks, 2012). Demonstraatioita käytetään abstraktien tai oikeasta maailmasta irrallisten tieteellisten periaatteiden esittämiseen ja opettamiseen.

Opetusvälineiden kehittyessä niitä on aloitettu hyödyntämään myös demonstraatioiden yhteydessä; ensin demonstraatioita on heijastettu piirtoheittimellä suurelle näytölle, sittemmin aloitettiin videoitujen demonstraatioiden hyödyntäminen (Hubbard, 2017). Teknologian



kehittyessä on aloitettu myös videoitujen demonstraatioiden muokkaaminen, kuten animaatioiden lisääminen ja videoiden hidastaminen (Kestin ym., 2020). Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen (Price ja Brooks, 2012) mukaan lähes kaikki yläkoulun ja lukion opettajat käyttävät demonstraatioita vähintään joitakin kertoja lukukaudessa, osa lähes jokaisella oppitunnilla. Keskimäärin niitä käytettiin viikoittain.

Demonstraatioilla on kaksi päätavoitetta. Toinen tavoite on edistää luonnontieteiden käsitteiden ymmärtämistä (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020). Kemian demonstraatio pyrkii auttamaan oppilasta ymmärtämään käsitettä kiinnittämällä huomion juuri opittavaan kemialliseen muutokseen tai ominaisuuteen (Hubbard, 2017). Toinen tavoite on kemian kiinnostavuuden lisääminen (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020). Osa opettajista näkeekin demonstraatiot mahdollisuutena luoda elämyksiä, jotka jäävät mieleen elämän ajaksi (Price ja Brooks, 2012). Lampiselkä (2003) asettaa omassa tutkimuksessaan päätavoitteiksi oppilaan ajattelun aktivoimisen, luonnonilmiön ja sen teoreettisten perusteluiden välisen yhteyden selvittämisen sekä luonnontieteellisen ajattelutavan omaksumisen.

On yleisesti hyväksytty, että demonstraatioilla voidaan saavuttaa niille asetetut tavoitteet oppimisen ja kiinnostuksen osalta, mutta siihen vaikuttaa paljon se, millä tavalla demonstraatio toteutetaan (Hubbard, 2017). Opettajat arvioivat niistä olevan hyötyä sekä suoriutumiseen kuin motivaatioon kotitehtävissä, laboratoriotöissä, kokeissa ja kiinnostuksessa opiskella kemiaa enemmän (Price ja Brooks, 2012). Käsitteellinen ymmärrys riippuu kuitenkin siitä, tehdäänkö demonstraatiosta oikeita havaintoja. Oikeiden havaintojen saamista voi vahvistaa oikeanlaisella tehtävänannolla (Kestin ym., 2020).

Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaiseen demonstraatioon päästään lisäämällä siihen oppilaslähtöistä aktiivista tutkimista. Tällöin demonstraatioon lasketaan kuuluvaksi passiivisen tarkkailun lisäksi ennen havaintoja suoritettava pohdinta, mitä kokeessa tulee tapahtumaan ja havaintojen syiden perusteleva selitys. Arvaa-tarkkaile-selitä -mallissa oppilaita voi aktivoida lomakkeen, yhteisen tai parikeskustelun tai sähköisten vastaustyökalujen avulla. (Hubbard, 2017; Lampiselkä, 2003) Demonstraatioon voi liittää itse kokeen lisäksi opettajan selostusta, elekieltä, mallintamista ja muuta havaintoja tukevaa rekvisiittaa (Kestin ym., 2020). Jos työstä saadaan oikeita johtopäätöksiä ja johdettua oikea teoria, on demonstraatio hyvä väline virhekäsitysten korjaamiseksi (Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020).

Demonstraatioilla on kuitenkin monia heikkouksia. Ne tarvitsevat monia erityistarvikkeita ja tietynlaisia tiloja. Esimerkiksi tilan koko, ilmastointi, virran saanti ja valaistus täytyy olla tietynlainen. Niiden valmisteluun kuluu aikaa, ne voidaan yleensä toteuttaa vain kerran ja ne voivat myös epäonnistua. Epäonnistuminen voi aiheuttaa opettajalle häpeää ja siksi sen pelko lisää stressiä. Lisäksi demonstraatio voi olla vaikea nähdä suuressa salissa ja siinä voi näkyä myös paljon ydintarkoitusta häiritseviä toimintoja ja nopeita tapahtumia, jotka luovat kognitiivista kuormitusta. Demonstraatiosta saatetaan tehdä väärä johtopäätöksiä, jolloin ne johtavat virhekäsitysten muodostumiseen. (Kestin ym., 2020) Pricen ja Brooks (2012) mukaan opettajat kokevat, että demonstraatioilla on kuitenkin välillä tarkoituksenmukaista ja jopa välttämätöntä korvata oppilastoita. Oppilastoita pidetään yleensä parempana oppimisen kannalta, mutta oppilastyöt vievät demonstraatiota enemmän työskentelyaikaa ja niissä täytyy huomioida eri tavalla työturvallisuus. Oppilastoita varten tarvitaan myös määrällisesti enemmän tarvikkeita ja työskentelyyn soveltuvat tilat, minkä vuoksi demonstraatio on opettajalle usein oppilastyötä helpompi vaihtoehto. Demonstraatioita voi myös käyttää yhdessä oppilastöiden kanssa. (Price ja Brooks, 2012)

Demonstraatiot voidaan toteuttaa myös videon muodossa, missä on monia etuja verrattuna luokkahuoneessa toteutettavaan demonstraatioon. Korkealaatuisella ja hyvin suunnitellulla videolla on mahdollista vähentää oppilaan kognitiivista kuormitusta. Videota voi hidastaa, jolloin havaintojen tekemiseen jää enemmän aikaa ja ilmiön selostus pysyy tapahtumien tahdissa. Videon avulla voidaan myös minimoida ylimääräiset häiriöt, jotka vievät huomiota tai vaikeuttavat oikeiden havaintojen tekemistä. Videon voi vaivattomammin toistaa useita kertoja, jolloin tiettyä yksityiskohtaa muuttamalla saadaan tarkempia havaintoja muutoksen vaikutuksesta. Selostuksesta saa myös tarkemman ja yksinkertaisemmän lisäämällä videon grafiikkaa, jolla voidaan animoidusti esittää abstrakteja käsitteitä. Tutkimuksessa, jossa verrattiin eräitä fysiikan demonstraatioita luokkahuoneessa toteutettuna ja videomuodossa esitettynä todettiin, että videosta pidettiin yhtä paljon tai enemmän ja videon avulla oppilaat saivat todennäköisemmin oikeita havaintoja. Videomuodossa esitetyistä demonstraatioista oikeita havaintoja teki 63 % ja 88 %, kun luokkahuoneessa toteutetuista vastaavista demonstraatioista oikeita havaintoja sai 55 % ja 57 %. (Kestin ym., 2020)

### 3.4. Mikrotyöt

Oppilaslaboratorioissa on huomioitava reagenssien valinnassa se, että niiden kanssa työskentelevillä ei ole yleensä kokemusta kyseisten menetelmien ja reagenssien käyttämisestä. 1900-luvun loppupuolella mahdollisesti vaarallisten orgaanisten yhdisteiden käytön vähentämiseen keksittiin ratkaisuksi kokeelliset mikrotyöt, joissa käytetään merkittävästi pienempiä reagenssimääriä kuin perinteisissä laboratoriotöissä. Mikrotöissä huomattiin olevan turvallisuushuomioiden lisäksi monia muitakin etuja verrattuna perinteisiin opetusmenetelmiin. Kaikkia oppilastöitä ei kuitenkaan välttämättä voi muuttaa mikrotyöksi. (Zipp 1989) Mikrotöitä käytetään erityisesti orgaanisessa kemiassa, mutta myös muilla kemian aloilla (Zipp, 1989) alakoulusta yliopistoon saakka (Singh, 1999).

Mikrotöiden ajatuksena on, että tehdään samanlaisia kokeellisia töitä, kuin ennenkin, mutta skaalataan työn kokoluokka pieneksi. Tätä varten on olemassa mikrotyöhön suunniteltuja lasitavarasarjoja, minkä lisäksi jotkin työt voi suorittaa muilla välineillä, kuten pipetillä ja kennolevyllä. (Singh, 1999)

Mikrotyöt suunnitellaan siten, että niissä ei tarvitse tehdä opetuksen laadun tai analyttisen tarkkuuden osalta kompromisseja (Singh, 1999). Zipp (1989) väittää, että mikrotöissä työn onnistumiseen tarvitaan tarkkuutta, jota tuleekin opeteltua perinteisiä töitä enemmän. Onkin esitetty, että lasitavaroita rikkoutuu mikrotöissä tarkkuuden vuoksi vähemmän. Lasitavarat myös ovat kokoonsa nähden kestävämpiä ja niiden liittäminen toisiinsa on helpompaa, minkä lisäksi niiden säilytys vie vähemmän tilaa. (Zipp, 1989)

Mikrotöiksi muuttamalla saadaan jo käytetystä töistä turvallisempia, sillä haihtuvia yhdisteitä pääsee ilmaan vähemmän ja mahdollisten onnettomuuksien seuraukset ovat pienempiä. Pienemmät reagenssimäärät johtavat myös siihen, että niitä tarvitsee hankkia vähemmän ja myös jätteiden määrä vähenee. Tällöin työn taloudellinen kustannus ja ympäristökuormitus pienenevät. Jo käytettyjen töiden lisäksi näiden etujen vuoksi on mahdollista toteuttaa oppilastyönä sellaisia töitä, jotka eivät menetelmän vaarallisuuden tai resurssien vuoksi olisi mahdollisia perinteisessä koossa. Mikrotyöt ovat usein myös perinteisiä töitä nopeampia, joten ajan ja reagenssien säästymisen vuoksi niitä voi toistaa tai tehdä useampia rinnakkaisia kokeita. (Zipp, 1989)

Vihreässä kemiassa tavoitteet viedään mikrokemiaa pidemmälle. Se määritellään siten, että käytetään sellaisia kemian teknologioita ja menetelmiä, joilla voi vähentää tai estää käyttämästä tai tuottamasta ihmiselle tai ympäristölle haitallisia raaka-aineita, tuotteita, sivutuotteita, liuottimia, reagensseja ja muita kemikaaleja. Sitä käytetään enemmän teollisuuden prosesseissa, mutta sitä voi myös hyödyntää opetuksessa. Menetelmässä siis korvataan tiettyjä reagensseja tai työtapoja silloin, kun korvaamisesta ei aiheudu haittaa opetuksen tavoitteille. Lisäksi työt tehdään mikrotöinä aina, kun mahdollista. Raaka-aineiden käytön vähentämisen lisäksi reagensseja pyritään uudelleenkäyttämään ja lopulta kierrättämään. (Singh, 1999)

Mikrotöitä voi toteuttaa myös demonstraationa, jolloin työ kuvataan esimerkiksi dokumenttikameralla oppilaiden nähtäväksi. Demonstraatioksi sopivat parhaiten sellaiset työt, joissa on selvästi nähtävissä oleva muutos, esimerkiksi värinmuutos. (Zipp, 1989)

### 3.5. Keittiökemia

Keittiökemiassa kokeellisia töitä tehdään hyödyntäen kotitalouksista löytyviä tarvikkeita ja materiaaleja (Lyall ja Patti, 2010). Keittiökemia lähtee ajatuksesta, että tieteellisen tiedon ja konkreettisten havaintojen lisäksi kokeellisissa töissä saadaan yhteys myös arjen taitoihin (Yip ym., 2012).

Keittiökemia on kontekstisidonnaista kemian oppimista (Nuora ja Välisaari, 2019) ja elämässä oleellisten arjen taitojen oppimista (*life-relevant learning*) edistävä oppimisympäristö (Yip ym., 2012). Arjen taitoja kehittävässä oppimisympäristössä hyödynnetään luonnontieteitä henkilökohtaisesti merkityksellisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Keittiökemian opiskeleminen voi olla formaalia eli tavoitteellista ja osana opintojen tavoitteita tai informaalista eli arkioppimista, jossa oppimistilanne syntyy oppijan kiinnostuksen kautta. Keittiökemiassa on myös mahdollista luoda oppilaille merkityksellinen, kulttuuriin sidonnainen oppimistilanne, jossa ratkaistaan puoliavoimia tai avoimia ongelmia. (Yip ym., 2012) Keittiökemiassa kemian taitoja hyödynnetään perinteisten koulutehtävien ulkopuolisissa tilanteissa, mikä edesauttaa oppilaita soveltamaan kemian taitoja ja tietoa muissakin elämässä eteen tulevissa haasteissa (Nuora ja Välisaari, 2019).

Keittiökemiaa käytetään erityisesti peruskouluikäisten opetuksessa (Yip ym., 2012; Nuora ja Välisaari, 2019). Keittiökemiaa harkittiin Lyallin ja Pattin (2010) tutkimuksen mukaan myös

kemian ensimmäisen yliopistovuoden laboratorio-opinnoiksi etäopiskelijoille Australiassa, mutta lopulta nähtiin tarpeelliseksi opettaa yleisesti laboratorioissa käytettävien välineiden ja menetelmien käyttöä opintojen alusta saakka niille, jotka tulevat jatkamaan uraa kemian tai biokemian parissa tai tarvitsevat korkeatasoista kemian osaamista. Kemian johdantokurssille tai sellaisille opiskelijoille, jotka tarvitsevat vain perusymmärryksen ja osaamisen kemiasta, nähtiin myös keittiökemia soveltuvaa menetelmänä. (Lyall ja Patti, 2010) Suomessa opettajankoulutuksessa keittiökemian opetuksen havaittiin kehittävän tulevia opettajia ammatillisesti, kun he pääsivät syventämään kemian osaamistaan erilaisessa ympäristössä ja tekemään yhteistyötä kotitalouden opettajien kanssa (Nuora ja Välisaari, 2019).

Keittiökemia on luonteeltaan oppilaslähtöinen opetusmenetelmä, jossa oppilaat voivat itse toteuttaa tutkimuksen. Oppilaiden on myös mahdollista itse suunnitella tutkimus, mutta mitä monimutkaisemmasta tutkimuksesta on kyse, sitä enemmän he tarvitsevat siihen tukea opettajalta. Jos oppilaat saavat itse vaikuttaa tutkimuksen suunnitteluun, he yleensä sitoutuvat siihen paremmin ja pitävät sitä mielekkäämpänä. (Yip ym., 2012)

Keittiökemian töihin sisältyy yleensä aiheesta ja havainnoista keskustelua vertaisten ja opettajan kanssa työskentelyn aikana. Opettaja voi kirjallisten tai suullisten kysymysten avulla ohjata oppilasta tekemään oikeita havaintoja tai käynnistää prosessin, jossa oppilas pohtii havaintojen syitä (Yip ym., 2012; Nuora ja Välisaari, 2019). Yhdessä keskustelemalla kehittyvät myös tieteellisen argumentoinnin taidot. Yleensä kokeellisen työskentelyn jälkeen käsitellään myös yhdessä tutkimusten tulokset ja johtopäätökset, jolloin on mahdollista syventää ilmiöiden käsitteellistä ymmärtämistä. Yhteisillä koonneilla saadaan yhdistettyä makrotason havainnot submikroskooppisen ja symbolisen tason perusteluihin (Yip, 2012).

Vaikka keittiökemian on todettu edistävän motivaatiota ja olevan toimiva tapa opettaa kemian sisältöjä, ei se ole kaikille oppilaille mielekäs tapa oppia (Nuora ja Välisaari, 2019). Osa oppilaista koki haastavaksi työskennellä kahdelle eri oppiaineelle tyypillisten periaatteiden välillä ja yhdistää niitä. Tämä voi helpottaa, kun työtavat tulevat tutummiksi (Nuora ja Välisaari, 2019). Keittiökemia ei ehkä anna oppilaille niitä kokemuksia, mitä he kemian oppimisessa odottavat saavansa (Lyall ja Patti, 2010).

### 3.6. Virtuaalilaboratoriot

Virtuaalilaboratorio tarkoittaa ohjelmistopohjaista työkalua, joka jäljittelee virtuaalisesti oikeaa laboratoriota. Siinä voidaan suorittaa samanlaisia tieteellisiä prosesseja, kuin perinteisessäkin laboratoriossa. Tavoitteena virtuaalilaboratorioissa on yksinkertaistaa tieteen käsitteitä helpommin ymmärrettäväksi, edistääkseen kemian konseptien muodostumista ja menettelytapojen tuntemusta. (Penn ja Ramnarain, 2019) Virtuaalilaboratoriossa on makrotason havaintojen lisäksi mahdollista tarkastella tutkimuksen etenemistä animaationa submikroskooppisella ja symbolisella tasolla. Perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn yhdistetään submikroskooppinen ja symbolinen taso usein opettajajohtoisella opetuksella, jossa hyödynnetään 2D ja 3D -kuvia. (Herga ym., 2016)

Virtuaalilaboratorion hyödyntämisessä on monia etuja verrattuna perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn. Virtuaalilaboratorio on Pennin ja Ramnarainin (2019) mukaan halvempi luoda ja ylläpitää kuin fyysinen laboratorio ja sinne pääsee missä tahansa. Fyysisten valmisteluiden puuttuessa säästyy aikaa niin opettajalta kuin oppilailta, ja kokeen aikana ei kulu kemikaaleja ja muita tarvikkeita. (Penn ja Ramnarain, 2019). Virtuaalilaboratoriossa on myös mahdollista sujuvasti toistaa koe useita kertoja ja kynnys virtuaaliseen työskentelyyn voi olla pienempi sellaisella opettajalla, jolla ei ole kokemusta kokeellisesta työskentelystä (Herga ym., 2016). Penn ja Ramnarain (2019) huomauttavat, että fyysisessä laboratoriossa huomioitavien turvallisuusuhkien puuttuminen antaa opettajalle enemmän aikaa oppimisen tukemiseen ja mahdollistaa enemmän kokeilemisen kautta oppimista. Avoimia ja keksintöpohjaisia tehtäviä on mahdollista suorittaa ilman pelkoa menettelyvirheistä ja epäonnistumisesta. Ohjelmisto voi myös olla pelillistetty, mikä saa oppilaat helpommin kiinnostumaan ja paneutumaan tehtäviin. (Penn ja Ramnarain, 2019). Virtuaalilaboratoriot tarjoavat aktiivisen oppimisympäristön oppilaslähtöiselle opetukselle (Herga ym., 2016).

Virtuaalilaboratorio on yleensä yksinkertaistus todellisesta tilanteesta. Atomien, ionien ja molekyylien tasolla kemiallisen reaktion aikana tapahtuvien muutosten kuvaaminen voi edistää ymmärrystä makroskooppisen ja submikroskooppisen tason yhteydestä. Ilman tätä yhteyttä makroskooppisen tason havainnot saattavat jäädä irrallisiksi tiedoiksi, jotka eivät jää mieleen tai edistä kemian oppimista. Vaikka animaatiot helpottavat oppimista pienentämällä kognitiivista kuormaa, aiheuttavat yksinkertaistukset myös mahdollisuuden väärin ymmärtämiseen. Siksi käytettävät ohjelmistot ja animaatiot on valittava ja esitettävä huolellisesti. (Herga ym., 2016)

Virtuaalilaboratorio ei kuitenkaan korvaa fyysistä laboratoriota täysin. Virtuaalimaailmassa toimiessa ei ole mahdollista opetella oikeaa tieteellistä tutkimusta tai kemian tutkimukselle tyypillisiä työskentelymenetelmiä fyysisesti (Herga ym., 2016). Virtuaalilaboratorioiden kehityksessä ei välttämättä ole huomioitu pedagogista tehokkuutta, sillä on keskitytty tekniikan kehittämiseen. Virtuaalisesti tuotetut tuotteet eivät ole aineellisia, jolloin niitä ei voi säilyttää tai antaa oppilaalle. Virtuaalitalaan uppoutuminen voi myös olla vaikeaa oppilaille, minkä lisäksi näytön tuijottaminen pitkiä aikoja voi olla haitallista. (Penn ja Ramnarain, 2019)

Herga, Čagran ja Dinevski (2016) huomasivat tutkimuksessaan, että virtuaalilaboratorion hyödyntäminen 7. luokan kemian opetuksessa oli oppimisen kannalta tehokkaampaa kuin perinteiset opetusmenetelmät. Tutkimuksessa perinteiseksi opetusmenetelmäksi lasketaan kokeellisen työskentely ja submikroskooppisen tason opettajajohtoinen opetus ja kirjan materiaalien hyödyntäminen. Testiryhmässä hyödynnettiin virtuaalilaboratorion animaatioita submikroskooppisen tason opetuksessa. Oppimista tutkittiin ennakko- ja jälkitesteillä, joilla testattiin Bloomin uudistetun taksonomian kolmen alimman tason mukaista osaamista. Testiryhmä pärjäsikin kontrolliryhmää paremmin jokaisella tasolla ja suurin ero oli korkeimmassa tasossa eli soveltamisessa. Vastaavassa tutkimuksessa Penn ja Ramnarain (2019) saivat samanlaisia tuloksia ja totesivat, että laboratoriotyöskentelystä on hyötyä kemian oppimisessa ja virtuaalilaboratoriot täydentävät perinteisiä opetusmenetelmiä hyvin, kun opetetaan abstrakteja ja vaikeita kemian käsitteitä.

### **3.7. Kokeellisten opetusmenetelmien haasteet ja edut**

Eri tavalla toteutetuissa kokeellisissa opetusmenetelmissä painotetaan erilaisia oppimistavoitteita ja ne soveltuvat erilaisiin tilanteisiin ja aihepiireihin. Tässä luvussa opetusmenetelmien edut ja haasteet on luokiteltu pedagogisiin tekijöihin ja ulkoisiin tekijöihin. Luokittelu on tehty luvuissa 3.2.–3.6. esitettyjen opetusmenetelmien etujen ja haasteiden mukaisesti. Pedagogisilla tekijöillä tarkoitetaan oppimiseen liittyviä asioita. Pedagogisista tekijöistä huomioidaan menetelmän soveltuvuus laajaan kokeellisten töiden valikoimaan, tutkimusmenetelmien oppimiseen, laitteiden ja välineiden käytön oppimisen taitoihin, käytännön ja teorian yhdistämiseen, kemiallisten käsitteiden ymmärtämisen vahvistamiseen ja kemian mielekkyyden lisäämiseen. Ulkoisilla tekijöillä tarkoitetaan opetuksen järjestämiseen liittyviä asioita. Ulkoisista tekijöistä tarkastellaan opetusmenetelmän vaatimaa ajankäyttöä,

oppilaiden itsenäisyyttä työskentelyn aikana, menetelmän turvallisuutta sekä tilojen, tarvikkeiden ja reagenssien tarvetta.

Kokeellisten opetusmenetelmien pedagogisten tekijöiden edut ja haasteet, mitkä on esitetty luvuissa 3.2.–3.6., on koottu taulukkoon 4. Monet esitetyistä opetusmenetelmistä ovat sovellettavissa hyvin erilaisiin tehtävänantoihin, jolloin valittu tehtävänanto vaikuttaa opetusmenetelmän etuihin ja haasteisiin. Esimerkiksi mitä avoimempi tehtävänanto on kyseessä, sitä useampaan suuntaan työskentely voi edetä, jolloin myös tarkkoja tavoitteita voi olla vähemmän (Price ja Felder, 2017).

Taulukko 4. Pedagogisten tekijöiden haasteet ja edut koottuna eri kokeellisen työskentelyn opetusmenetelmissä kappaleissa 3.2.–3.6. esitettyjen tutkimusten mukaan. Taulukossa (-) kuvaa haastetta tai puutetta ja (+) tarkoittaa etua tai painotusta.

Haasteet ja edut

Menetelmä	Menetelmien valikoima	Menetelmän oppiminen	Laitteiden ja välineiden käyttö	Käsitteiden ymmärtäminen	Käytännön yhdistäminen teoriaan	Mielekkyyden lisääntyminen
Todentava oppiminen					-	
Keksintöperustainen oppiminen						
Tutkimusperustainen oppiminen					+	+
Ongelmaperustainen oppiminen					+	+
Projektioppiminen					+	+
Tapausperustainen oppiminen					+	+
Demonstraatiot	+		-	+		+
Mikrotyöt	+	+	+	+		+
Keittiökemia			-	+	+	+
Virtuaalilaboratorio	+		-	+		+

Taulukon 4 perusteella voidaan todeta, että suurimmassa osassa kokeellisista opetusmenetelmistä painotetaan tai pidetään etuna käytännön ja teorian yhdistämistä eli kontekstisidonnaisuutta sekä kemian oppimisen mielekkyyden lisäämistä. Kuitenkin opetusmenetelmien tutkimusten mukaan todentava oppiminen ei lisää kemian oppimisen



mielekkyyttä (Domin, 1999; Price ja Felder, 2017) ja keksintöperustaisen oppimisen menetelmän mielekkyydestä on ristiriitaisia näkemyksiä. Keksintöperustaisessa oppimisessa painotetaan motivaatiota, joka syntyy itse oivaltamisesta. Tutkimuksissa kuitenkin todetaan, ettei oppilaille ole välttämättä mahdollisuutta tehdä oivaltamiseen tarvittavia havaintoja puuttuvan teorian ymmärtämisen vuoksi. (Domin, 1999)

Kokeellisten opetusmenetelmien ulkoisten tekijöiden edut ja haasteet, jotka on kuvattu luvuissa 3.2.–3.6., on esitetty taulukossa 5. Näistä ajankäyttö jakaa menetelmiä eniten, sillä osa menetelmistä on kehitetty ajan optimoiminen huomioiden, kun osassa suurempi ajankäyttö nähdään merkittäväksi osaksi menetelmää korkeamman tason oppimisen saavuttamiseksi (Price ja Felder, 2017). Monissa menetelmistä huomioidaan myös taloudelliset ja ekologiset näkökulmat ja ne on suunniteltu palvelemaan opetusta, jossa perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn tarvittavia tiloja, tarvikkeita tai reagensseja ei ole saatavilla (Penn ja Ramnarain, 2019; Singh, 1999; Price ja Brooks, 2012).

Taulukko 5. Ulkoisten tekijöiden haasteet ja edut eri kokeellisen työskentelyn menetelmissä kappaleissa 3.2.–3.6. esitettyjen tutkimusten mukaan. Taulukossa (-) kuvaa haastetta tai puutetta ja (+) tarkoittaa etua tai painotusta.

Haasteet ja edut

Menetelmä	Tiivis ajankäyttö	Työskentelyn itsenäisyys	Turvallisuus	Tilojen pieni tarve	Tarvikkeiden pieni tarve	Reagenssien pieni tarve
Todentava oppiminen	+	+				
Keksintöperustainen oppiminen	+	+				
Tutkimusperustainen oppiminen	-	-				
Ongelmaperustainen oppiminen	-	-				
Projektioppiminen	-	-				
Tapausperustainen oppiminen	-	-				
Demonstraatiot	+		+	+	+	+
Mikrotyöt	+		+	+	+	+
Keittiökemia	-		+	-		+
Virtuaalilaboratorio	+		+	+		+

Siinä, missä demonstraatioissa ja mikrotöissä korostetaan tiivistä ajankäyttöä, laajempaa kokeellisten menetelmien valikoimaa ja pienempiä tarvikkeiden ja reagenssien määriä (Price ja Brooks, 2012; Zipp, 1989), korostetaan keittiökemiassa kontekstisidonnaisuutta arjen ilmiöihin (Nuora ja Välisaari, 2019). Virtuaalilaboratoriossa puolestaan korostuvat muista poikkeavasti ilmiöiden tarkastelu työskentelyn aikana makrotason lisäksi submikroskooppisella ja symbolisella tasolla (Herga ym., 2016). Näistä kaikissa mainitaan ja huomioidaan myös turvallisuuden edistäminen kokeellisen työskentelyn aikana.

Kokeellisen työskentelyn opetusmenetelmissä on myös tehtävän rakentamisen osalta eri haasteita ja etuja. Todentava työ on suunniteltu nopeaksi ja tarvittavan ohjauksen määrä on vähäinen, tavoitteena kehittää matalan tason osaamista. Keksintöperustaisessa työssä tarvitaan enemmän aikaa, mutta oivaltamisesta voi saada enemmän motivaatiota. Molemmissa harjoitellaan tiettyjä työskentelymenetelmiä (Domin, 1999). Tutkimusperustaisessa ja ongelmaperustaisessa oppimisessa tehtävänannot ovat avoimempia ja niissä pyritään korkeamman ajattelun tason osaamisen kehittymiseen. Tällöin myös oppilaiden ohjauksessa vaaditaan laajemmin osaamista ja joustavuutta. Tutkimusperustaisessa työssä opitaan tutkimusprosessin aikana tarvittavat tiedot ja taidot, joista saadaan johdettua aiheeseen liittyvä teoria. Ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä teoria opetetaan ennen kokeellisuutta, jolloin työn tavoite on tiedossa jo tehtävää aloittaessa ja tehtävänä on soveltaa opittuja taitoja tutkimusprosessin luomiseen. (Domin, 1999; Price ja Felder, 2017)

Kokeellisen työskentelyn opetusmenetelmiä voidaan käyttää opetuksessa sekä ryhmätyöskentelynä että yksilötyöskentelynä. Ryhmätyöskentelyssä on etuna se, että silloin kokeellisen työskentelyn aikana on mahdollista kehittyä samalla ryhmätyöskentelytaidoissa, kun taas yksilötyöskentelyssä harjoitellaan itsenäistä työskentelyä. Ryhmässä toimiessa myös tehtävänanto voi olla laajempi. Tällöin tehtävässä voidaan vaatia laajempaa osaamisen ja tiedon määrää, jolloin tehtävästä on mahdollista saada laajempi kokonaisuus. Ryhmätyöskentelyssä on kuitenkin haastavampaa ohjata ja arvioida yksilön työskentelyä. Oppilaat saattavat myös vastustaa ryhmätyöskentelyä, koska se vaatii enemmän aikaa ja silloin täytyy selvittää tehtävän lisäksi vuorovaikutuksesta ryhmässä. Oppilailla pitäisikin olla tällaisia menetelmiä hyödyntäessä valmiudet käsitellä ryhmätyössä nousevia viestinnällisiä ongelmia. (Price ja Felder, 2017)

### **3.8. Kokeellisten opetusmenetelmien arviointi**

Ahtineva (2014) esittää, että kokeellisen työskentelyn arviointi voidaan jakaa kolmeen taitotasoon. Ensimmäisellä tasolla harjoitellaan ja arvioidaan kokeellisen työskentelyn perusteita, kuten yleisiä työskentelytaitoja, työturvallisuutta ja siisteyttä. Vaaditut tehtävät ovat yksinkertaisia tunnistamistason tehtäviä ja niissä harjoitellaan välineiden käyttöä ja yksinkertaisia menetelmiä. Toisella tasolla lisätään arviointiin havaintojen ja mittausten tekemisen taito, työohjeen mukaan työskentelyn taito ja tulosten esittämisen taito. Lisäksi kiinnitetään huomiota vuorovaikutustaitoihin työskentelyn aikana. Tunnistamisen lisäksi odotetaan esimerkiksi erilaisten välineiden tuntemista ja työturvallisuuden huomioimista. Tehtävät ovat vielä toisella tasolla, taitotasolla, usein suljettuja ja arvioinnin kohteeksi valitaan vain muutama tavoite. Kolmannella tasolla työn toteuttamisen ja tulosten esittämisen lisäksi arvioidaan työn suunnittelu, esimerkiksi tutkimussuunnitelman toteuttaminen. Joidenkin tutkimusten mukaan vasta tällä tasolla voi saavuttaa käsitteiden oppimisen tason. Usein tämän tason tehtäviä arvioidaan raportin muodossa, jolloin siihen on kirjoitettu kaikki työvaiheet ja tulokset. (Ahtineva, 2014) Tämä malli noudattaa Doran, Chan, Tamir ja Lenhardt (2002) käsitystä kemian kokeellisen työskentelyn tehtävien hierarkkisesta jakautumisesta helpommista, selkeästi rajatuista tehtävistä avoimiin ja haastavampiin tehtäviin.

Kokeellisen tehtävän vaativuustasoon vaikuttavat sekä annettu tehtävä että annetut materiaalit ja ohjaus, joiden avulla tutkimus tulee suorittaa. Jokaisella tasolla on monia tapoja toteuttaa arviointi ja siinä voidaan huomioida tehtävänannon mukaisesti työskentely, lopputulos tai molemmat. Arvioinnissa on mahdollista hyödyntää opettajan tekemän arvion lisäksi itse- ja vertaisarviointia. Oppilaita kannattaa myös välillä osallistaa tehtävän suunnittelussa ja arviointikriteerien valinnassa. (Ahtineva, 2014)

## **4. Kemian opetus ja kokeellinen työskentely suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla**

### **4.1. Kemian opetus suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla**

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin (Opetushallitus, 2014) ei ole eritelty eri kursseja, vaan perusteiden mukaiset sisältöalueet jaetaan kokonaisuuksiin, joita opetetaan eri vuosiluokilla. Kaikkien sisältöalueiden osaaminen huomioidaan päättöarvioinnissa siitä

riippumatta, millä vuosiluokalla kokonaisuus tai osa-alue on opetettu (Opetushallitus, 2014). Fysiikalle ja kemialle on asetettu vuosiluokille 7.–9. yhteensä 7 vuosiviikkotuntia (vvt) opetusta (Valtioneuvoston asetus, 2018). Yksi vuosiviikkotunti vastaa 38 oppituntia. (Hopea-Manner, 2019) Esimerkiksi Etelä-Pohjanmaan 17 kunnan peruskouluissa kemian opetus on jaettu seuraavasti: 7. luokalla 1 vvt, 8. luokalla 1 vvt ja 9. luokalla 1,5 vvt (Eteläpohjalainen perusopetuksen opetussuunnitelma, 2020). Yleisin ratkaisu vuonna 2011 tehdyn kyselyraportin (Kärnä ym., 2012) mukaan oli, että 7. luokalla ja 9. luokalla opetetaan 1 vvt ja 8. luokalla 1,5 vvt. Raportin mukaan oli myös yleistä, että 8. luokalla opetetaan 2 vvt kemiaa, jolloin sitä ei opeteta lainkaan 9. luokalla. Raportissa tarkasteltiin myös lukukausien jaksotuksen vaikutusta oppilaiden osaamiseen, eikä yhteyttä näiden välillä havaittu.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) kemian opetus on jaettu kuuteen eri sisältöalueeseen. Sisältöalueet ovat luonnontieteellinen tutkimus, kemia omassa elämässä ja elinympäristössä, kemia yhteiskunnassa, kemia maailmankuvan rakentajana, aineiden ominaisuudet ja rakenne, aineiden ominaisuudet ja muutokset. Kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämistä rakennetaan Johnstonen (2009) mallien mukaisesti pitkäaikaisessa muistissa olevista, tutuista ja havaittavista ilmiöistä jatkaen niiden mallintamiseen submikroskooppisella tasolla ja symboliseen tasoon kemian merkkikieleen. Opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) painotetaan kemian merkitystä yksilölle ja yhteiskunnalle, joten sen voi ajatella noudattavan kontekstisidonnaista oppimista. Aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen ovat opetuksen lähtökohtana ja kokeellinen työskentely on merkittävä osa perusopetuksen 7.–9. luokkien kemian opetusta. Opetussuunnitelman perusteissa ohjataan monipuolisiin työtapoihin ja oppimisympäristöihin. (Opetushallitus, 2014)

Kemian opetus tänään on suomalaista kemian opetusta tutkiva tutkimus, joka on julkaistu vuosina 1999 (Aksela ja Juvonen, 1999) ja 2008 (Aksela ja Karjalainen, 2008) sekä vuonna 2018 Pro gradu -työn muodossa (Hopea-Manner, 2019). Siinä on tutkittu opettajille suunnatun kyselytutkimuksen kautta kemian opetusta suomalaisissa peruskouluissa sekä verrattu opetustapoja vuosikymmenten välillä. Tutkimuksessa havaittiin, että vuonna 2018 suosituimpia ja eniten käytettyjä opetusmenetelmiä kemian opetuksessa olivat ryhmätyöt, molekyylihallinnus, simulaatiot, muistamismallit, projektityöskentely, yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmät ja kyselyyn harjaannuttaminen. Suosituimmat jonkin verran käytetyt menetelmät olivat käsitekartat, opintokäynnit koulun ulkopuolelle, käsitteen omaksumisen menetelmät, väittelyt ja roolileikit. Lähes kaikki (83,1 %) peruskoulun kemian opettajista

teettivät kokeellisia töitä useammin kuin joka 6. oppitunti. Tarkempaa vastausta ei kyselyssä ollut mahdollista antaa. (Hopea-Manner, 2019)

Kärnän, Hakosen ja Kuuselan (2012) vuoden 2011 koulutuksen seurantaraportissa selvitettiin oppilaiden ja opettajien kokemuksia eri yksilökeskeisten ja vuorovaikutteisten työtapojen käytöstä. Yksilökeskeisistä työtavoista käytettiin opettajilta kysyttäessä vähenevässä järjestyksessä muistiinpanojen kirjoittamista, oppikirjasta opiskelua, demonstraatioita, itsenäisesti ratkaistavia ongelmia ja tehtäviä, omien tavoitteiden asettamista ja edistymisen arviointia sekä esseiden tai referaattien kirjoittamista. Oppilailta kysyttäessä eniten käytetty menetelmä oli opettajan opettaminen muistiinpanoja kirjoittaessa, mutta muuten menetelmien käyttäminen arvioitiin lähes samalla tavalla. Vuorovaikutteisista työtavoista käytettiin useimmin tehtävän vastauksen tai tutkimuksen järkevyyden arviointia, opettajan johdolla keskustelua käsitteistä tai ongelmista ja tehtävien ratkaisemista pienryhmissä. Muita käytettyjä tapoja olivat käsitteistä tai ongelmista keskustelu pienryhmissä, projekti- ja ryhmätyöt, opiskelun suunnittelu ja toteutus yhdessä oppilaiden kanssa sekä väittelemine. 60 % oppilaista ja 89 % opettajista vastasi, että tunneilla tehdään kokeellisia tutkimuksia usein tai lähes aina. (Kärnä ym., 2012)

Työtavoista oppimisen kannalta tehokkaimpia olivat kokeellinen työskentely ja vastauksen tai tuloksen järkevyyden pohtiminen. Myös ilmiöiden syiden ja seurausten pohtiminen sekä ilmiöiden havainnoiminen ja keskusteleminen opettajan johdolla käsitteistä ja ongelmista vaikuttivat positiivisesti oppimiseen. Pääsääntöisesti työtavasta ja oppiaineesta pitäminen näkyi myös osaamisessa ja oppimisen kannalta tehokkaista työtavoista pidettiin. Yleensä ne, jotka osasivat kemiaa, olivat myös tietoisia osaamisestaan ja kokivat, että opinnoista on hyötyä. Osaamiseen vaikuttivat esimerkiksi ilmiöiden syiden ja seurausten pohtiminen, demonstraatiot ja muistiinpanojen kirjoittaminen. Oppilaat pitivät mahdollisuudesta osallistua oppitunnin suunnitteluun, vaikka sillä ei havaittu olevan yhteyttä osaamiseen. Oppilaat toivoivat puolestaan enemmän sellaisia tapoja, joita hyödynnettiin vähemmän. Tällaisia on esimerkiksi vierailut, projekti- ja ryhmätyöt, animaatiot ja simulaatiot sekä internetin hyödyntäminen. (Kärnä ym., 2012)

Perehdyttäessä tarkemmin siihen, millaisilla opetustavoilla on saatu suomalaisessa kemian opetuksessa parhaita oppimistuloksia ja asenteita huomataan, että opetustavan lisäksi vaikuttavat opettajan omat vahvuudet. Kärnän ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa seurattiin kahden kansallisessa arviossa edukseen esiintyneen peruskoulun kemian ja fysiikan opettajan

opetusta ja selvitettiin heidän näkemyksiään opetuksestaan haastattelututkimuksen avulla. Tulosten mukaan toisen opettajan vahvuutena oli selittää asiat selvästi ja mielenkiintoisesti yhdistämällä teoria käytäntöön monien näkökulmien kautta, mitä hän hyödynsi paljon opetuksessaan. Toinen opettajista painotti itsenäistä työskentelyä ja valinnanvapautta, mikä näkyi oppituntien rakenteessa. Yhteistä näille esimerkillisille opettajille oli hyvä tietoisuus opetuksestaan sekä oppilaiden ja opettajien välisten suhteiden arvostaminen ja painottaminen. (Kärnä ym., 2016)

#### **4.2. Kokeellinen työskentely suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla**

Kokeellisen työskentelyn opetusmenetelmien tarkoituksena on joitain poikkeuksia lukuun ottamatta tutkia asioita tai ilmiöitä. Poikkeuksena ovat työt, joiden tavoitteena on harjoitella välineiden käyttöä ja työskentelymenetelmiä. Kokeelliset työskentelymenetelmät voivat olla avoimia tai suljettuja, mikä vaikuttaa menetelmän hyötyihin ja haasteisiin. Eri menetelmät painottavat tutkimuksen eri vaiheita. Oppilastöissä opetellaan, miten luonnontieteellistä tutkimusta tehdään, mutta se ei itsessään ole tutkimusta. Kokeellisen työskentelyn tavoitteet löytyvät Bloomin uudistetun taksonomian monilta eri tasoilta. (Domin, 1999) Tutkimuksessa todetut kokeellisen työskentelyn tavoitteet ja tavat löytyvät myös perusopetuksen opetussuunnitelman perusteista (Opetushallitus, 2014). Opetussuunnitelman perusteissa ohjataan, millaisia kokeellisia menetelmiä opetuksessa tulee käyttää (*miten*) sekä kerrotaan, mitä kokeellisilla menetelmillä tavoitellaan (*miksi*). Myös tutkimusten sisällöistä on tarkennuksia (*mitä*).

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden kemian sisältöalueessa S1 ohjataan sekä avoimiin että suljettuihin tutkimuksiin. Tutkimuksissa ohjataan muiden sisältöalueiden lisäksi huomioimaan oppilaiden oma mielenkiinto ja painottamaan tutkimuksen eri vaiheiden oppimista. Luonnontieteellisten periaatteiden huomioimisen lisäksi kokeellisessa työskentelyssä tulee osallistaa oppilaita ja hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa. Taulukkoon 6 on koottu opetussuunnitelman perusteista ne opetusta ohjaavat lauseet, jotka vastaavat kysymykseen miten kokeellista työskentelyä tulee toteuttaa.

Taulukko 6. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitut kokeelliselle työskentelylle merkitykselliset maininnat opetusmenetelmien valinnasta

Oppilaiden aikaisemmista kokemuksista ja havainnoista edetään ilmiöiden kuvaamiseen ja selittämiseen sekä aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden mallintamiseen kemian merkkikielellä.

Opetus ohjaa luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen, ideointiin, vuorovaikutukseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen arviointiin eri tilanteissa.

Yhdenvertaisuutta ja tasa-arvoa edistetään tarjoamalla oppilaille mahdollisuuksia soveltaa kemiaa erilaisissa konteksteissa sekä tutustua monipuolisesti ammatteihin, joissa tarvitaan kemian osaamista.

Tavoitteiden kannalta keskeistä on oppilaiden osallisuus ja vuorovaikutus yksinkertaisten tutkimusten suunnittelussa ja toteuttamisessa.

Oppimisympäristöissä käytetään tieto- ja viestintäteknologiaa luontevalla tavalla.

Kemian tavoitteiden kannalta keskeistä on ohjata oppilaita itsenäiseen ja pitkäjänteiseen työskentelyyn sekä tunnistamaan oppimistapojaan.

Kokeellisessa työskentelyssä oppilaita ohjataan turvalliseen ja sujuvaan työskentelyyn.

Eri sisältöalueista ja oppilaiden mielenkiinnon kohteista valitaan sopivia aihepiirejä suljettuihin ja avoimiin tutkimuksiin.

Erilaisissa tutkimuksissa painotetaan tarkoituksenmukaisesti tutkimusprosessin eri vaiheita kuten ongelman tai ilmiön pohtimista, suunnittelua, koejärjestelyn toteuttamista, havainnointia, tulosten koontia ja käsittelyä sekä tulosten arviointia ja esittämistä.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteista (Opetushallitus, 2014) löytyy käytettävien opetustapojen lisäksi tavoitteita opetukselle. Taulukkoon 7 on koottu opetussuunnitelman perusteista ne opetuksen tavoitteet, jotka vastaavat kysymykseen, miksi kokeellista työskentelyä tulee toteuttaa. Suoraan tutkimuksellisuuteen ohjaavien tavoitteiden lisäksi opetussuunnitelman perusteissa on opetusmenetelmien valintaan liittyviä tavoitteita, jotka soveltuvat hyvin kokeellisiin opetusmenetelmiin. Tällaisia ovat muun muassa käsitteiden oppiminen, mikä on monen kokeellisen opetusmenetelmän tarkoitus ja tavoite (Taulukko 4) sekä tukeminen valmiuksiin tehdä valintoja ja hyödyntää kemiassa opittuja tietoja ja taitoja elämässä (Nuora ja Välisaari, 2019).

Taulukko 7. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitut kokeelliselle työskentelylle merkitykselliset yleiset tavoitteet

Tutkimusten tekemisellä on oleellinen merkitys käsitteiden sisäistämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa.

Tutkimusten tekeminen kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa oppilaita kemian opiskeluun.

Tutkimuksellinen lähestymistapa tukee käsitteiden rakentumista ja tutkimisen taitojen oppimista.

Kemian opetuksen tehtävänä on tukea kemiaan liittyvien käsitteiden rakentumista sekä ilmiöiden ymmärtämistä.

Käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä tuetaan, jotta oppilaille muodostuu käsitteistä selkeitä kokonaisuuksia.

Opetus tukee oppilaiden valmiuksia tehdä valintoja sekä käyttää tietoja ja taitoja elämän eri tilanteissa.

Opettajat ilmoittivat Hopea-Mannerin (2019) kyselytutkimuksessa kokeellisen työskentelyn tavoitteeksi opetuksessaan taitojen oppimisen, kemian oppimisen, teorian yhdistämisen havaittaviin ilmiöihin ja motivoinnin kemian opiskeluun. Taidoista mainittiin kyselemisen

taidot, ryhmätyöskentelytaidot, päättelykyky ja työvälineiden käytön taidot. Kokeellisuus nähdään olennaisena osa kemian oppimista ja se kuuluu opetussuunnitelman perusteiden mukaiseen oppimiseen. Kokeelliset työt tuovat vaihtelua tunneille sekä tekevät niistä viihteellisempiä ja mielenkiintoisempia. (Hopea-Manner, 2019)

Kemian opiskelulle ominaisten sisältöjen lisäksi kemian opetuksessa tulee huomioida peruskoulun laaja-alaisen osaamisen tavoitteet. Ne ovat ajattelu ja oppimaan oppiminen (L1), kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu (L2), itsestä huolehtiminen ja arjen taidot (L3), monilukutaito (L4), tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen (L5), työelämätaidot ja yrittäjäyys (L6) sekä osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävän tulevaisuuden rakentaminen (L7). (Opetushallitus, 2014)

Kokeellisten tutkimusten sisältöjä ei rajoiteta kovin tarkasti ja kokeelliseen työskentelyyn voi valita sisältöjä eri aiheista. Vain olomuotojen muutoksien ja puhtaiden aineiden sekä seosten ominaisuuksien tutkiminen on kirjattu suoraan opetussuunnitelman perusteisiin. Lisäksi reaktionopeutta tulee havainnoida, minkä voi ajatella vaativan kokeellisuutta jollakin tavalla. Sisällöt, joiden opetustapaa ei ole määritelty kovin tarkasti, on kirjattu muodossa “tutustutaan”, “perehdytään” ja “harjoitellaan”. Sen lisäksi sisältöjen opetusta on ohjattu painotuksilla tai tarkennuksilla. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitut tutkimusten sisällöt ja painotukset sekä tarkennukset, jotka vastaavat kysymykseen mitä kokeellisessa työskentelyssä tulee käsitellä, on kuvattu taulukossa 8. Taulukkoon kerätyt tekstit on muokattu siten, että lause alkaa verbillä. (Opetushallitus, 2014)



Taulukko 8. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitut kokeelliselle työskentelylle asetetut sisällöt, painotukset ja tarkennukset

<p>Sisällöt:</p> <p>Tutustutaan tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämiseen tutkimusten eri vaiheissa.</p> <p>Tutustutaan kodin kemikaaleihin ja paloturvallisuuteen.</p> <p>Tutustutaan erilaisiin koulutuspolkuihin ja ammatteihin, joissa tarvitaan kemian osaamista.</p> <p>Tutustutaan kemiaan liittyviin uutisiin, ajankohtaisiin ilmiöihin, sovelluksiin ja nykypäivän tutkimukseen.</p> <p>Tutustutaan aineen koostumiseen atomeista, atomin rakenteeseen ja jaksolliseen järjestelmään alkuaineiden ominaisuuksien pohjalta.</p> <p>Tutustutaan energian ja aineiden muuttumiseen kemiallisissa reaktioissa.</p> <p>Tutustutaan hiileen, sen yhdisteisiin ja ravintoaineisiin.</p> <p>Tutustutaan pitoisuuteen ja happamuuteen arkisten esimerkkien yhteydessä</p> <p>Perehdytään johonkin orgaaniseen yhdisteryhmään.</p> <p>Perehdytään hiilen kiertokulkuun ja sen merkitykseen elämälle.</p> <p>Pohditaan reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä.</p> <p>Pohditaan oman elämän ja elinympäristön ilmiöitä erityisesti terveyden ja turvallisuuden näkökulmista.</p> <p>Harjoitellaan kemian merkikielen ja yksinkertaisten reaktioyhtälöiden tulkitsemista.</p> <p>Tarkennukset ja painotukset:</p> <p>Käytetään malleja ja simulaatioita yhdisteiden rakentumisen hahmottamisessa.</p> <p>Valitaan kemian ilmiöihin ja sovelluksiin liittyviä sisältöjä erityisesti ihmiskunnan hyvinvoinnin ja teknologian näkökulmista.</p> <p>Pääpaino on kestävässä luonnonvarojen käytössä, ja tuotteiden elinkaariajattelu on yhtenä tarkastelutapana.</p> <p>Sisältöjä valitaan siten, että niissä tulee esiin kemian luonne tieteenä, aineen ja energian säilymisen periaatteet sekä luonnon mittasuhteet.</p>
--

Kokeellisten töiden sisältöjä ei selvitetty kemian opettajilta Hopea-Mannerin (2019) tai Kärnän ym. (2012) tutkimuksissa. Hopea-Mannerin tutkimuksessa kuitenkin hyväksi työkse mainittiin työ, josta on selvästi havaittavissa muutos tai loppu. Työn tulee tukea teorian opetusta ja sisältävän pohdintaosuuden. Sen tulee olla mielenkiintoinen ja kysymyksiä herättävä. Tällainen työ on yleensä selkeä, helposti onnistuva ja yksinkertainen ja siinä käytetään yksinkertaisia välineitä. Kaikista aiheista ei välttämättä löydy sopivaa työtä. (Hopea-Manner, 2019) Tällainen aihe voisi olla esimerkiksi jaksollisen järjestelmän opettaminen, jonka opettamisen tueksi on kehitelty monia pelillisiä menetelmiä (Tuomisto, 2016).

Kemian opetuksessa tapahtuva eriyttäminen näkyy myös kokeellisessa työskentelyssä. Eriyttämisestä todetaan, että oppilaiden abstraktin ajattelun taitoja voidaan haastaa erilaisilla malleilla ja niiden käyttötavoilla. Eriyttämistä voidaan toteuttaa myös luomalla erilaisia rooleja tutkimustehtävissä. Opetussuunnitelman perusteissa huomioidaan myös, että tutkimuksissa ajattelutaitojen eri tasoille päästään yksilöllisesti. (Opetushallitus, 2014)

Kemian töitä suoritetaan yleisimmin pienryhmissä tai pareittain. Luokka voidaan myös jakaa kahtia työskentelyn ajaksi, työt voidaan tehdä erillisessä laboratorioluokassa tai pistetyöskentelynä tai muuna yhteistoiminnallisena menetelmänä. Hopea-Mannerin (2019)

tutkimuksessa ei mainittu, että yksikään opettaja olisi teettänyt töitä yksilötöinä. Työn ja menetelmien valinnassa huomioidaan turvallisuus, lyhyt työn kesto ja yhdistettävyyden arkeen. Vastaavasti esteitä kokeelliselle työskentelylle loivat turvallisuutta tai oppimista heikentävät seikat, kuten oppilasryhmän vilkkaus, sääntöjen noudattamatta jättäminen, suuri ryhmäkokoo tai työn vaarallisuus. Opettajien mainitsemia syitä ovat myös oppilaiden kielitaidon riittämättömyys turvalliseen työskentelyyn ja ajan sekä välineiden puute. (Hopea-Manner, 2019) Kärnän ym. (2012) tutkimuksessa oppilasjoukon heterogeenisuus ja motivaation puute estivät opettajien mukaan hyvien oppimistulosten saavuttamisen. Kuitenkaan työrauhan puutetta ei kyseisessä tutkimuksessa pidetty merkittävänä vaikuttajana. Ryhmäkoon ja osaamisen välillä ei ollut yhteyttä, mutta luonnontieteiden, äidinkielen ja matematiikan arvosanalla oli yhteys kemian osaamiseen. (Kärnä ym., 2012)

#### **4.3. Arviointi suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla**

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) on määritetty 15 kemian opetuksen tavoitetta (T1-T15). Tavoitteita T2-T15 käytetään arvosanan muodostamisen perusteena. Ensimmäinen tavoite on asenteellinen, kemian opiskeluun kannustaminen ja innostaminen. Tavoitteet on jaettu kolmeen kokonaisuuteen: merkitys, arvot ja asenteet (T1-T4), tutkimisen taidot (T5-T9) sekä kemian tiedot ja niiden käyttäminen (T10-T15). Arvosanan muodostumiseen perustuvat tavoitteet on kuvattu taulukossa 9.

Taulukko 9. Opetussuunnitelman perusteiden kemian opetuksen tavoitteet, jotka vaikuttavat arvosanaan peruskoulun vuosiluokilla 7.–9. (Opetushallitus, 2014)

*Opetuksen tavoite*

*T2 ohjata ja kannustaa oppilasta tunnistamaan omaa kemian osaamistaan, asettamaan tavoitteita omalle työskentelylleen sekä työskentelemään pitkäjänteisesti*

*T3 ohjata oppilasta ymmärtämään kemian osaamisen merkitystä omassa elämässä, elinympäristössä ja yhteiskunnassa*

*T4 ohjata oppilasta käyttämään kemian osaamistaan kestäväen tulevaisuuden rakentamisessa sekä arvioimaan omia valintojaan luonnonvarojen kestäväen käytön ja tuotteen elinkaaren kannalta*

*T5 kannustaa oppilasta muodostamaan kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä sekä kehittämään kysymyksiä edelleen tutkimusten ja muun toiminnan lähtökohdiksi*

*T6 ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa sekä työskentelemään turvallisesti ja johdonmukaisesti*

*T7 ohjata oppilasta käsittelemään, tulkitsemaan ja esittämään omien tutkimustensa tuloksia sekä arvioimaan niitä ja koko tutkimusprosessia*

*T8 ohjata oppilasta hahmottamaan kemian soveltamista teknologiassa sekä osallistumaan kemiaa soveltavien ratkaisujen ideointiin, suunnitteluun, kehittämiseen ja soveltamiseen yhteistyössä muiden kanssa*

*T9 ohjata oppilasta käyttämään tieto- ja viestintäteknologiaa tiedon ja tutkimustulosten hankkimiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen sekä tukea oppilaan oppimista havainnollistavien simulaatioiden avulla*

*T10 ohjata oppilasta käyttämään kemian käsitteitä täsmällisesti sekä jäsentämään omia käsiterakenteitaan kohti luonnontieteellisten teorioiden mukaisia käsityksiä.*

*T11 ohjata oppilasta käyttämään erilaisia malleja kuvaamaan ja selittämään aineen rakennetta ja kemiallisia ilmiöitä*

*T12 ohjata oppilasta käyttämään ja arvioimaan kriittisesti eri tietolähteitä sekä ilmaisemaan ja perustelemaan erilaisia näkemyksiä kemialle ominaisella tavalla*

*T13 ohjata oppilasta hahmottamaan luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa*

*T14 ohjata oppilasta ymmärtämään peruseriaatteita aineen ominaisuuksista, rakenteesta ja aineiden muutoksista*

*T15 ohjata oppilasta soveltamaan kemian tietojaan ja taitojaan monialaisissa oppimiskokonaisuuksissa sekä tarjota mahdollisuuksia tutustua kemian soveltamiseen erilaisissa tilanteissa kuten luonnossa, elinkeinoelämässä, järjestöissä tai tiedeyhteisöissä*

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainittuja kemian opetuksen arvioinnin kohteita voidaan havaita kokeellisessa työskentelyssä. Esimerkiksi kemian merkityksen arvioiminen on merkittävä osa kontekstisidonnaista oppimista (Schwartz, 2006), kestäväen kehityksen tiedot ja taidot kemiassa ovat merkittäviä lähtökohtia erityisesti mikrokemiassa (Singh, 1999), kun taas tieto- ja viestintäteknologian käyttö, käsitteiden käyttö ja jäsentyminen sekä mallien käyttäminen ovat merkittävä osa esimerkiksi virtuaalilaboratoriotöitä (Herga ym., 2016). Näistä arvioinnin kohteista kaikkia voi havainnoida kokeellisessa työskentelyssä (Price ja Felder, 2017). Joitain tavoitteista, kuten kokeellisen tutkimuksen toteuttaminen, ei voi toteuttaa ilman kokeellista työskentelyä. Osa tavoitteista on mahdollista toteuttaa ilman tutkimuksen toteuttamista, vaikka ne ovatkin oleellinen osa kokeellista työskentelyä. Tällaisia ovat esimerkiksi tutkimuksen suunnittelu ja tutkimuksen tulosten käsittely, esittäminen ja arviointi, argumentointitaidot ja tietolähteiden käyttäminen sekä luonnontieteellisen tiedon luonteen hahmottaminen (Price ja Felder, 2017).

Oppilaan oppimisen arviointia ohjataan kokeellisen työskentelyn arviointiin perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) monella tavalla. Osa arvioinnin ohjaamisesta liittyy siihen, millä tavalla kokeellista työskentelyä tulee arvioida. Osan voidaan tulkita pätevän sekä kokeellisen työskentelyn että muiden opetustapojen aikana. Arvioinnin periaatteena on Bloomin uudistetun taksonomian (Krathwohl, 2002) mukaisesti edetä matalamman ajattelun tasolta korkeamman ajattelun tasolle ja tosiasiallisesta tiedosta metakognitiiviseen tietoon. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden arvioinnin menetelmät on kuvattu taulukossa 10.

Taulukko 10. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukainen oppilaan arviointi kemiassa vuosiluokilla 7.–9. (Opetushallitus, 2014)

*Työskentelyn jäsentäminen pienemmiksi kokonaisuuksiksi, projekteiksi tai kokeellisiksi töiksi, joilla on omat tavoitteensa ja arviointiperusteensa, tukee monipuolista arviointia. Kokeellisen työskentelyn arviointi voi edetä hierarkkisesti turvallisen työskentelyn periaatteista taitotehtäviin ja suljetuista tutkimustehtävistä aina avoimiin tutkimuksiin asti. Oppilaita ohjataan tunnistamaan omia ennakkotietojaan, -taitojaan ja -käsityksiään. Työskentelyn etenemistä ohjataan rakentavan palautteen ja kysymysten avulla. Kannustava palaute tukee erityisesti tutkimisen taitojen kehittymistä ja motivaation rakentumista. Kokonaisuuksien lopussa arvioidaan asetettujen tavoitteiden saavuttamista ja suunnataan huomiota kohti uusia kehittämishaasteita. Arviointi perustuu monimuotoisten tuotosten lisäksi työskentelyn havainnointiin. Tuotosten sisällön lisäksi arvioidaan opiskeluprosessia ja työn eri vaiheita kuten kysymysten muodostamista, aiheen rajaamista, tiedonhakua, näkökulmien perustelemista, käsitteiden käyttöä, ilmaisen selkeyttä ja työn loppuun saattamista. Oppilaiden itsearviointia ja vertaispalautetta sekä opettajan ja oppilaiden välisiä keskusteluja voidaan käyttää arvioinnin tukena.*

Kärnän ym. (2012) toteuttamassa koulutuksen seurantaraportissa arvioidaan, että kemian muistamista, tunnistamista, ymmärtämistä ja soveltamista mittaavissa tehtävissä pärjättiin tyydyttävästi. Tytöt pärjäsivät tilastollisesti merkittävästi paremmin muistamista ja tunnistamista vaativissa tehtävissä ja hieman paremmin ymmärtämistä mittaavissa tehtävissä. Pojat puolestaan pärjäsivät hieman paremmin soveltamista vaativissa tehtävissä. Tehtävät jaettiin fakta- ja käsitetietoon sekä menetelmätietoon. Fakta- ja käsitetiedosta osattiin hyvin aineen rakenteeseen ja kemian merkkikieleen liittyvät tehtävät ja tyydyttävästi ilmaan ja veteen sekä elolliseen luontoon liittyvät kysymykset. Heikommin osattiin raaka-aineisiin liittyvät tehtävät. Menetelmätiedoista parhaiten osattiin luonnon ja ympäristön tutkimiseen eli kokeellisuuteen liittyvät tehtävät sekä aineiston käyttöön liittyvät tehtävät. Ilmiöiden selittämistä osattiin tyydyttävästi. Valintatehtäviä osattiin merkittävästi tuottamistehtäviä enemmän ja niiden osalta oli myös vähemmän hajontaa oppilaiden välillä. Tuottamistehtäviä oli kuitenkin vain hyvin pieni osa kaikista tehtävistä. (Kärnä ym., 2012)

## 5. Etäopetus

### 5.1. Määritelmä

Etäopetus (*distance education*) on laajasti hyväksytyn määritelmän mukaisesti muodollista ja formaalia koulutusta. Koulutukseen osallistuu määrätty joukko oppijoita ja siinä hyödynnetään vuorovaikutteista tieto- ja viestintäteknologiaa oppijoiden, resurssien ja ohjaajien välillä. Etäopetuksen määritelmän mukaisesti oppijat ja ohjaajat ovat eri sijainneissa, ja heidän välillään vaihtuu tietoa oppimisprosessin aikana. Sen lisäksi, että oppiminen tapahtuu sijainnista riippumatta, saattaa oppiminen tapahtua etäopetuksessa myös ajasta riippumatta. (Simonson ja Seepersaund, 2019)

Etäopetusta käytetään erityisesti aikuisopetuksessa ja korkea-asteella. Puhuttaessa perusopetuksen ja lukion etäopetuksesta, käytetään usein termiä virtuaalikoulu (*virtual school*). Toisen asteen etäopetusta aloitettiin kehittämään kirjepostin välityksellä 1920-luvulla, jolloin korkea-asteen etäopetusta oli jo toteutettu useita vuosikymmeniä. Viimeisten vuosikymmenten aikana etäopetus on kuitenkin muuttunut merkittävästi tieto- ja viestintäteknologian ansiosta. (Simonson ja Seepersaund, 2019) Verkkovälitteinen opetus on Vickin ym. (2012) mukaan kasvava trendi päiväkodista lukioon saakka. Yhdysvalloissa on jopa julkisesti rahoitettuja virtuaalikouluja, jotka tarjoavat koko opetussuunnitelman kattavan opetuksen verkon kautta oppilaiden kotiin. Lisäksi 70 % kouluista oli vähintään yksi oppilas etäopetuksena järjestettävällä kurssilla lukuvuonna 2007–2008. (Vick, 2012)

Keeganin (2013) mukaan etäopetuksen teoria voidaan jakaa kolmeen eri alueeseen: itsenäisyyteen ja autonomiaan, opetuksen teollistumiseen sekä vuorovaikutukseen ja viestintään. Näistä eri osa-alueista löytyy omat teoriansa. Itsenäisyyden ja autonomian teorioissa havaitaan, että itsenäinen opiskelu on tärkeä piirre etäopetuksessa, mikä lisää opiskelijan vastuuta oppimisestaan. Etäopetusta voi kuitenkin toteuttaa hyvin ohjatusti tai hyvin itsenäisesti riippuen siitä, asettaako oppimistavoitteet, oppimistavat ja materiaalit sekä arvioinnin opettaja vai opiskelija. Opetuksen teollistumisen teoriassa esitetään, että etäopetus on teollistuneen ajan tuotos, jossa hyödynnetään teollistumisen saavutuksia, kuten nopeaa liikkumista ja massatuotantoa sekä samanlaisia lähtökohtia kuin teollisuudessa, esimerkiksi työnjakoa, järjestelmällistä organisointia, suunnittelua ja tavoitteiden asettamista. Vuorovaikutuksen ja viestinnän teoriat kuvaavat, että motivaatio ja tunnetila vaikuttavat

oppimiseen, minkä vuoksi niihin on kiinnitettävä huomiota. Teorian mukaan vuorovaikutus opettajan ja opiskelijoiden välillä on merkittävässä roolissa oppimisessa, sillä etäopetuksen uhkana on jäädä matalan tason oppimiseksi, jossa opetellaan faktatietoa sen sijaan, että keskittyminen olisi käsitteiden ymmärtämisessä, ongelmalähtöisessä oppimisessa ja aidoissa akateemisissa lopputuloksissa. (Keegan, 2013)

Etäopetuksen on todettu laajassa meta-analyysissä edistävän keskimääräisesti parempaa suoriutumista kuin lähiopetus. Syynä ei kuitenkaan vaikuta olevan etäopetuksen paremmuus vaan se, että etäopetus todennäköisemmin sisältää vaihtoehtoisia opiskeluaikoja ja -materiaaleja sekä mahdollisuuksia yhteistyölle. Näillä puolestaan on havaittu vaikutus oppimisen tehokkuuteen. Etäopetuksen on todettu huomioivan paremmin opiskelijoiden eri oppimistyyliä ja antavan enemmän mahdollisuuksia vaikuttaa opiskeluympäristöönsä. Vapaus vaikuttaa positiivisesti tyytyväisyyteen ja sitoutumiseen. Kaikille opiskelijoille ei sovi samanlainen lähestymistapa, minkä vuoksi kannustetaan tarjoamaan useita lähestymistapoja oppimiseen. (Simonson ja Seepersaund, 2019)

## **5.2. Kemian etäopetus**

Kemian etäopetusta on toteutettu kansainvälisesti monella eri tavalla (Lyall ja Patti, 2010). Wang ym. (2009) toteavat, että monet perinteiset kolmannen koulutusasteen kemian kurssit eivät sisällä laboratoriotyöskentelyä, minkä vuoksi ne soveltuvat hyvin etäopetukseen. Kemian tieteenalalle nähdään kuitenkin välttämättömänä laboratoriossa tapahtuva työskentely, minkä takia kemian toteuttaminen kokonaan etäopetuksena nähdään haastavana. (Wang, 2009)

Eräässä tapaustutkimuksessa (Vick, 2012) tutkittiin virtuaalikoulujen kemian opetusta Bloomin uudistetun taksonomian näkökulmasta. Etäopetus koostui oppikirjan lukemisesta ja tehtävien tekemisestä, tutkimusprojekteista ja videoyhteyden avulla tapahtuvasta opetuksesta. Oppilaille kerrottiin viikoittain, mitkä tehtävät tulee tehdä ja mikä kappale kirjasta opiskellaan kyseisellä viikolla. Jokaisesta aihepiiristä annettiin yksi ennalta määrätty työ, jossa harjoiteltiin tiettyä taitoa, minkä lisäksi oppilaat saivat valita lisätutkimuksia valikoimasta. Kurssilla painotettiin kemiallisten reaktioiden tunnistamista ja painottamista makroskooppisella ja symbolisella tasolla. Muita aiheita olivat muun muassa atomin rakenne, aineen rakenne ja ominaisuudet sekä kovalenttinen ja ionisidos. Lisäksi käsiteltiin kaasulakeja, massan säilymistä ja yhtälöiden tasapainottamista, stoikiometriaa, kvanttikemiaa painotuksena elektroniorbitaalit sekä liuoksia,

seoksia, kolloideja ja suspensioita. Tutkimuksessa havaittiin, että tehtävistä 47 % testasi muistamista, 5 % ymmärtämistä, 30 % soveltamista, 17 % analysoimista ja alle 1 % arvioimista tai luomista. Tehtävät koostuivat monivalintatehtävistä, yhdistelytehtävistä, avoimista tehtävistä ja tosi/epätosi -väittämistä. Tutkimuksessa esitetään, että soveltamiseen ja analysoimiseen tulisi painottaa etäopetusta enemmän. (Vick, 2012)

Tutkimusprojektit painottivat etäopetuksessa erilaisia oppimisen tasoja. 67 tutkimuksesta muistamista testasi yksi projekti, ymmärtämistä yhdeksän, soveltamista 14, analysoimista 15, arvioimista neljä ja luomista 24. Vain yksi toteutettiin virtuaalilaboratoriossa, muut kotona tehtävinä töinä, tutkimusartikkelina tai täytettävänä lomakkeena. Tutkimukset painottivat eri tutkimuksen osa-alueita, kuten tutkimuskysymyksen asettamista, tutkimusmenetelmän suunnittelua, ilmiöiden selittämistä, vaihtoehtojen arvioimista tai tuloksista keskustelua. Matematiikan soveltamista ei näissä tutkimuksissa ollut. Tutkimuksessa esitettiin, että myös matematiikan soveltamista voitaisiin lisätä tutkimuksiin. (Vick, 2012)

### **5.3. Kokeellisuus kemian etäopetuksessa**

Kokeellisen työskentelyn toteuttamiseksi etäopetuksessa on kehitetty erilaisia menetelmiä. Kanadassa ja Australiassa yliopiston yleisen kemian laboriokurssi toteutettiin lähettämällä laboriotyöskentelyyn välttämättömät tarvikkeet opiskelijoiden kotiin. Virtuaalilaboratorioita hyödynnettiin menetelmien ja laitteiden käytön oppimiseen, mutta myös konkreettista työskentelyä haluttiin opettaa. Toteutuksessa pohdittiin laborioiden toteuttamista keittiökemialla tai muulla kotitalouksista löytyvillä tarvikkeilla toteutettavalla opetusmenetelmällä. Kuitenkin todettiin, että keittiökemia ei ehkä tarjoaisi pääaineena kemiaa opiskelevien odottamaa kokemusta ja laboriiovälineiden käyttämisen oppimisesta olisi hyötyä myöhemmissä opinnoissa. Keittiökemian nähtäisi kuitenkin soveltuvan kemian opetukseen niille opiskelijoille, jotka eivät suuntaudu kemian alalle. Kotilaboriotarvikesetti suunniteltiin huolellisesti siten, että niillä tehtävät työt olisivat turvallisia kotona toteutettavaksi, mutta myös opetustavoitteiltaan sopivia ja riittäviä. Laboriokurssin etäopiskeluna suorittaneet opiskelijat saivat arvioinnista hieman paremmat tulokset ja pärjäsivät loppukokeissa merkittävästi paremmin. Tähän kuitenkin oletetaan vaikuttavan myös se, että etäopiskelijat ovat yleensä kypsempiä ja motivoituneempia. (Lyall ja Patti, 2010) Esimerkiksi Yhdysvalloissa eräässä yliopistossa tarjottiin yleisen kemian kurssia, jossa kokeellinen työskentely toteutettiin keittiökemian menetelmiä hyödyntäen (Casanova ym., 2006).

Gendjova (2007) tutki Bulgariassa kotona tehtävien tutkimusten vaikutusta seitsemäsluokkalaisten oppilaiden motivaatioon ja oppimiseen. Tutkimuksessa kontrolliryhmänä toimivat luokat, jotka suorittivat perinteisen opetussuunnitelman mukaisesti luokkahuoneessa joitakin laboratoriotöitä. Koeryhmälle annettiin kaksi pakollista tutkimusta ja useita valinnaisia tutkimuksia. Tutkimukset valittiin siten, että ne vastasivat opetuksen sisältöjä ja oppilaiden taitotasoa, minkä lisäksi ne olivat hauskoja, omaperäisiä ja monitieteisiä. Tavoitteena oli, että tutkimukset olisivat avoimia ja painottavat itsenäisyyttä. Niiden tavoitteena oli lisätä kemian ja elinympäristön välistä yhteyttä ja lisätä oppilaiden mielenkiintoa kemiaa kohtaan. Tehtävät voitiinkin suorittaa turvallisesti kotoa löytyvillä aineilla ja tarvikkeilla ilman valvontaa. Arviointia varten toteutettiin ennakko- ja jälkitestit, joilla selvitettiin oppimista. Koeryhmälle toteutettiin myös kyselytutkimus, jolla selvitettiin oppilaiden mielipiteitä. Lisäksi havainnoitiin oppilaiden käyttäytymistä. Koeryhmän jälkitestin tulokset olivat merkittävästi kontrolliryhmää paremmat. Suurimmat hyödyt vaikuttivat olevan muistamisen ja soveltamisen tasolla, mutta hyötyä oli myös ymmärtämisen tasolla. Kyselytutkimuksen perusteella oppilaat arvostivat kotona tehtävää kokeellisuutta ja he kokivat, että tehtävät eivät olleet vaikeita suorittaa. Eniten haasteita oli tarvittavien välineiden löytämisessä. Yli puolet koki, että he osasivat selittää täysin havaitun ilmiön ja suurin osa muista arvioi voivansa selittää ilmiön osittain. Melkein kaikki kokivat positiivisia tunteita tutkimuksia sisältävällä kurssilla, mistä voidaan päätellä myös kiinnostuksen kemiaa kohtaan kasvaneen. Lähes puolet oppilaista koki oppineensa tietoja ja taitoja tutkimuksista, mutta haluavat oppia lisää. Alle puolet koki, että olivat oppineet ja vain pieni osa vastasi, että ovat oppineet vain vähän tai ei lainkaan. Oppilaiden itseluottamus ja tyytyväisyys kasvoi ja oppilaat kehittivät kemian taitojen soveltamisessa arjessaan. (Gendjova, 2007)

Kotona toteutettavaan kemian kokeellisuuteen löytyy opetusmateriaalia, minkä lisäksi kotona tehtävää kokeellisuutta on myös tutkittu. Tutkimukset eivät ole kuitenkaan Zulifanin ym. (2018) mukaan näyttäneet tarkasti, miten luonnontieteen opetus koulussa ja kotona yhdistetään. He loivatkin mallin, jossa luonnontieteellisen tutkimuksen vaiheet käydään läpi kolmessa vaiheessa: Luokassa tapahtuva yhteistyössä tehty tutkimusta edeltävä osa, kotona suoritettava tutkimus ja tutkimuksen jälkeinen keskustelu jälleen luokassa. Tätä mallia kuvataan lyhenteellä T-H-E (*Take-Home-Experiment*). Mallin kokeelliset tutkimukset noudattavat tutkimusperustaista oppimista. Heidän mallissaan oppilaille annetaan tarvittavat välineet mukanaan kotiin. Mallia verrattiin yläkoululaisille toteutetussa tutkimuksessa kahteen verrokkiryhmään: perinteiseen opetusmenetelmään, jossa opettaminen tapahtui luennoiden ja tutkimukset toteutettiin todentavasti, sekä laboratoripohjaiseen opetusmenetelmään, jossa



tutkimuspohjainen työskentely toteutettiin koulussa ohjattuna siten, että siinä käsitellään kaikki luonnontieteellisen tutkimuksen vaiheet. Tutkimuksessa huomattiin, että tutkimusperustaisissa opetusmenetelmissä, oli se sitten toteutettu laboratoriossa tai kotona, oppilaiden asenne luonnontieteitä kohtaan parani toisin kuin perinteisellä opetuksella. Kotona toteutettujen töiden vaikutus asenteeseen oli suurin, mitä perusteltiin vapaudella, mikä lisäsi oppilaiden omistajuutta tutkimuksesta. Kotona tehtävien tutkimusten esitetään vähentävän luonnontieteiden opetuksen laadun eroja syrjäisemmissä kouluissa tai etäopetuksessa. (Zulifran ym., 2018)

Kokeellisia töitä kemian etäopetuksessa voidaan siis toteuttaa kahdella tavalla. Oppilaille voidaan antaa koulun puolesta tutkimuksen toteuttamista varten tarvittavat tarvikkeet (Lyall ja Patti, 2010; Zulifan ym., 2018) tai tutkimukset voidaan suunnitella siten, että niiden toteuttaminen onnistuu kotitalouksista yleisesti löytyvillä tarvikkeilla (Casanova ym., 2006; Gendjova, 2007). Kotona toteutettavilla kokeellisilla töillä vaikuttaa olevan positiivinen vaikutus sekä kemian oppimiseen että asenteeseen kemiaa kohtaan (Gendjova, 2007; Zulifan ym., 2018) Oppilaiden suorittamien kokeellisten töiden lisäksi kemian etäopetuksessa voidaan hyödyntää demonstraatioita (Kestin ym., 2020) ja virtuaalilaboratorioita (Penn ja Ramnarain, 2019).

#### **5.4. Etäopetuksen arviointi**

Etäopetuksen arviointi poikkeaa joiltain osin kontaktiopetuksen arvioinnista. Siinä, missä kontaktiopetuksessa voi arvioinnissa hyödyntää oppilaan läsnäoloa opetuksessa, ei se etäopetuksessa ole toimiva arviointikeino. Vaikka monet perinteiset arviointikeinot toimivat myös etäopetuksessa, on arvioinnissa huomioitava etäopetukselle tyypilliset piirteet. Koska etäopetuksen luonteeseen kuuluu kontaktiopetusta enemmän kirjoitettu viestintä, voi sitä hyödyntää myös arvioinnissa. Sähköinen viestintä itsessään osoittaa oppilaan kehittymistä, sillä kurssin loppupuolella tai jopa oppitunnin jälkeen oppilaan tulisi osoittaa viestissään laajempaa ymmärrystä aiheesta. Sekä oppilaiden keskinäisestä keskustelusta että oppilaan ja opettajan välisestä viestinnästä voi saada selville oppilaan osaamisen tasoa. Esimerkiksi esitettyjen kysymysten ja annettujen vastausten avulla on mahdollista arvioida opetuksessa tehtyjen havaintojen syvyyttä. (Wade, 1999)

Yksi etäopetuksessa hyödynnettävä tutkimusala on verkkovälitteisen formatiivisen arvioinnin (*online formative assessment*) tutkimus. Tutkimuksen perusteella välitön ja kohdennettu palaute oppilaan oppimisesta ja saavutuksista on hyödyllistä oppimisprosessin aikana. Verkkovälitteinen formatiivinen arviointi tukee sekä itsetuntoa että metakognitiivisia taitoja, sekä kehittää myös tosiasiallisen ja käsitteellisen tiedon tasoilla. Tämä on havaittu summatiivisen arvioinnin avulla. Hyvä arviointi auttaa selventämään suorituksen tavoitteita ja kriteerejä, tukee oppilaan reflektointia ja itsearviointia tehtävässä, tarjoaa korkealaatuista tietoa oppilaan oppimisesta, kannustaa oppimisesta keskustelemiseen opettajan ja vertaisoppilaiden kanssa, vahvistaa oppijan positiivista minäkuvaa ja itsetuntoa, tarjoaa mahdollisuuden kuroa umpeen senhetkisen ja halutun osaamisen aukkoa ja tarjoaa opettajalle oleellista tietoa opetuksen kehittämiseksi. Verkkovälitteisen formatiivisen arvioinnin tueksi on kehitetty useita menetelmiä ja työkaluja. Arviointimenetelmiä ovat muun muassa monivalintakysymykset, minuuttikysely ja e-portfolio. Arvioinnissa voidaan hyödyntää virtuaalisia oppimisympäristöjä eli oppimisalustoja sekä kyselytyökaluja. (McLaughlin ja Yan, 2017)

Monivalintakysymyksiä sisältävät testit antavat tärkeää ja välitöntä palautetta oppilaille siitä, mitkä sisällöistä he osaavat ja mitä heidän tulee harjoitella enemmän. Oikein/väärin -palautteen lisäksi palautteessa voidaan ohjata suoraan materiaaliin, josta heidän tulee aihetta opiskella. Minuuttikysely on lyhyt kysely, jolla opettajan on mahdollista saada arvokasta tietoa opetuksen tueksi tuomalla esiin esimerkiksi oppilaiden virhekäsityksiä. Minuuttikyselyssä voidaan kysyä esimerkiksi mitkä olivat opetuksen keskeisimmät asiat, mitä opetuksesta jäi ymmärtämättä tai mistä halutaan tietää lisää. Tavoitteena on saada rehellistä palautetta oppilailta oppimisprosessin kehittämiseksi. Kysely voidaan toteuttaa myös siten, että oppilaat voivat arvioida toistensa vastauksia. Tällöin oppilaat saavat useita näkökulmia oppitunnista. E-portfolioon voi puolestaan kerätä töitä pidemmältä aikaväliltä. Sen on tarkoitus kuvata oppijan tietoja, oppimisprosessia ja kehitystä. Portfolion rakentaminen voi auttaa oppilaita luomaan tavoitteita ja arvioimaan oppimisprosessin etenemistä. E-portfolioita voi hyödyntää myös vertaispalautteen saamisessa, mikäli ne ovat myös muiden oppilaiden nähtävissä. (McLaughlin ja Yan, 2017)

Oppimisalustat tarjoavat mahdollisuuden luoda kurssikohtaisen oppimiskokonaisuuden, johon saa lisättyä monipuolisesti kyselyitä ja tehtäviä kurssin ajaksi. Samalla se tarjoaa opettajalle mahdollisuuden tarkkailla oppilaiden suorituksia reaaliaikaisesti. Kyselytyökalut ovat usein tietokoneiden lisäksi tableteissa ja älypuhelimissa toimivia verkkopohjaisia ohjelmia, joilla voidaan toteuttaa kysely tai oppimispeli. Kyselyt voidaan suorittaa samanaikaisesti tai eri

aikoina missä tahansa verkkoyhteyden äärellä. Niissä voidaan kisata toisiaan vastaan tai niiden tuloksia voidaan arvioida ennalta määriteltyjen kriteerien perusteella. Tällaisia työkaluja ovat muun muassa *Socrative* ja oppimispelin kaltainen *Kahoot*. Oppilaat arvioivat nämä työkalut pidettäväksi, käyttäjäystävällisiksi ja motivoiviksi. (McLaughlin ja Yan, 2017)

Etäopetuksen arvioinnissa merkittävin ero kontaktiopetukseen on se, että suullisen viestinnän ja havainnoinnin sijaan vuorovaikutus tapahtuu sähköisesti ja pääosin kirjallisesti (Wade, 1999). Opiskelun ohjaamiseksi ja seuraamiseksi sekä palautteen antamisen tueksi on kehitetty useita oppimisalustoja ja työkaluja, joita voidaan käyttää etäopetuksen tukena. Lisäksi niitä hyödyntämällä voidaan lisätä myös sosiaalista vuorovaikutusta ja vertaisoppimista etäopetukseen. (McLaughlin ja Yan, 2017)

## 6. Tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten kemian opetuksen kokeellisuus muuttui kevätlukukauden 2020 aikana, kun suomalaiset peruskoulut siirtyivät etäopetukseen koronapandemian leviämisen ehkäisemiseksi (Valtioneuvosto, 2020). Kirjallisuuden avulla selvitettiin, mitä kemian kokeellinen opettaminen on ja millainen merkitys kokeellisuudella on kemian opetuksessa. Lisäksi selvitettiin, miten kokeellista kemian opetusta voidaan toteuttaa etäopetuksessa. Kyselytutkimuksen tulosten avulla arvioitiin, millä tavalla etäopetukseen siirtyminen muutti kemian kokeellisessa työskentelyssä ja sen arvioinnissa käytettyjä menetelmiä.

Yhtenä näkökulmana tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää opettajien kokemuksia etäopetukseen siirtymisestä. Opettajien arjessa kokemien havaintojen perusteella toivottiin selviävän kirkas kuva etäopetuksen luomista haasteista ja hyödyistä kemian opetuksessa. Mielenkiintoista oli myös kysymys, voisiko etäopetuksessa opittuja menetelmiä tai tapoja hyödyntää kontaktiopetukseen palaamisen jälkeen.

Tutkimuskysymyksinä tässä tutkielmassa olivat

1. Miten kokeellisuutta toteutetaan ja arvioidaan peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksessa?
2. Miten kokeellisuutta toteutettiin ja arvioitiin peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksessa etäopetuksessa keväällä 2020?
3. Millaiseksi opettajat kokivat kemian kokeellisuuden etäopetuksessa?

## 7. Tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, jonka avulla selvitettiin opettajien kokeellisen kemian opetuksen ja arvioinnin tapoja keväällä 2020 kontakti- ja etäopetuksessa. Kyselytutkimus toteutettiin sähköisenä Webropol-lomakkeena. Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä määrällisiä että laadullisia menetelmiä strukturoitujen, puolistrukturoitujen ja avoimien kysymysten muodossa.

Strukturoiduissa kysymyksissä oli vastausvaihtoehtoina pääosin viisiportainen järjestysasteikko. Viisiportaisen järjestysasteikon sisältävistä kysymyksistä laskettiin frekvenssit, aritmeettinen keskiarvo ja keskihajonta KvantiMOTV:n (2020) menetelmien mukaisesti. Keskiarvoa ja keskihajontaa laskettaessa vastausvaihtoehdot numeroitiin hierarkkisessa järjestyksessä: 1=ei koskaan, 2=harvoin, 3=joskus, 4=usein, 5=aina. Saaranen-Kauppisen ja Puusniekan (2006) esittämiä laadullisia sisällönanalyysin menetelmiä käytettiin avoimien kysymysten analysoimiseksi. Puolistrukturoitujen ja avoimien kysymysten vastaukset analysoitiin ja järjesteltiin taulukoiksi.

Kyselylomake koostui seuraavista osista:

- Taustatiedot
- Kokeellisuus kontaktiopetuksessa ja etäopetuksessa
- Etäopetukseen siirtymisen vaikutus kokeellisuuteen
- Kokeellisuuden arviointi kontaktiopetuksessa ja etäopetuksessa

Taustatietojen perusteella nähtiin, tavoittiko kysely monipuolisesti erilaisia kemian opettajia. Kysymykset kokeellisuudesta ja kokeellisuuden arvioinnista esitettiin kaksi kertaa, jotta vastauksia oli mahdollista verrata toisiinsa. Ensimmäisellä kerralla vastaajia pyydettiin

vastaamaan kysymyksiin tammikuun ja maaliskuun 2020 välillä olleen kontaktiopetuksen mukaan ja toisella kerralla maaliskuun ja toukokuun 2020 välillä olleen etäopetuksen mukaan. Kyselyn osiot kokeellisuudesta ja kokeellisuuden arvioinnista koostuivat pääosin viisiportaisista järjestysasteikollisista väitteistä, mutta osioissa annettiin myös mahdollisuuksia kertoa lisää ja perustella vastauksia. Etäopetukseen siirtymisen vaikutus kokeellisuuteen -osio koostui puolestaan neljästä puolistrukturoidusta tai avoimesta kysymyksestä.

## 8. Tutkimusaineisto

Kyselytutkimuksen aineisto kerättiin alkusyksyn 2020 aikana kirjallisuuteen perehtymisen jälkeen. Tutkimus toteutettiin loppuvuoden 2020 aikana. Tutkimusaineisto koostui kemian opettajien vastauksista kyselylomakkeeseen. Kyselylomake on tutkielman liitteenä (LIITE 1).

Kyselylomake lähetettiin kemian opettajille syksyllä 2020 kolmea reittiä pitkin. Lomake lähetettiin *Kemian opettajat -vertaisryhmä* Facebook-ryhmään, jonka jäsenenä on yli 1400 kemian opettajaa ja opettajaksi opiskelevaa sekä *LUMA-aineiden opetus* Facebook-ryhmään, jossa on lähes 1700 luonnontieteiden ja matematiikan opettajaa. Lisäksi se lähetettiin Keski-Pohjanmaan ja Keski-Suomen MAOL-paikallisyhdistysten toimijoille eteenpäin paikallisyhdistyksen sähköpostilistoille jaettavaksi, mutta valitettavasti tätä kautta ei saatu yhtäkään vastaajaa. Jakamalla kyselyä mahdollisimman laajasti toivottiin kemian opettajia mahdollisimman kattavasti edustava vastaajajoukko. Kyselyyn vastasi 27 opettajaa, jotka muodostavat alle prosentin (0,9 %) kohderyhmästä.

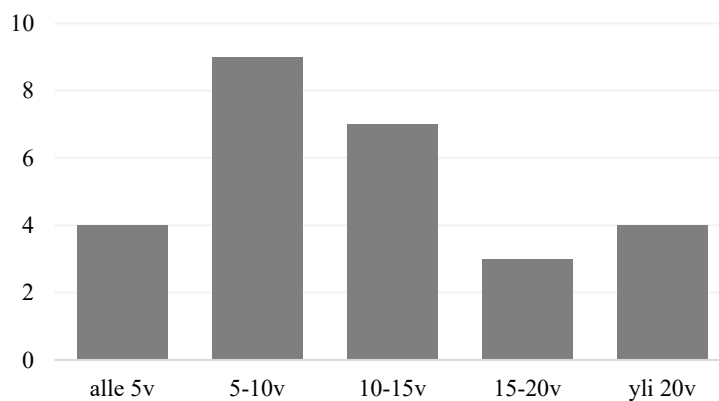
## 9. Tulokset ja tulosten analyysi

Tässä luvussa esitellään kyselytutkimuksen tulokset. Tulokset on jaettu alalukuihin kyselytutkimuksen osioiden mukaisesti. Likert-asteikolliset kysymykset on esitetty taulukkoina tulosten selkeyttämiseksi (KvantiMOTV, 2020). Puolistrukturoitujen ja avoimien kysymysten vastauksia luokiteltiin soveltuvin osin taulukoiksi ja aineistolainauksiksi nostettiin avoimien kysymysten vastausten teemoja tyypitteleviä vastauksia (Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka, 2006).

### 9.1. Kyselyyn vastaajien taustatiedot

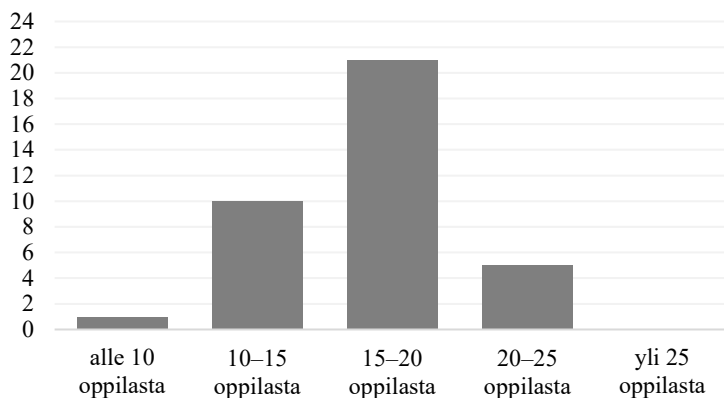
Kyselyyn vastasi 27 kemian opettajaa. Vastaajista suurin osa on opiskellut kemiaa syventävät opinnot ( $f=11$ ) tai aineopinnot ( $f=12$ ). Loput ovat opiskelleet kemian perusopinnot ( $f=1$ ) tai vähemmän ( $f=3$ ). Kyselyyn vastaajien kemian opiskelutausta vastaa muita suomalaisille kemian opettajille kohdistettujen kyselytutkimuksen vastaajajoukkoja (Hopea-Manner, 2018; Kärnä ym., 2012).

Opetuskokemus jakaantui vastaajien välillä melko tasaisesti (Kuva 6). Opetuskokemus vastaa myös muita kemian opettajille kohdistettujen kyselytutkimusten vastaajajoukkoja. (Hopea-Manner, 2018; Kärnä ym., 2012). Opiskelutaustan ja opetuskokemuksen perusteella kyselytutkimuksen aineisto kuvaa suomalaisia kemian opettajia hyvin.



Kuva 6. Kyselyyn vastanneiden kemian opettajien opetuskokemus vuosissa ilmaistuna.

Suurin osa vastaajien opettamista opetusryhmistä oli kooltaan 15–20 oppilasta (57 %). Muita ryhmäkokoja olivat 10–15 oppilasta (27 %), 20–25 oppilasta (14 %) ja alle 10 oppilasta (3 %). Yli 25 oppilaan ryhmiä ei ollut lainkaan. Opetusryhmien ryhmäkoot on esitetty kuvassa 7. Kyselytutkimukseen vastanneiden kemian opettajien opettamien ryhmien koot olivat samankaltaisia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa esitetyt suomalaisten koulujen kemian opetusryhmien ryhmäkoot (Hopea-Manner, 2018; Kärnä ym., 2012).



Kuva 7. Kyselyyn vastanneiden opettajien kemian opetusryhmien ryhmäkoot kevätlukukaudella 2020.

## 9.2. Kokeellinen työskentely kontakti- ja etäopetuksessa

Tässä tutkimuksessa kokeellinen työskentely määritellään laajasti siten, että oppilastöiden lisäksi kokeellisuudeksi lasketaan opettajan toteuttamat demonstraatiot ja virtuaalilaboratoriossa tapahtuva työskentely. Kokeellisen työskentelyn määrä vähentyi merkittävästi etäopetukseen siirtymisen jälkeen (Taulukko 11). Kontaktiopetuksessa suurin osa vastaajista (85 %) sisällytti kokeellisuutta vähintään joka toiseen oppituntiin, mikä toteutuu avoimien vastausten perusteella hyvin esimerkiksi kaksoistunneilla:

*”Pyrin aina löytämään, ainakin kaksoistunneille, jonkun kokeellisen työn. 45 minuutin oppitunti menee monesti hyvin teorialuntina.”*

Opettajien vastaukset kontaktiopetuksessa tapahtuvan kokeellisuuden määrästä vastasivat hyvin kirjallisuuden arvoja suomalaisesta kemian kokeellisesta opetuksesta. Kärnän ym. (2012) tutkimuksen mukaan suomalaisista kemian opettajista 89 % hyödyntää kokeellisia tutkimuksia oppitunneilla usein tai lähes aina. Vastaavasti demonstraatioita hyödyntää usein tai lähes aina 72 % suomalaisista opettajista.

Taulukko 11. Kyselytutkimukseen vastanneiden kemian opettajien kokeellisten opetusmenetelmien käyttäminen suomalaisissa peruskouluissa kevätlukukaudella 2020 tapahtuneessa kontakti- ja etäopetuksessa.

Kategoriat	Kontaktiopetuksessa	Etäopetuksessa
Joka oppitunti	8	4
Joka toinen oppitunti	15	5
Joka kolmas oppitunti	3	13
Harvemmin	1*	5

\*Vastaaja kertoi opettaneensa alkukevään kontaktiopetuksessa jaksollista järjestelmää, minkä yhteydessä oli pari kokeellista työtä.

Etäopetuksessa vähintään joka toinen tunti kokeellisuutta käytti vain kolmasosa (33 %) kemian opettajista. Kuitenkin etäopetuksessa lähes puolet (48 %) kemian opettajista käytti kokeellisuutta joka kolmas oppitunti. Kaksi opettajaa, jotka kertoivat käyttävänsä kokeellisuutta etäopetuksessa harvemmin kuin joka kolmas oppitunti, kertoi toteuttavansa kokeellisuutta joka neljäs tai joka viides oppitunti.

Kokeellisen työskentelyn määrän lisäksi kokeelliseen työskentelyyn käytetyn ajan määrä väheni huomattavasti etäopetukseen siirryttäessä (Taulukko 12). Kontaktiopetuksessa useimmin käytettiin kokeellisuuteen puolet oppitunnista (keskiarvo 3,37). Kokeellisuuteen varattiin pieni osa oppitunnista (keskiarvo 2,65) tai koko oppitunti (keskiarvo 2,81) lähes yhtä usein. Etäopetuksessa yleisintä oli käyttää kokeellisuuteen pieni osa oppitunnista (keskiarvo 2,65). Kokeellisuutta oli etäopetuksessa välillä puolet oppitunnista (keskiarvo 2,26), mutta ei juurikaan koko oppituntia (keskiarvo 1,56).

Taulukko 12. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Jos oppitunnilla oli kokeellisuutta, siihen käytettiin oppitunnista...” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskiahajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Pieni osa	2	0	7	4	15	6	2	11	0	5	2,65	3,65	1,67	2,19
Puolet	1	9	1	5	13	10	11	3	1	0	3,37	2,26	1,81	2,42
Kokonaan	1	6	10	8	9	2	5	1	1	0	2,81	1,56	2,10	1,65



Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2014) mukaan kemian opetuksen lähtökohtana on aineiden ja ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen. Opettajien vastauksista kysymyksiin kokeellisen opetuksen määrästä kontaktiopetuksessa (Taulukko 11 ja Taulukko 12) voidaan havaita, että kokeellisuus on opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti merkittävä osa opetusta. Etäopetuksessa kokeellisuutta on hyödynnetty säännöllisesti, mutta erot opettajien toteuttamassa opetuksessa ovat suurempia. Opettajien vastauksista voidaan päätellä, että etäopetuksessa kokeellisuus ei ole ainakaan ajallisesti merkittävä osa keskimääräistä kemian opetusta. Tulkinnessa on kuitenkin huomioitava, että opettajien vastauksissa näkyvät erot voivat liittyä myös kysymyksen tulkintaan. Esimerkiksi Kärnän ym. (2012) tutkimuksessa kokeellinen työskentely sekä ilmiöiden syiden ja seurausten pohtiminen on erotettu toisistaan. Voikin olla, että osa opettajista on tulkinnut ilmiön syiden ja seurausten pohtimisen esimerkiksi teorian opettamiseksi eikä tällöin laske sitä kokeelliseksi opetuksiksi, vaikka opetus pohjautuisikin ilmiön syiden ja seurausten pohtimiseen. Opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) ongelman tai ilmiön sekä tulosten pohtiminen on laskettu tutkimusprosessin vaiheiksi ja siksi ne on tulkittu tässä tutkimuksessa kuuluvan kokeellisuuteen ja osaksi kokeellisia opetusmenetelmiä.

Kokeellisia opetusmenetelmiä käytetään kyselyyn osallistuneiden opettajien vastausten perusteella kontaktiopetuksessa melko monipuolisesti (Taulukko 13). Eri opetusmenetelmien käyttämistä selvittävässä kysymyksessä esitettiin viisi eri kokeellista opetusmenetelmää, minkä lisäksi kysymyksessä annettiin mahdollisuus kertoa jonkin muun kokeellisen opetusmenetelmän käytöstä. Etäopetukseen siirryttäessä painotukset eri kokeellisten opetusmenetelmien välillä muuttuivat, mutta eri opetusmenetelmiä käytettiin edelleen melko monipuolisesti.

Taulukko 13. Opettajien vastaukset kysymykseen ”Jos oppitunti sisälsi kokeellisuutta, se sisälsi...” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Demonstraation (live/video)	0	2	7	1	18	4	2	16	0	4	2,81	3,70	1,27	2,35
Perinteisen laboratoriotyön	0	19	0	4	7	3	18	1	2	0	3,81	1,48	1,27	1,94
Mikrokemian työn	12	23	7	3	7	1	1	0	0	0	1,89	1,19	2,13	1,10
Keittiökemian työn	4	5	9	2	13	8	1	12	0	0	2,41	3,00	1,82	2,61
Virtuaalilaboratoriotyön	11	11	8	5	8	4	0	7	0	0	1,89	2,26	1,93	2,87
Muun kokeellisen työn	13	11	0	0	1	3	1	2	1	1	1,56	1,94	2,19	2,49

Taulukossa 13 esitettyjen opettajien vastausten mukaan kontaktiopetuksen yleisin kokeellinen opetusmenetelmä on perinteinen laboratoriotyö (keskiarvo 3,81). Seuraavaksi yleisimmin esitetään demonstraatioita (keskiarvo 2,81) sekä tehdään keittiökemian töitä (keskiarvo 2,41). Vähiten opetuksessa hyödynnetään mikrokemian töitä (keskiarvo 1,89), virtuaalilaboratoriotöitä (keskiarvo 1,89) ja muita kokeellisia töitä (keskiarvo 1,56). Kysymykseen muista kokeellisista töistä kontaktiopetuksessa mainittiin työselostuksen kirjoittaminen sekä pelilliset tehtävät.

Kyselyyn vastanneiden opettajien yleisin etäopetuksen kokeellinen opetusmenetelmä oli demonstraation esittäminen (keskiarvo 3,70). Seuraavaksi useimmin opettajat käyttivät keittiökemian töitä (keskiarvo 3,00) ja virtuaalilaboratoriotöitä (keskiarvo 2,26). Vastaavia kokeellisen etäopetuksen menetelmiä on käytetty myös kirjallisuudessa esitetyissä tutkimuksissa. Keittiökemian toteuttamista etäopetuksena kotoa löytyvillä välineillä on tutkinut muun muassa Casanova ym. (2006) ja Gendjova (2007). Kestin ym. (2020) on havainnut demonstraatiot toimivaksi myös etäopetuksessa ja Penn ja Ramnarain (2019) toteavat myös virtuaalilaboratoriotyöskentelyn soveltuven etäopetukseen. Näiden lisäksi kirjallisuudessa on esitelty kokeellisen etäopetuksen malleja, joissa tarvittavat välineet saadaan koululta (Lyall ja Patti, 2010; Zulifran ym., 2018). Tätä mallia ei kuitenkaan toteutettu tämän tutkimuksen opettajien vastausten perusteella.

Opettajien vastauksista kyselytutkimukseen selviää, että kontaktiopetuksessa yleisimmän kokeellisen opetusmenetelmän, perinteisten laboratoriotyön, käyttäminen opetuksessa väheni

etäopetukseen siirryttäessä merkittävästi (keskiarvo 1,48). Opettajat hyödynsivät etäopetuksessa myös mikrokemian töitä hieman vähemmän (keskiarvo 1,19), kun taas muita kokeellisia töitä hieman enemmän (keskiarvo 1,94). Etäopetuksen muiksi kokeellisiksi töiksi mainittiin esimerkiksi laborointityö muutettuna itsenäisesti kotoa löytyvillä välineillä toteutettavaksi sekä molekyyli mallien rakentaminen kotoa löytyvillä välineillä. (Taulukko 13)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) ohjataan monipuolisiin työtapoihin ja oppimisympäristöihin ja voidaan ajatella, että opettajien vastausten perusteella tämä on saavutettu ainakin kontaktiopetuksessa. Tieto- ja viestintäteknologiaa on hyödynnetty luontevasti osana oppimisympäristöjä sekä kontakti- että etäopetuksessa. Etäopetuksen osalta on huomioitava, että kokeellisuutta hyödynnettiin määrällisesti vähemmän kuin kontaktiopetuksessa. Siksi taulukossa 13 esitettyjen opetusmenetelmien yleisyyttä kontakti- ja etäopetuksen välillä ei voi suoraan verrata. Opetusmenetelmien käyttöä selvittävässä kysymyksessä ei otettu kantaa tutkimuksen laajuuteen, sillä avoimien ja suljettujen tutkimusten hyödyntämistä selvitettiin erillisessä kysymyksessä.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) ohjataan sekä selvästi rajattujen, suljettujen tutkimuksen toteuttamiseen, että avoimiin tutkimuksiin, joiden suunnitteluun ja etenemiseen oppilaat voivat vaikuttaa. Oppilaiden osallisuutta tutkimusten suunnitteluun ja toteuttamiseen korostetaan opetussuunnitelman perusteissa ja kokeellista työskentelyä tutkivassa kirjallisuudessa osallisuuden on todettu vaikuttavan myönteisesti oppilaiden sitoutumiseen ja mielenkiintoon tehtävää kohtaan (Price ja Felder, 2017; Yip ym., 2012). Taulukosta 14 nähdään, minkä verran oppilailla oli vapautta vaikuttaa toteuttamaansa työhön. Kysymys ei kuitenkaan vastaa suoraan kysymykseen siitä, oliko tehtävä suljettu, reseptimäinen tehtävä vai kenties avoimempi tehtävä, jossa on tavoitteena myös suunnitella työn toteutus.

Taulukko 14. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Kokeellista työtä tehdessä...” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Kaikki oppilaat tekivät saman työn	0	1	0	1	0	0	10	9	17	16	4,63	4,41	1,12	2,21
Oppilas sai valita määrätystä töistä mieleisen	20	17	6	3	1	2	0	5	0	0	1,3	1,81	1,24	2,76
Oppilas sai toteuttaa minkä tahansa aiheeseen liittyvän työn	23	20	4	3	0	3	0	1	0	0	1,15	1,44	0,83	1,93
Työhön liittyvä teoria esiteltiin ensin	2	1	3	3	15	10	7	13	0	0	3	3,3	1,90	1,88
Oppilaat johtivat teorian työn aikana	2	6	9	5	10	9	6	7	0	0	2,74	2,63	2,06	2,54
Työ toimi johdantona, jonka jälkeen esiteltiin teoria	0	0	4	6	6	13	13	6	4	2	3,63	3,15	2,11	1,97

Opettajat käyttivät kontaktiopetuksessa hyvin vähän valinnaisuutta osana kokeellista työskentelyä (Taulukko 14). Kyselyyn vastanneista kemian opettajista 63 % teetti kaikilla oppilailta saman työn aina ja loput 37 % teetti kaikilla oppilailta saman työn usein. Valinnaisuus kokeellisuudessa kasvoi hieman etäopetukseen siirryttäessä, vaikka edelleen suurimmaksi osaksi kaikki oppilaat toteuttivat saman ennalta määrätyn työn. Vastauksissaan avoimiin kysymyksiin moni opettaja (f=8) perusteli etäopetuksen kokeellisuuden valinnaisuutta sillä, että oppilaita ei voinut velvoittaa ostamaan itse mitään töissä tarvittavia materiaaleja. Useimpien avoimien vastausten perusteella kokeellisen työn vaihtoehtona oli demonstraationa toimiva video:

*”Kokeellinen työskentely joutui pienempään rooliin, sillä en saanut odottaa oppilailta olevan tarvikkeita eli en voinut vaatia heidän tekevän mitään. Näin jouduin käyttämään videoita paljon... (Onneksi kovapäisesti tarjosin bonustehtävänä ”hyvästä wilmasta” oppilaille kokeellisia töitä, jotka suurin osa teki.)”*

Kirjallisuudessa esitetyissä etäopetuksen tutkimuksissa oppilaille annettiin sekä pakollisia että valinnaisia itse toteutettavia tehtäviä (Vick, 2012; Gendjova, 2007), joten vastaukset poikkeavat jossakin määrin kirjallisuudessa esitetyistä kokeellisen etäopetuksen malleista. Kirjallisuudessa

mainittiin myös malleista, joissa oppilaille annettiin kotiin tarvikkeet kokeellisia töitä varten (Lyall ja Patti, 2010; Zulifran ym., 2018) Kyselytutkimuksessa ei tullut ilmi, että opettajat olisivat tarjonneet oppilaille mahdollisuutta saada koululta kokeellisissa töissä tarvittavia tarvikkeita, joiden avulla jokainen oppilas olisi saanut tehtyä opettajan suunnittelemat kokeelliset tehtävät. Oppilaiden ja mahdollisesti opettajienkin työskennellessä kotona, olisi tarvikkeiden hakeminen koululta ollut vaikeaa eikä koululla vierailemiseen olisi todennäköisesti saanut lupaa sosiaalisten kontaktien välttämisen vuoksi.

Kemian kokeellisessa työskentelyssä voidaan vaihdella kokeellisen työn ja siihen liittyvän teorian esittämisen järjestystä. Mikäli teoria esitetään ennen kokeellista työtä, on kyseessä todentava tai ongelmalähtöinen oppiminen. Jos teoria johdetaan työn aikana tai esitellään työn jälkeen, puhutaan keksintöperustaisesta tai tutkimusperustaisesta oppimisesta. Opetusmenetelmät painottavat eri tutkimuksen vaiheita: tutkimus- ja keksintöperustaisessa opetusmenetelmässä korostuvat tutkimusvälineiden käyttäminen ja tutkimusmenetelmien oppiminen, kun tutkimusperustaisessa ja ongelmaperustaisessa työskentelyssä keskitytään soveltamaan opittua tietoa toteuttamisen lisäksi suunnittelemalla tutkimus. (Domin, 1999; Mustaffa ja Ismail, 2013)

Teorian ja työn järjestykseen ei etäopetukseen siirtymisellä ollut juurikaan merkitystä (Taulukko 14). Kontakti- ja etäopetuksessa käytettiin lähes yhtä usein järjestystä, jossa kokeellisuus toteutettiin ennen teorian esittämistä (keskiarvo kontaktiopetuksessa 3,63 ja keskiarvo etäopetuksessa 3,15) sekä järjestystä, jossa teoria opetettiin ennen kokeellista työtä (keskiarvo kontaktiopetuksessa 3 ja keskiarvo etäopetuksessa 3,3). Myös teorian johtamista työn aikana käytettiin lähes yhtä paljon (keskiarvo kontaktiopetuksessa 2,74 ja keskiarvo etäopetuksessa 2,63). Vastausten perusteella voidaan päätellä, että opettajat käyttivät monipuolisia opetustapoja niin kontakti- kuin etäopetuksessa.

Kokeellisen työskentelyn toteutustapa muuttui etäopetukseen siirryttäessä pari- ja ryhmätyöstä yksilötyöskentelyyn (Taulukko 15). Kontaktiopetuksessa 96 % kemian opettajista vastasi toteuttavansa kokeellisuuden paritöinä usein tai aina. Ryhmätyöskentelyä hyödynnettiin jonkin verran (keskiarvo 2,74), mutta yksilötyöskentelyä ei käytetty merkittävästi (keskiarvo 1,74). Osa vastaajista kertoi avoimessa kysymyksessä käyttävänsä vain pari- ja ryhmätöitä koulun suppean välineistön vuoksi. Etäopetuksessa kyselyyn vastanneista opettajista kaksi käytti harvoin parityöskentelyä etäopetuksessa, muuten kokeellisuus toteutettiin täysin

yksilötyöskentelynä. Yksi vastaajista perustelikin vastaustaan vain yksilötyöskentelystä avoimen kysymyksen vastauksessaan:

*”En tietenkään teettänyt paritöitä. Ei tietenkään voinut kehottaa ketään menemään kylään.”*

Taulukko 15. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Kokeellinen työskentely toteutettiin...” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Yksilötyönä	12	2	10	0	5	0	0	2	0	23	1,74	4,63	1,74	2,46
Parityönä	0	25	0	2	1	0	21	0	5	0	4,15	1,07	1,04	0,61
Ryhmätyönä	3	27	7	0	11	0	6	0	0	0	2,74	1,00	2,15	0,00

Parityöskentelyä etäopetuksessa käyttäneet eivät kertoneet, millä tavalla yhteistyö oli toteutettu, mutta oletettavasti yhteistyö on kuitenkin tapahtunut etäopetuksen keinoin viestintäteknologiaa hyödyntäen. Myös tutkimuskirjallisuuden mukaan etäopetuksen tukena käytettäviä oppimisolustoja voidaan hyödyntää myös sosiaaliseen vuorovaikutukseen ja vertaisoppimiseen (McLaughlin ja Yan, 2017).

Opettajat valitsevat oppitunneilla tehtävät kokeelliset työt eri kriteerien mukaan. Kokeellisen työn valinnassa tärkeinä pidetyissä asioissa tärkeimpänä pidettiin käytännön ja teorian yhdistämistä niin kontaktiopetuksessa (keskiarvo 4,70) kuin etäopetuksessa (keskiarvo 4,56). Kontaktiopetuksessa pidettiin taulukossa 16 esitettyjä kategorioita oppilaiden työskentelyn itsenäisyyttä lukuun ottamatta ainakin joskus tärkeinä kokeellista työskentelyä suunnitellessa. Etäopetukseen siirryttäessä kokeellisen työskentelyn tärkeys esitettyjen kategorioiden perusteella laski kokonaisuudessaan (keskiarvosta 4,17 keskiarvoon 3,53). Joissain opettajien vastauksissa avoimiin kysymyksiin esitettiin kokeellisessa työskentelyssä tärkeäksi sisällöksi näiden kategorioiden lisäksi raportoinnin oppiminen.

Taulukko 16. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Valitessani kokeellista työtä minulle oli tärkeää...” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Tutkimusmenetelmien oppiminen	0	1	0	5	2	4	18	13	7	4	4,19	3,52	1,27	2,48
Laitteiden ja välineiden käytön oppiminen	0	6	0	10	3	3	19	6	5	2	4,07	2,56	1,25	2,92
Käsitteiden ymmärtämisen vahvistaminen	0	0	0	1	0	1	15	12	12	13	4,44	4,37	1,15	1,69
Käytännön ja teorian yhdistäminen	0	0	0	0	0	1	8	10	19	16	4,70	4,56	1,06	1,32
Kemian mielekkyyden lisääminen	0	0	0	0	0	1	13	10	14	16	4,52	4,56	1,16	1,32
Ryhmätyöskentelytaitojen vahvistaminen	0	18	0	4	5	5	16	0	6	0	4,04	1,52	1,48	1,83
Oppilaiden työskentelyn itsenäisyys	1	2	3	1	12	8	10	10	1	6	3,26	3,63	1,96	2,54

Kokeellisen työn valinnassa tärkeinä pidetyissä asioissa voidaan huomata erityisesti kemian etäopetukselle tyypilliset kokeellisuuden piirteet ja muutos opettajien tärkeinä pitämien asioiden painotuksessa. Kemian etäopetuksessa kirjallisuudessa havaitut haasteet muodostuvat pääosin laboratorioympäristön puuttumisella, mikä rajoittaa kemian tieteenalalle oleellista kokeellista työskentelyä (Wang, 2009). Suomalaisista kemian opettajista 95 % pitääkin luonnontieteiden luonteen oppimista tärkeänä oppimistavoitteena (Kärnä ym., 2012). Laboratorioympäristön puuttuessa kemian kokeellisen työskentelyn tavoitteisiin kemian tieteenalan tutkimusmenetelmien ymmärtämisestä pyritään pääsemään korvaavien keinojen, kuten demonstraatioiden, virtuaalilaboratoriotyöskentelyn ja keittiökemian avulla. Tällöin kuitenkin menetetään laitteiden käytön oppiminen ja tutkimusmenetelmien oppimista pidetään puutteellisena, sillä itse toteutettu kokeellinen työskentely tapahtuu sähköisesti tai muilla kuin kemian laboratoriotyöskentelyyn suunnitelluilla välineillä ja reagensseilla (Lyall ja Patti, 2010).

Taulukosta 16 havaitaan, että kemian opettajat pitivät tutkimusmenetelmien oppimista sekä laitteiden ja välineiden käytön oppimista tärkeämpänä valitessaan kokeellisia töitä kontaktiopetuksessa kuin etäopetuksessa. Opettajien vastauksissa avoimiin kysymyksiin havaitaan, että juuri näiden taitojen harjoittelun puutetta pidettiin merkittävänä, sillä niitä ei voitu toteuttaa kontaktiopetuksen laajuudessa etäopetuksessa:

*”Virtuaalitoteutus ei myöskään korvaa täysin aitoa labratyöskentelyä. Koin menetelmät lähinnä hätävarana, joka jotenkin paikkailisi kokeellisessa työskentelyssä syntynyttä vajetta, jotta kokeellisuus ei jäisi kokonaan pois, mutta ko. menetelmät eivät ikinä täysin korvaisi kokeellista työskentelyä.”*

Käytännön ja teorian yhdistämistä pidettiin hiukan harvemmin tärkeänä etäopetuksessa (keskiarvo 4,56) kuin kontaktiopetuksessa (keskiarvo 4,70), vaikka molemmissa se nähtiin usein tärkeänä (Taulukko 16). Avoimien kysymysten vastauksissa huomattiinkin, että etäopetus mahdollistaa kemian havaitsemisen arjessa ja ympäristössä mahdollisesti kouluympäristöä monipuolisemmin:

*”Tosin tämä opetus lisäsi kemian huomaamista arkielämässä”*

Teorian ja käytännön yhdistämistä pidetään opetusmenetelmistä etuna erityisesti keittiökemiassa (Nuora ja Välisaari, 2019) ja tutkimusperustaisessa oppimisessa (Price ja Felder, 2017).

Oppilaiden työskentelyn itsenäisyyttä pidettiin melko tärkeänä kontaktiopetuksessa (keskiarvo 3,26) ja etätyöskentelyssä hieman tärkeämpänä (keskiarvo 3,63). (Taulukko 18) Kontaktiopetuksessa kokeellinen työskentely toteutettiin pääosin pari- ja ryhmätöinä, jolloin oppilas oppii itsenäisen työskentelytaitojen lisäksi ryhmätyöskentelytaitoja. Etäopetuksessa kokeellisuus toteutettiin kuitenkin yksilötyöskentelynä, jossa on tarkoituksena harjoitella itsenäistä työskentelyä. (Price ja Felder, 2017) Itsenäinen työskentely on Keeganin (2013) mukaan tärkeä piirre etäopetuksessa, vaikka etäopetusta voi toteuttaa sekä hyvin itsenäisesti että hyvin ohjatusti. Hyvin ohjatusti toteutetussa etäopetuksessa opettaja asettaa oppimistavoitteet, oppimistavat, materiaalit ja arvioinnin. Kemian opettajat vaikuttavatkin toteuttaneen etäopetusta hyvin ohjatusti. Itsenäisyyden tarvetta vähensi etäopetuksessa ennalta määrätyt työt (Taulukko 15) ja demonstraatioiden hyödyntäminen (Taulukko 14). Opettajien vastauksista ei käy suoraan ilmi, että he olisivat valinneet opetusmenetelmiä sillä perusteella, että oppilailta ei odoteta liian itsenäistä työskentelyä, mutta ajatuksen voi tulkita joistain opettajien vastauksista avoimiin kysymyksiin.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) todetaan, että oppilaiden ohjaaminen itsenäiseen työskentelyyn ja tunnistamaan omia oppimistapoja on



kemian tavoitteiden kannalta keskeistä. Oppilaiden taidot itsenäisessä työskentelyssä poikkeavat toisistaan, mikä on huomioitava oppilaiden saamassa tuessa. Kontaktiopetuksessa tukea tarvitsevat oppilaat voi havaita helpommin kuin etäopetuksessa, jossa vuorovaikutus on rajatumpaa. Etäopetuksessa voi pärjätä jopa kontaktiopetusta paremmin sellaiset oppilaat, joiden itsenäisen työskentelyn taidot ovat hyvät ja jotka eivät pidä ryhmätöistä, tai pitävät ryhmässä työskentelyä vaikeana. Etäopetuksessa haasteita on todennäköisemmin sellaisilla oppilailta, jotka tarvitsevat enemmän tukea itsenäiseen työskentelyyn. Valtioneuvoston (2020) päätöksen mukaisesti etäopetukseen ei siirretty erityisen tuen päätöksen saaneita oppilaita, jotka tarvitsivat lähiopetusta. Yleistä ja tehostettua tukea saavat oppilaat kuitenkin työskentelivät etäopetuksessa. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty opettajien tarjoamaa yksilöllistä tukea.

Kemian mielekkyyden lisäämistä kokeellisen työskentelyn avulla pidettiin yhtä tärkeänä etäopetuksessa (keskiarvo 4,56) kuin kontaktiopetuksessa (keskiarvo 4,52). Kemian mielekkyyden lisäämistä ei kuitenkaan mainittu lainkaan vastauksissa avoimiin kysymyksiin. Yhdessä vastauksessa tosin todettiin motivaatioon vaikuttaneen vaikeus löytää välineitä ja aineita kotoa sekä motivaation puutteen vaikuttavan kokeellisuuteen:

*”Oppilaat eivät löytäneet kotoa tarvittavia aineita tai välineitä tai eivät halunneet tehdä annettuja töitä”*

Myös Gendjova (2007) on havainnut tutkimuksessaan kotona toteutettavien kokeellisten töiden yleisimmäksi haasteeksi oppilaiden vaikeuden löytää tarvittavia välineitä. Hänen tutkimuksessaan todettiin, että oppilaat pääosin arvostivat kotona tehtävää kokeellisuutta ja melkein kaikki kokivat niissä positiivisia tunteita. Yllä esitetystä avoimesta vastauksessa ei kuitenkaan käy ilmi, minkälaiseen osaan opetusryhmistä sanalla *oppilaat* viitataan. Toisessa avoimesta vastauksessa painotettiin tietojen ja taitojen oppimisen tärkeyttä kemian kokeellisuudessa huomioiden. Tämä ei kuitenkaan poissulje mielekkyyden lisääntymistä:

*”En harrasta temppukemiaa eli näyttäviä demoja, joiden teoriaa oppilaat eivät ymmärrä. Työn ja demon on siis opetettava tietoja ja taitoja. Elämyksiä tulee kaupan päälle.”*

Opettajat pitivät ryhmätyöskentelytaitojen oppimista kokeellisessa työskentelyssä tärkeänä kontaktiopetuksessa (keskiarvo 4,04), mikä vastaa myös aikaisempia tutkimuksia (Hopea-

Manner, 2018) sekä perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2014) opetuksen tavoitetta T6:

*”ohjata oppilasta toteuttamaan kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa - -”*

Opettajista 67 % ei pitänyt ryhmätyöskentelytaitojen oppimista etäopetuksessa koskaan tärkeänä (Taulukko 16). Ryhmätyöskentelytaitojen oppimista etäopetuksessa piti harvoin tärkeänä 15 % opettajista ja joskus tärkeänä 19 % opettajista. Taulukosta 15 nähdään, että kukaan opettajista ei hyödyntänyt ryhmätyöskentelyä etäopetuksessa, joten jää epäselväksi, mitä ryhmätyötaitojen oppimisella tarkalleen tarkoitetaan. Voidaan tulkita, että ryhmätyöskentelytaidoiksi tarkoitettiin kysymyksen vastauksissa toimimista reaaliaikaisessa etäyhteydessä opettajan ja muun luokan kanssa. Tällaista koko opetusryhmän kesken toimimista toteutetaan esimerkiksi kokeellisen työskentelyn pohjustuksessa ja käsittelyssä.

Vastauksista ei selviä, kokevatko opettajat ryhmätyöskentelytaitojen oppimisen itsessään tärkeäksi osaksi kemian opetusta. On myös mahdollista, että ryhmätyöskentelytaitojen oppiminen nähdään tärkeäksi sen vuoksi, että kokeellinen työskentely toteutetaan usein pareittain tai ryhmissä oppitunnin sujuvuuden tai välineiden rajallisen määrän vuoksi.

### **9.3. Kokeellisen työskentelyn arviointi kontakti- ja etäopetuksessa**

Kemian kontaktiopetuksen kokeellisessa työskentelyssä arvioitiin monipuolisesti eri työskentelyn vaiheita (Taulukko 17). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2014) mukaan peruskoulun 7.–9. luokkien kemian opetuksessa tuleekin käyttää monipuolisia arviointimenetelmiä, mikä toteutuu kontaktiopetuksessa hyvin. Useimmin kontaktiopetuksen kokeellisen työskentelyn arvioinnissa arvioitiin työskentelyn laatua (keskiarvo 4,41) ja yhteistyön laatua (keskiarvo 3,96). Vähiten kontaktiopetuksessa arvioitiin tutkimuskysymyksen suunnittelua (keskiarvo 2,30), mikä vastaa hyvin taulukossa 14 havaittuja tuloksia, joiden mukaan oppilaat toteuttivat yleisimmin saman työn. Taulukossa 14 havaittiin myös, että välillä teoria johdettiin kokeellisen työn yhteydessä tai työ toimi johdantona, jonka jälkeen esiteltiin ilmiön teoria. Jos teoria johdetaan kokeellisen työn aikana tai esitetään työn jälkeen, oppilailla ei välttämättä ole tarvittavia tietoja tutkimuskysymyksen suunnitteluun (Domin, 1999). Ahtineva (2014) puolestaan esittää, että tutkimuksen suunnittelu kuuluu kemian

kokeellisen työskentelyn korkeimmalle eli kolmannelle vaikeustasolle. Tarkastellessa peruskoulun kokeellisen työskentelyn arvioimista on luontevaa, että kokeen suunnittelua myös arvioidaan vähemmän kuin kokeellista työskentelyä, joka asettuu kokeellisen työskentelyn ensimmäiselle ja toiselle vaikeustasolle.

Taulukko 17. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Arvioidessasi oppilaan kokeellista työskentelyä, mitä työskentelyn osa-alueita arvioit?” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Tutkimuskysymysten suunnittelu	8	18	6	2	11	4	1	3	1	0	2,30	1,70	2,43	2,52
Työn toteutuksen suunnittelu	2	14	7	5	9	3	5	5	4	2	3,07	2,04	2,68	3,31
Työskentelyn laatu	0	9	0	4	2	5	12	8	13	1	4,41	2,56	1,45	3,06
Yhteistyön laatu	0	22	0	21	6	1	16	1	5	1	3,96	1,41	1,48	2,57
Työstä saatu lopputulos	0	1	3	2	8	2	13	12	3	10	3,59	4,04	1,92	2,41
Työn tuloksen esittäminen	0	1	2	3	6	0	14	8	5	14	3,81	4,19	1,90	2,61

Etäopetuksessa kokeellisen työskentelyn arvioinnissa huomioitiin merkittävästi useimmin työstä saatu lopputulos (keskiarvo 4,04) sekä työn tulosten esittäminen (keskiarvo 4,19). (Taulukko 17) Tulosten esittämisen taito löytyy Ahtinevan (2014) mukaan kokeellisen työskentelyn toiselta taitotasolta, joten sen painotuksen kasvamisen voidaan ajatella tekevän kotona toteutetusta kokeellisesta työskentelystä haastavampaa kuin koulussa tapahtuvasta työskentelystä. Opettajat arvioivat tutkimuskysymysten ja työn toteutuksen suunnittelua sekä työskentelyn ja yhteistyön laatua etäopetuksessa harvemmin kuin kontaktiopetuksessa. Tämä voi selittyä taulukon 13 havaintoa demonstraation yleistymisestä kokeellisena opetustapana etäopetukseen siirryttäessä. Demonstraation päätavoitteena on ymmärtää paremmin luonnontieteiden käsitteitä (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020), jolloin arvioinnin kohteena on luontevasti tehtävänannon mukaisesti oikeiden havaintojen saaminen (Kestin ym., 2020).

Kokeellisessa työskentelyssä suunnittelun ja työskentelyn arvioimisessa on mahdollista ohjata oppimista formatiivisen arvioinnin keinoin, jolloin oppilaat saavat myös tukea työskentelynsä.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) mainitaan, että ohjauksen avulla vahvistetaan esimerkiksi oppimaan oppimisen taitoja:

*”Ohjaus liittyy kaikkiin opetustilanteisiin, oppiaineisiin ja oppilaalle annettavaan arviointipalautteeseen. Ohjauksen tavoitteena on, että tukea tarvitsevan oppilaan itseluottamus, itsearviointi- ja oppimaan oppimisen taidot sekä kyky suunnitella tulevaisuuttaan vahvistuvat.”*

Kun arviointi painottuu vain työstä saadun lopputuloksen ja työn tuloksen esittämisen arviointiin, kärsivät eniten työskentelyn aikana tukea tarvitsevat oppilaat. Tulosten mukaan etäopetuksen osalta ei pystytty toteuttamaan perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2014) edellyttämää ohjausta ja monipuolista arviointia.

Kontaktiopetuksessa kemian opettajat arvioivat oppilaita useimmin havainnoimalla heidän työskentelyään (keskiarvo 4,56). (Taulukko 18) Havainnointi tapahtuu työskentelyn yhteydessä ja voi tapahtua vuorovaikutteisesti oppilaiden kanssa, jolloin kyseessä on formatiivinen arviointi. Osa opettajista kertoi kirjoittavansa havaintoja arviointivihkoon, jolloin arviointi on toteavaa ja sitä käytetään esimerkiksi osana arvosanan muodostamista. Tällaisessa kriteeriperustaisessa arvioinnissa laadullinen osaaminen muutetaan määrälliseksi esimerkiksi Bloomin uudistetun taksonomian oppimisen tasojen mukaisesti (Keurulainen, 2013). Laadulliseen kriteeriperustaiseen arviointiin ohjataan myös perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014).

Taulukko 18. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Mitä arviointikeinoja käytit kokeellisen työskentelyn arviointiin?” (K=kontaktiopetuksessa, E=etäopetuksessa, keskiarvoa laskettaessa Ei koskaan=1, Harvoin=2, Joskus=3, Usein=4, Aina=5)

Kategoriat	Ei koskaan		Harvoin		Joskus		Usein		Aina		Keskiarvo		Keskihajonta	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
Oppilaan kirjallisen materiaalin arviointi	0	0	4	1	10	4	10	4	3	17	3,44	4,42	2,03	2,02
Oppilaan suullisen materiaalin arviointi	1	18	6	4	11	4	8	1	1	0	3,07	1,56	2,09	2,03
Työskentelyn havainnointi	0	20	0	1	2	3	8	2	17	1	4,56	1,63	1,46	2,69
Itsearviointi	0	8	9	4	13	9	3	3	2	3	2,93	2,59	1,99	3,05
Vertaisarviointi	7	23	14	1	5	2	1	1	0	0	2,00	1,30	1,79	1,77

Havainnoinnin lisäksi opettajat vastasivat käyttävänsä kontaktiopetuksen kokeellisen työskentelyn arviointiin oppilaiden kirjallisesti tuottamaa materiaalia, kuten työselostuksia (keskiarvo 3,44). (Taulukko 18) Myös oppilaiden suullista materiaalia, kuten kykyä selittää kokeellisessa työssä tehtyjä havaintoja, arvioitiin (keskiarvo 3,07). Itsearviointia käytettiin näitä vähemmän (keskiarvo 2,93), mutta enemmän kuin vertaisarviointia (keskiarvo 2,00).

Avoimen kysymyksen kolmessa vastauksessa korostui tarkeys kertoa arviointikriteerit oppilaille, mikä tutkimusten mukaan myös edistää oppimista (Keurulainen, 2013). Yksi opettajista vastasi kertovansa oppilaille arvioinnin perusteet kurssin alussa tai ennen arvioitavaa työtä erikseen arvioitavien perusteiden osalta:

*”Olen teettänyt kokeelliseen työskentelyyn oman arviointiperusteen, jonka jaan oppilaille kurssin alussa. Siitä käy ilmi, mitä asioita kokeellisessa työssä yleisesti arvioidaan. Erillisiin arvioitaviin töihin jaan oman pisteytysmatriisin, josta näkee, mitä arvioidaan ja paljonko mistäkin osa alueesta saa pisteistä. Arvioinnin kohteena mm. Työskentelyote, välineiden ja kemikaalien tuntemus, työturvallisuus, yhteistyötaidot ja oma panos, siivoaminen, kirjalliseen työhön panostaminen (tulokset ym.).”*

Etäopetuksessa opettajat hyödynsivät merkittävästi eniten oppilaiden kirjallisen materiaalin arviointia (keskiarvo 4,42). (Taulukko 18) Työselostuksen tekemisen tai ennalta annettuihin kysymyksiin vastaamisen lisäksi oppilaita pyydettiin ottamaan kuvia työvaiheista. Kirjallisen materiaalin arvioinnissa hyödynnettiin myös kirjasarjojen valmiita tehtäviä. Kirjalliset vastaukset palautettiin sähköiseen työskentelytilaan. Vastaukset oli mahdollista kirjoittaa suoraan sähköiselle alustalle tai kirjoittaa vihkoon ja palauttaa valokuva vihkosta. Opettajien oli mahdollista kommentoida sähköiselle alustalle kirjoitettuja tehtäviä reaaliaikaisesti, mikä ei ollut mahdollista valokuvatuissa tehtävissä.

Toiseksi yleisimmin kokeellisen etäopetuksen arvioinnissa käytettiin itsearviointia (keskiarvo 2,59). Itsearviointi toteutettiin pääosin sähköisten itsearviointilomakkeiden avulla. Oppilaan suullisen materiaalin arviointia hyödynsi vähintään harvoin kolmasosa (33 %) opettajista. Avoimen kysymyksen vastauksen perusteella mahdollisuus keskustelulle oli työskentelyn aikana, mutta oppilaat hyödynsivät sitä heikosti:

*”Ainoa arvioitava oli työselostus ja ne pari kertaa, kun kaksi oppilasta kysyi video-oppitunnilla apua (avun pyytäminen kertoo yrittämisestä ja osaamisesta)”*

Vastaavasti työskentelyn havainnointia hyödynsi vähintään harvoin neljäsosa (26 %) opettajista ja vertaisarviointia seitsemäsosa (15 %) opettajista. (Taulukko 18) Avoimen kysymyksen vastausten perusteella etäopetuksen kokeellisuuden havainnoinnilla tarkoitettiin esimerkiksi sitä, että oppilas videoi työskentelyään ja palautti videon sähköiseen työtilaan opettajan arvioitavaksi. Osa opettajista huomioi myös erilaiset oppijat tarjoamalla kirjallisen raportoinnin lisäksi vaihtoehdon raportoida työstään suullisesti videoneuvottelusovelluksen kautta:

*”Työvaiheiden valokuvaus toimi hyvänä raportointi keinona. Osalle oppilaista toimi suullinen raportointi meetissä kirjallista paremmin.”*

Vaihtoehtoisten raportointimenetelmien salliminen huomioi oppilaiden eri oppimistyylyt ja antaa mahdollisuuksia vaikuttaa oppimisympäristöönsä. Tämän on havaittu vaikuttavan oppilaiden tyytyväisyyteen ja tehokkuuteen. (Simonson ja Seepersaund, 2019) Etäopetuksessa vaihtoehtoiset tavat ovatkin tarpeen, koska siinä ei voida hyödyntää läsnäoloa osana arviointia ja vuorovaikutus perustuu kontaktiopetusta enemmän kirjoitettuun viestintään. Etäopetuksen arvioinnissa voikin hyödyntää esimerkiksi esitettyjen kysymysten ja annettujen vastausten syvyyttä. (Wade, 1999)

#### **9.4. Opettajien kokemukset etäopetukseen siirtymisestä**

Opettajien kokemuksia etäopetukseen siirtymisestä selvitettiin kysymyksillä uusien opetusmenetelmien oppimisesta, etäopetuksen eduista ja haitoista ja mahdollisuuksista toteuttaa etäopetuksessa opetussuunnitelman mukaista opetusta. Lisäksi selvitettiin, voisiko etäopetuksen aikana käyttöön otettuja opetustapoja hyödyntää myös jatkossa.

Opettajat mainitsivat neljä etäopetuksessa opittua opetusmenetelmää yhteensä 22 kertaa. 55 % opettajista vastasi oppineensa opetusvideoiden ja demonstraatioiden hyödyntämisestä opetuksessa (Taulukko 19). Moni opettaja (f=5) mainitsi löytäneensä hyviä videoita netistä, osa (f=2) mainitsi opituksi taidoksi myös opetusvideoiden kuvaamisen itse:

*”Opin. Tein opetusvideoina kokeelliset työt. En ole aiemmin tehnyt kemian opetusvideoita.”*

Taulukko 19. Opettajien vastaukset kysymykseen: ”Opitko uusia kokeellisia menetelmiä etätyöskentelyn aikana? Mitä nämä menetelmät olivat?” Kysymykseen vastasi 20 opettajaa.

Kategoria	Vastausten määrä
Ei oppinut	6
Keittiökemian hyödyntämisestä	7
Opetusvideoiden hyödyntämisestä	11
Simulaatioista ja virtuaalilaboratoriosta	3
Muut vastaukset	1

Opettajista 35 % vastasi oppineensa keittiökemiasta etäopetuksen aikana. Vastauksissa painottui sopivien työohjeiden etsimisen lisäksi tuttujen ohjeiden soveltaminen kotona tehtäväksi sekä uusien tehtävien keksiminen. Myös arjesta löytyviä ilmiöitä pyrittiin ottamaan aktiivisemmin mukaan opetukseen. 15 % vastaajista mainitsi oppineensa simulaatioiden hyödyntämisestä sekä erilaisten teknisten välineiden käyttämisestä osana etäopetustaan.

*”Yksinkertaisten ja lyhyiden keittiökemian töiden toteutus kotona, jonkin ilmiön havainnoiminen luonnossa tai mittaaminen ja tutkiminen puhelimen appsin avulla, virtuaalilabrat”*

Opettajista 30 % ei kokenut oppineensa uusia opetusmenetelmiä etätyöskentelyn aikana, esimerkiksi ajanpuutteen vuoksi (Taulukko 19). Moni vastaajista mainitsi soveltaneensa tuttuja menetelmiä tai oppineensa lisää tutuista menetelmistä, eikä siksi kokenut oppineensa uusia menetelmiä.

Etäopetuksen aikana oppimia opetusmenetelmiä aikoo jatkossa käyttää noin puolet (53 %) kysymykseen vastanneesta opettajista ja 37 % opettajista vastasi ehkä käyttävänsä niitä jatkossa (Taulukko 20). Opetusmenetelmistä useimmin mainittiin mahdollisuus käyttää etäopetukseen suunniteltuja videoita ja tehtäviä kotitehtävinä ( $f=4$ ) tai rästitehtävinä poissaolijoille ( $f=4$ ). Perusteluiksi mainittiin esimerkiksi kokeellisen työskentelyn oppiminen ja kirjan lukemiseen verrattuna tehokkaampi muistaminen sekä poissaolijoiden mahdollisuus kokeelliseen työskentelyyn.

Taulukko 20. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen: ”Tuletko jatkossa käyttämään sellaisia kokeellisia menetelmiä, joita käytit ensimmäisen kerran tänä keväänä? Miksi?” Kysymykseen vastasi 19 opettajaa.

Kategoria	Vastausten määrä
Ei	2
Ehkä	7
Kyllä	10

Muutama opettaja ( $f=3$ ) vastasi opettavansa väistötiloissa, jotka eivät sovellu kemian luokan tavoin kokeelliseen työskentelyyn, jolloin opetusvideoiden ja kokeellisten kotitehtävien merkitys kasvaa. Osa vastaajista ajatteli hyödyntää simulaatioita ja keittiökemian töitä enemmän myös kontaktiopetuksessa. Niitä pidettiin opetuksessa toimivana ja opetuksen sisältöihin sopivana.

Sähköisiä oppimisalustoja opettajat aikovat käyttää jatkossa varsinkin tehtävien tai raporttien palauttamiseen. Tehtävien sähköistä palauttamista pidettiin vihkojen arvioimista parempana, sillä tällöin ei tarvitse kerätä oppilailta vihkoja arvioinnin ajaksi. Tämä tuo myös opettajille joustavuutta arvioinnin suorittamisen ajankohtaan.

Opettajien vastauksista käy ilmi, että pääosin kokeellista opetusta toteutetaan mieluummin kemianluokkaan suunniteltujen opetusmenetelmien avulla. Osa opettajista näkee etäopetuksessa opitut opetusmenetelmät joko ekstrana tai vararatkaisuuina, jos laboratoriotyöskentely ei ole mahdollista. Opettajat kertoivat perusteluksi esimerkiksi ohjauksen onnistuvan aikaisemmilla menetelmillä paremmin.

Kysyttäessä kemian etäopetuksen etuja ja haittoja opettajat mainitsivat merkittävästi enemmän haittoja kuin hyötyjä. Opettajat mainitsivat yhteensä kuusi eri haittaa, jotka mainittiin yhteensä 29 kertaa. Hyötyjä kemian kokeellisesta etätyöskentelystä mainittiin yhteensä yhdeksän, jotka jakautuivat viiteen eri hyötyyn. Hyödyt ja haitat on esitetty taulukossa 21.



Taulukko 21. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ” Mitä hyötyä ja mitä haittaa etäopetuksesta oli kemian kokeellisuuden opetukseen?” Kysymykseen vastasi 25 opettajaa. Kategorioinnissa on hyödynnetty taulukkojen 4 ja 5 kategorioita.

Kategoria	Haittaa (vastausten määrä)	Hyötyä (vastausten määrä)
Menetelmien valikoima	9	1
Menetelmän oppiminen	3	0
Laitteiden ja välineiden käyttö	5	0
Käsitteiden ymmärtäminen	0	0
Käytännön yhdistäminen teoriaan	0	2
Mielekkyyden lisääntyminen	1	1
Tiivis ajankäyttö	1	0
Työskentelyn itsenäisyys	0	4
Turvallisuus	0	0
Tilojen pieni tarve	0	0
Tarvikkeiden tai reagenssien saatavuus	10	1

Suurin osa opettajista mainitsi kemian etäopetuksessa haittana kokeellisuuden rajalliset mahdollisuudet (Taulukko 21). Erityisesti haasteena nähtiin, ettei mitään tarvikkeita voinut odottaa löytyvän oppilaiden kotoa eikä niitä voinut velvoittaa ostamaan. Tämä puolestaan pienensi merkittävästi käytettävien opetusmenetelmien valikoimaa. Yksi vastaajista kuitenkin huomautti, että opetusmateriaalia kotona tehtävään kokeellisuuteen on, kunhan sen etsimiseen käyttää aikaa. Kirjallisuuden perusteella voidaankin havaita, että demonstraatioiden ja virtuaalilaboratorioiden avulla kokeellisten menetelmien valikoima on käytännössä toteutettavia töitä suurempi (Price ja Brooks, 2012; Penn ja Ramnarain, 2019).

Myös laboratoriotyölle tyypillisten opetusmenetelmien ja laitteiden ja välineiden käytön puuttumista pidettiin haittana (Taulukko 21). Yksi opettaja piti kuitenkin etuna, että etäopetuksessa jokainen sai tehdä simulaatioita itse, kun koulussa opettaja olisi demonstroinut niitä laitteiden vähyden vuoksi. Yhdessä vastauksessa huomioitiin myös, että turvallista työskentelyä ei ollut mahdollista harjoitella esimerkiksi happojen kanssa. Tästä voi päätellä, että opetusmenetelmien valikoimaa rajaa kotona työskentelyssä myös annettujen tehtävien turvallisuus. Laitteiden ja välineiden käyttämisen oppimisen puute on huomioitu myös yleisimmin etäopetuksessa käytettyjen opetusmenetelmien, demonstraatioiden,

virtuaalilaboratorioiden ja keittiökemian töiden tutkimuksissa (Price ja Brooks, 2012; Herga ym., 2016; Lyall ja Patti, 2010).

Työskentelyn itsenäisyys ja omatahtisuus nähtiin etäopetuksessa pääasiallisesti positiivisena asiana, mutta kokeellisessa työssä käytetty aika nähtiin myös arvokkaana oppimisen kannalta (Taulukko 21). Yksi vastaajista kertoi, että oppilaat eivät halunneet tehdä annettuja töitä, osa taas mainitsi oppilaiden tehneen kokeellisia töitä valinnaisestikin, kun siitä oli tarjolla palkkio. Nuora ja Välisaari (2019) huomauttavatkin tutkimuksessaan, että keittiökemia lisää motivaatiota kemian oppimista kohtaan, mutta osalle oppilaista on vaikeaa yhdistää kotitaloudelle tyypillinen työskentely kemian oppimiseen. Arkeen liittyvien tehtävien nähtiin toimivan teoriaa ja arkea yhdistävästi. Arjessa hyödynnettävien taitojen oppiminen nähdään keittiökemian etuna nähdään myös Yipin ym. (2012) tutkimuksessa. Käsitteiden ymmärtämistä ei mainittu taulukossa 21 esitetyissä kemian opettajien avoimissa vastauksissa lainkaan. Tutkimuksissa (Hubbard, 2017; Price ja Brooks, 2012; Kestin ym., 2020) käsitteiden ymmärtäminen nähdään oleellisena osana kaikkia kokeellisia opetusmentelmiä, Koska opettajat eivät maininneet käsitteiden oppimista etäopetuksen etuna tai haittana, voidaan ajatella, että niiden oppimisessa ei ole nähty merkittävää muutosta opetusmenetelmiä vaihdettaessa.

Kysyttäessä opetussuunnitelman mukaisesta kokeellisesta etäopetuksesta vain 12 % kysymykseen vastanneista opettajista koki, että he pystyivät toteuttamaan opetussuunnitelman mukaista opetusta (Taulukko 22). Näistä kaksi vastaajaa totesi voineensa toteuttaa opetussuunnitelmaa kohtalaisesti ja ainoa puhtaasti ”Kyllä” -vastannut opettaja totesi sen olleen työlästä:

*”Kyllä, mutta se oli työlästä sekä minulle että oppilaille.”*

Taulukko 22. Kemian opettajien vastaukset kysymykseen ”Koitko, että pystyit toteuttamaan opetussuunnitelman mukaista kokeellisuutta etäopetuksessa?” Kysymykseen vastasi 26 opettajaa.

Kategoria	Vastaajien määrä
Ei	9
Osittain	12
Kyllä	3
Luokittelemattomat	2

Kyselyyn vastanneista opettajista 35 % koki, että he eivät voineet toteuttaa opetussuunnitelman mukaista opetusta (Taulukko 22). Työskentelyn laadun arvioiminen, kokeellisen työskentelytaitojen opettaminen seitsemäsluokkalaisille, välineiden käytön oppiminen sekä teorian ja käytännön yhdistäminen nostettiin esiin syinä, joiden vuoksi opetussuunnitelman mukaista kokeellista työskentelyä ei ollut mahdollista toteuttaa. Lisäksi eriteltiin orgaaninen kemia ja erityisesti alkoholit ja karboksyylihapot sekä esterit, joiden osalta kokeellinen työskentely oli hyvin haastavaa etäopetuksen aikana.

Kyselyyn vastanneista opettajista 46 % koki, että he voivat toteuttaa opetussuunnitelmaa osittain (Taulukko 22). Simulaatioiden ja opetusvideoiden koettiin osittain korvaavan kokeellinen työskentely, mutta ei kaikilta osin. Kokeellisuutta täytyi yksinkertaistaa ja soveltaa, mutta joitain töitä täytyi jättää tekemättä. Suurin osa vastaajista, jotka vastasivat voineensa osittain toteuttaa opetussuunnitelmaa, nostivat esiin puutteet käytännön työskentelyssä. Keittiökemian ja itsenäisten työskentelyn taitoja oli mahdollista edistää, mutta yhdessä tehtyjä kokeellisia tutkimuksia ei voitu toteuttaa. Ravintokemian kokeellisuuteen etätyöskentely soveltui kuitenkin jopa kemian luokkaa paremmin. Muita opetussuunnitelman toteuttamista helpottavia asioita oli kemian kurssin jakautuminen koko kevään ajalle, jolloin kokeellisuutta oli mahdollista toteuttaa alkukevään ajan koululla. Haasteita tuli puolestaan esimerkiksi opettajan estyneisyydestä tehdä itse kokeita koululla.

Kyselylomakkeen lopussa opettajille annettiin mahdollisuus kertoa halutessaan avoimesti etäopetuksen kokeellisuuteen tai sen arviointiin liittyviä asioita. Vastauksissa opettajat kaipaivat sekä materiaalia etäopetuksen tueksi että vertaistukea kollegoilta. Osa vastaajista mainitsi myös tehneensä hyvää yhteistyötä kollegojensa kanssa. Kevätlukukauden 2020 etäopetuksen kokemuksessa erityisesti kuormitti nopea aikataulu, sillä paremmalla suunnittelulla ja opettavien aiheiden jaottelulla olisi ollut mahdollista toteuttaa monipuolisempaa opetusta. Etäopetus kuitenkin tarjosi mahdollisuuden huomata entistä enemmän kemiaa arkielämässä. Seuraava lainaus kokoaa hyvin kemian etäopetuksen rakenteen:

*”Olin lukujärjestyksen mukaisesti Meets-videoyhteydellä joka tunti oppilaiden tavoitettavissa. Pidin opetustuokion. Loput ajasta videoita, oppikirjan lukemista ja tehtäviä, Classroomiin laitettu työohje ja sinne palautettu työselostus (jossa valokuvat tutkimuksesta, hypoteesi,*

*havainnot ja johtopäätös). Monta taitoa jäi harjoittelematta, sillä tutkimukset piti tehdä keittiökemiana.”*

Kemian opettajat kokivat tämän tutkimuksen perusteella, että etäopetus vaikutti kemian kokeelliseen opetukseen monella tavalla. Kokeellinen työskentely korvattiin soveltuvin osin demonstraatioilla ja opetusvideoilla sekä keittiökemialla, joista opettajat myös kokivat oppineensa lisää etäopetuksen aikana. Opettajat tulevat hyödyntämään etäopetuksen aikana oppimiaan taitoja jonkin verran, erityisesti opetuksesta poissa olleiden oppilaiden korvaavina tehtävinä tai kemian luokan ollessa poissa käytöstä. Uusista opetusmenetelmistä ja opituista taidoista huolimatta opettajien oli vaikea löytää etäopetuksesta hyötyjä kemian kokeelliseen opetukseen. Yksittäisiä huomioita tehtiin esimerkiksi kemian huomaamisesta arjessa tai ravintokemian kokeellisuuden onnistumisesta luokkatilaa paremmin. Opettajat olivat suhteellisen yksimielisiä siitä, että etäopetuksen suurin haitta oli, ettei oppilailla voinut odottaa olevan tarvikkeita kokeelliseen työskentelyyn. Tämä vaikeutti opetuksen suunnittelua ja aiheutti ylimääräistä työtä, kun kokeellisen työskentelyn rinnalle tarjottiin vaihtoehtoisia tehtäviä, joissa esimerkiksi hyödynnettiin opetusvideoita. Myös kokeellisen työskentelyn arviointi nähtiin etäopetuksessa vaikeampana kuin kontaktiopetuksessa. Suurimpana heikkoutena nähtiin formatiivisen arvioinnin vähäisyys etäyhteyksien rajoittaessa viestintää opettajien ja oppilaiden välillä. Myös laboratoriotyöskentelyyn kuuluvien laitteiden ja välineiden käytön oppimisen puuttuminen nähtiin etäopetuksessa haittana, jota ei ollut mahdollista korvata muilla menetelmillä. Opettajat kokivat, että juuri laboratoriotyöskentelyn vuoksi opetussuunnitelman mukainen opetus oli haastavaa tai mahdotonta.

## **10. Pohdinta**

### **10.1. Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus**

Tutkimuksessa noudatettiin tutkimuseettisen neuvottelukunnan tutkimuseettistä ohjetta hyvästä tieteellisestä käytännöstä. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012) Kyselytutkimus toteutettiin anonymisti ja vastaamalla kyselyyn vastaaja hyväksyi sen käyttämisen ilmoitetussa tutkimuksessa. Kyselyaineisto tuhottiin tutkimuksen valmistumisen jälkeen.

Tutkimuksen luotettavuutta heikentää vastaajien pieni määrä, joka on hyvin pieni otoskoko koko Suomen peruskoulujen kemian opettajista. Vastaajat edustavat kuitenkin kattavasti eri opiskelu- ja opetustaustoja, mikä parantaa luotettavuutta. Viisiportaisen järjestysasteikon sisältävissä kysymyksissä luotettavuutta heikentää se, että vastaajat saattoivat tulkita vastausvaihtoehdot eri tavoilla. Vastausvaihtoehdon ”en osaa sanoa” puuttuminen asteikollisissa kysymyksissä saattaa myös vaikuttaa tutkimuksen reliabiliteettiin ja vastaajien vastaamishalukkuuteen. (KvantiMOTV, 2020) Avoimilla kysymyksillä saatava laadullinen aineisto lisää tutkimuksen luotettavuutta, ja aineistolainauksen perusteella on myös mahdollista arvioida tutkimustuloksissa esitetyjä johtopäätöksiä (Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka, 2006).

Sekä kontaktiopetukseen että etäopetukseen liittyvät tulokset ovat yhteneväisiä kirjallisuuden kanssa, joten tutkimusta voidaan pitää sen suhteen onnistuneena. Tutkimuksen yleistettävyyttä jää kuitenkin heikoksi pienen vastaajajoukon vuoksi. Tästä syystä tutkimusta tulee tarkastella tapaustutkimuksen luontoisena, jolloin tuloksilla on siirrettävyyttä samankaltaisiin tilanteisiin tai tutkimusasetelmiin (Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka, 2006). Tapaustutkimuksen tarkoituksena on lisätä ymmärrystä rajatusta kokonaisuudesta, joka tässä tapauksessa on etäopetusjaksolla toteutettu kokeellinen kemian opetus perusopetuksen 7.–9. luokilla.

## 10.2. Johtopäätökset

Kemian opetuksen tutkimuksessa pohjaututaan sosiaaliseen konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jossa oppija rakentaa tietoa aikaisemmin opitun ympärille ja tiedon rakentumiseen vaikuttaa täten ympäristö, jossa oppija elää (Schwartz, 2006; Johnstone, 2010). Tähän oppimiskäsitykseen perustuu myös kontekstisidonnainen oppiminen, jossa kemian tieteenalan teoreettinen sisältö yhdistetään oppilaiden arkeen ja heidän havaitsemiinsa ilmiöihin (Schwartz, 2006). Myös kemian kokeellisen oppimisen tutkimus pohjautuu samoihin periaatteisiin: käytännön ja teorian yhdistämiseen ja arjesta löytyvien ilmiöiden tutkimiseen tieteellisiä periaatteita samalla harjoitellen (Domin, 1999).

Kokeellisen kemian oppimisen tutkimuksessa on paneuduttu erityisesti aktiivista oppimista hyödyntäviin, oppilaslähtöisiin opetusmenetelmiin, sillä niiden avulla voidaan harjoitella Bloomin uudistetun taksonomian korkeamman oppimisen tason ajattelun taitoja (Krathwohl, 2002; Domin, 1999; Mustaffa ja Ismail, 2013; Price ja Felder, 2017). Tällaisia avoimia

tutkimus- tai ongelmaperustaisia tutkimuksia ei kuitenkaan toteuteta tämän tutkimuksen mukaan suomalaisten peruskoulujen 7.–9. luokilla samassa laajuudessa kuin reseptikirjamaisia keksintöperustaisia ja todentavia töitä. Avoimet tutkimukset ovat haastavampia ja vaativat tieteenalaan kuuluvien menetelmien hallintaa, joita peruskoulussa vasta harjoitellaan (Ahtineva, 2014).

Opettajat hyödyntävät kokeellisen työskentelyn arvioinnissa sekä formatiivista, oppimista tukevaa arviointia, että toteavaa, summatiivista arviointia. Formatiiivinen arviointi tapahtuu usein työskentelyn yhteydessä havainnoimalla, missä on hyvä huomioida havainnoinnin heikkoudet arviointimenetelmänä. Havainnoidessa opettaja voi esimerkiksi tehdä vääriä havaintoja tai olettamuksia, jolloin myös palaute voi olla subjektiivista (Schein, 1999). Työskentelyn havainnointia käytetään myös summatiiviseen arviointiin, jolloin työskentelystä on nimetty erikseen arvioitavat osa-alueet (Keurulainen, 2013). Summatiiviseen arviointiin hyödynnetään myös kirjallisia työselostuksia, joista on mahdollista seurata kokeellisen työskentelyn kaikkia vaiheita suunnittelusta toteutukseen ja tulosten käsittelyyn.

Kokeellinen työskentely poikkeaa etäopetuksen aikana koulussa tapahtuvasta kemian kokeellisuuden opettamisesta monella tavalla. Ellei koulusta toimiteta erikseen laboratoriotyöskentelyvälineitä, tapahtuu konkreettisesti toteutettu kokeellinen työskentely kotoa valmiiksi löytyvillä välineillä ja pääosin keittiökemian menetelmillä. Vaihtoehtoisesti kokeellisuutta voidaan toteuttaa videodemonstraatioiden, simulaatioiden ja animaatioiden avulla. Teknologiaa hyödyntävät menetelmät sallivat ilmiöiden tarkastelun yksityiskohtaisemmin ja eri kemian oppimisen tasoja, eli makroskooppista tasoa, submikroskooppista tasoa ja symbolista tasoa yhdistäen (Johnstone, 2010; Herga ym., 2016). Kokeellisen työskentelyn etäopetukseen soveltuvissa menetelmissä kuitenkin menetetään kemian tieteenalalle tyypillisten tutkimusvälineiden käytön harjoittelu, mistä syystä kemiaa pidetään heikosti etäopetukseen soveltuvana oppiaineena (Wang, 2009). Etäopetuksessa myös arviointi pohjautuu enemmän kirjoitettuun viestintään (Wade, 1999), joten oppimisen tukeminen formatiivisen arvioinnin keinoin voi olla haastavampaa kuin fyysisesti samassa tilassa tapahtuva ohjaus. Etäopetus myös lisää oppilaan vastuuta oppimisesta (Keegan, 2013), mikä voi aiheuttaa haasteita osalle oppilaista.

18.3.2020-14.5.2020 välillä toteutunutta suomalaisten peruskoulujen etäopetusjaksoa (Valtioneuvosto, 2020) leimasi opetuksen suunnitteluajan puute, kun siirtyminen etäopetukseen tapahtui vain kahden päivän varoitusajalla. Kokeellisuutta toteutettiin kemian opetuksessa

kuitenkin mahdollisimman monipuolisesti, ja opettajat tiedostivat tutkimusvälineiden ja -menetelmien harjoittelun puutteen vaikutuksen opetuksessaan sekä saavutettavissa oppimistavoitteissa. Oppilastöitä sovellettiin kotona tehtäviin välineisiin sopiviksi ja uusia keittiökemian työohjeita etsittiin. Oppilaita ei kuitenkaan voinut velvoittaa ostamaan kokeellisia töitä varten mitään, mikä loi lisähaasteita sopivien töiden löytämiseksi. Moni opettaja ratkaisi haasteen tekemällä tai etsimällä internetistä demonstraatiovideon vaihtoehtoiseksi toteutustavaksi. Oppilastyöt saatettiin myös vaihtaa kokonaan demonstraatiovideoksi, jolloin niihin varattiin myös vähemmän aikaa oppitunnista.

Kyselyyn vastanneiden opettajien oli vaikea löytää hyviä puolia etäopetukseen siirtymisestä, sillä opetuksen suunnitteluun tarvittiin enemmän aikaa samalla, kun opetussuunnitelman mukainen kokeellinen opetus koettiin lähes mahdottomaksi. Osa opettajista kuitenkin koki, että etäopetusjakso tarjosi mahdollisuuksia löytää kemian ilmiöitä paremmin arjesta ja esimerkiksi ravintokemiaan liittyviin sisältöihin oli jopa helpompaa sisällyttää keittiökemian kokeellisia tehtäviä kotona kuin kemian luokassa. Etäopetusjakso opetti myös käyttämään opetusvideoita ja demonstraatioita, joita voidaan jatkossa hyödyntää kemianluokan ollessa pois käytöstä tai korvaamaan kokeellisia tehtäviä osana opetuksesta poissaolleiden oppilaiden korvaavia tehtäviä.

### **10.3. Jatkotutkimuskohteita**

Kemian kokeellinen opetus poikkesi etäopetuksessa tämän tutkimuksen mukaan kontaktiopetuksessa yleisimmin tapahtuvasta opetuksesta monella tavalla. Tässä tutkimuksessa keskityttiin selvittämään opetuksen muutosta eikä esimerkiksi oppilaiden näkökulmaa tai muutosta oppimistuloksissa. Jatkossa olisikin tärkeää tutkia myös, millä tavalla oppilaat kokivat kemian kokeellisen etäopetuksen sekä miten käytetyt toimintatavat vaikuttavat oppilaiden kemian osaamiseen.

Etäopetukseen siirryttäessä opettajat joutuivat opettelemaan paljon uusia toiminta- ja opetustapoja, joita he aikovat hyödyntää myös jatkossa. Tämä voi näkyä esimerkiksi täydennyskoulutuksen tarpeissa ja toiveissa. Esimerkiksi opettajat, jotka oppivat hyödyntämään etäopetuksen aikana simulaatioita ja videomuodossa olevia demonstraatioita, voisivat kiinnostua syventämään osaamistaan aiheesta tai kaivata lisäkoulutusta menetelmien hyödyntämisessä kontaktiopetuksessa. Opettajien vastauksissa avoimiin kysymyksiin kävi

myös ilmi, että opettajat toivovat enemmän materiaalia kokeellisen työskentelyn arvioinnin avuksi. Arviointi ohjaa oppilaiden oppimisprosessia, joten hyvien arviointikäytäntöjen toteuttaminen on tärkeää hyvien oppimistulosten saavuttamiseksi.



## 11. Lähteet

- Ahtineva, A., Kokeellisen työskentelyn kriteeriperustainen arviointi kemiassa, *International Journal of Math, Science and Technology Education*, **2014**, 2, 113–121
- Aksela, A., Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach, väitöskirja, kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto, 2005
- Aksela, M., ja Juvonen, R., *Kemian opetus tänään*, Opetushallitus, Helsinki, 1999
- Aksela, M., ja Karjalainen, V., Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet suomessa, *kemian opetuksen keskuksen julkaisuja*, kemian laitos, Helsingin yliopisto, 2008
- Casanova, R., Civelli, J., Kimbrough, D., Heath, B., Reeves, J., Distance Learning: A Viable Alternative to the Conventional Lecture–Lab Format in General Chemistry, *Journal of Chemical Education*, **2006**, 83, 501–507
- Domin, D., A Review of Laboratory Instruction Styles, *Journal of Chemical Education*, **1999**, 76, 543–547
- Doran, Chan, Tamir ja Lenhardt, Science Educator’s Guide to Laboratory Assessment, NSTA Press, Arlington Country, Virginia, USA, 2002
- Eteläpohjalainen perusopetuksen opetussuunnitelma, 2020, <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/ops/39651/perusopetus/vuosiluokkakokonaisuus/39488/vuosiluokka/8/oppiaine/39924>, luettu 29.6.2020
- Gendjova, A., Enhancing Students’ Interest in Chemistry by Home Experiments, *Journal of Baltic Science Education*, **2007**, 6, 5–15
- Herga, N., Čagran, B., Dinevski, D., Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualisation for Better Understanding of Chemistry in Primary School, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, **2016**, 12, 593–608
- Hofer, E.; Abels, S. ja Lembens, A., Inquiry-based learning and secondary chemistry education—a contradiction, *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 2018, 1, 51–65
- Hopea-Manner, A., *Kemian opetuksen tila vuonna 2018: Kartoitus kemian opettajien käsityksistä*, pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, kemian laitos, Helsinki, 2019
- Hubbard, D., Chemical Lecture Demonstrations: An Opportunity for Engagement through Collections, Instruction, and Reference, *Science & Technology Libraries*, **2017**, 36, 1–14
- Jakku-Sihvonen, R., Oppimistulosten arviointijärjestelmistä ja niiden kehittämishaasteista, kirjassa Räsänen M. (toim.): *Oppimisen arvioinnin kontekstit ja käytännöt*, Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit, 2013, 3, 13–35

- Johnstone, A. H., You Can't Get There from Here, *Journal of Chemical Education*, **2009**, *87*, 22–29
- Keegan, D., Foundations of distance education, 3. painos, Routledge, USA, 2013
- Kestin, G., Miller, K., McCarty, L., Callaghan, K., Deslauriers, L., Comparing the effectiveness of online versus live lecture demonstrations, *Physical Review Physics Education Research*, **2020**, *16*, 013101-1-013101-6
- Keurulainen H., Pelisääntöjä arviointipäätösten tekemistä varten, kirjassa Räisänen A. (toim.): *Oppimisen arvioinnin kontekstit ja käytännöt, Opetushallituksen koulutuksen seurantaraportit*, **2013**, *3*, 37–58
- Krathwohl, D., A revision of Bloom's taxonomy: An overview, *Theory into Practice*, 2002, *41*, 212–218
- KvantiMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto, Tampere, Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto, <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus>, luettu 25.11.2020
- Kärnä, P., Hakonen, R., Kuusela, J., Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011, Opetushallitus, Koulutuksen seurantaraportit 2012:2, 2012
- Kärnä, P., Vesterinen, V., Aksela, M., Kuinka esimerkilliset suomalaiset opettajat edistävät osaamista ja oppilaiden myönteisiä asenteita fysiikan ja kemian tunneilla, *Suomen ainedidaktisen tutkimusseuran julkaisuja, Ainedidaktisia tutkimuksia 11*, 2016, 28–41
- Lampiselkä, J., Demonstraatiot lukion kemian opetuksessa, *Aineenopettajakoulutuksen vaihtoehdot ja tutkimus*, kemian laitos, Jyväskylän yliopisto, 2003, [https://www.edu.helsinki.fi/malu/tutkimus/adsymposium/artikkelit/FYKE\\_Lampiselka.pdf](https://www.edu.helsinki.fi/malu/tutkimus/adsymposium/artikkelit/FYKE_Lampiselka.pdf), luettu 7.12.2020
- Lyall, R. ja Patti, A., Taking the Chemistry Experience Home - Home experiments or "Kitchen Chemistry". Kirjassa: Kennepohl, D. ja Shaw, L., *Accessible Elements: Teaching Science Online and at a Distance*, AU Press, Athabasca University, Edmonton, Kanada, 2010, ss. 84–85
- McLaughlin, T., Yan, Z., Diverse delivery methods and strong psychological benefits: A review of online formative assessment, *Journal of Computer Assisted Learning*, **2017**, *33*, 562–574
- Mustaffa, N. ja Ismail, Z., Problem-based learning (PBL) in Schools: A meta-analysis, *International Journal for Educational Studies*, **2013**, *1*, 1–6
- Nuora, P. ja Välisaari, J., Kitchen chemistry course for chemistry education students: influences on chemistry teaching and teacher education – a multiple case study, *Chemistry Teacher International*, **2019**, *1*, <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-201907303709>, luettu 7.12.2020
- Opetushallitus, Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, Helsinki, 2014

- Penn, M. ja Ramnarain, U., A comparative analysis of virtual and traditional laboratory chemistry learning, *Perspectives in Education*, **2019**, *37*, 80–97
- Price, D. ja Brooks D., Extensiveness and perceptions of lecture demonstrations in the high school chemistry classroom, *Chemistry Education Research and Practice*, **2012**, *13*, 420–427
- Price, M. ja Felder, R., The Many Faces of Inductive Teaching and Learning, *Journal of College Science Teaching*, **2017**, *36*, 14–20
- Saaranen-Kauppinen, A. ja Puusniekka, A., KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto, Tampere, Yhteiskuntatieteellinen tietovarasto, 2006, <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus>, luettu 25.11.2020.
- Sahlberg, P., Does the pandemic help us make education more equitable?, *Educational Research for Policy and Practice*, **2020**, *19*
- Schein, E., *Process consultation revised: Building the Helping Relationship*, 3. painos, Addison-Wesley, Pearson Education, USA, 1999, 86-94
- Scerri, E., ja McIntyre, L., The Case for the Philosophy of Chemistry, *Synthese*, **1997**, *111*, 213–232
- Schwartz, A., Contextualized chemistry education: The American experience, *International Journal of Science Education*, **2006**, *28*, 977–998
- Simonson, M., Seepersaund, D., *Distance education: Definition and Glossary of Terms*, 4. painos, Information age publishing, Charlotte, New York, USA, 2019
- Singh M., Szafran, Z., Pike, R., Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies, *Journal of Chemical Education*, 1999, *76*, 1684–1686
- Tuomisto, M., Oppimispelit mielekkäässä kemian opetuksessa, *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, **2016**, *1*, 67–71
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta, Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa, 2012, [https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf), luettu 25.11.2020.
- Valtioneuvosto, Hallitus päätti varhaiskasvatuksen ja perusopetuksen rajoitteiden purkamisesta, Valtioneuvoston tiedote 297/2020, 29.4.2020, <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/hallitus-paatti-varhaiskasvatuksen-ja-perusopetuksen-rajoitteiden-purkamisesta>, luettu 24.6.2020.
- Valtioneuvosto, Valtioneuvoston linjaus suosituksista varhaiskasvatuksen, esiopetuksen, perusopetuksen, lukion ja ammatillisen koulutuksen, korkeakoulutuksen ja vapaan sivistystyön sekä taiteen perusopetuksen järjestäjille koronavirustartuntojen leviämisen hidastamiseksi, Valtioneuvoston tiedote, 16.3.2020,

<https://minedu.fi/documents/1410845/4449678/Suosituksset+16.3.2020/cc750ec2-9603-c2fd-79a7-ebc56c71a4b7>, luettu 29.4.2020.

Valtioneuvoston asetus 793/2018, Valtioneuvoston asetus perusopetuslaissa tarkoitettun opetuksen valtakunnallisista tavoitteista ja perusopetuksen tuntijaosta annetun valtioneuvoston asetuksen 6 §:n muuttamisesta, Helsingissä 20 päivänä syyskuuta 2018

Vick, M., Analyzing Breadth and Depth of a Virtual Charter School's Science Curriculum, *US-China Education Review A*, **2012**, 2, 149–163

Wade, W., Assessment in distance learning: What do students know and how do we know that they know it?, *The Higher Education Journal*, **1999**, 27, 94-100

Wang, L., Learning chemistry online, *Chemical and engineering news*, **2009**, 87, 97–99

Yip, J., Clegg, T., Bonsignore, E., Lewittes, b., Guha M., Druin, A., Gelderblom, H., Kitchen Chemistry: Supporting Learners' Decisions in Science, *International Conference of the Learning Sciences*, Sydney, Australia, 2.–6.7.2012

Zipp, A., Introduction to "The Microscale Laboratory", *Journal of Chemical Education*, **1989**, 66, 956–957

Zulirfan, Iksanm Z., Osman, K., Salehudin, S., Take-home experiment: Enhancing students' scientific attitude, *Journal of Baltic Science Education*, **2018**, 17, 828–837

## Kyselytutkimus kokeellisuudesta yläkoulun kemiassa

Hei yläkoulussa kemiaa opettavat kollegat!

Koronan aiheuttama etäopetukseen siirtyminen pakotti kemian opettajat pohtimaan uudelleen kokeellisen työskentelyn toteuttamista. Tutkin Pro gradu -tutkielmassani, miten kokeellinen työskentely toteutettiin suomalaisissa peruskouluissa ja pyydän teiltä nyt hetken arvokasta aikaanne siihen liittyvään kyselytutkimukseeni vastaamiseen.

Jokainen vastaus auttaa sekä minua valmistumaan, että antamaan jatkossa hyviä vinkkejä opetuksen toteuttamiseen, varsinkin mikäli etäopetus tulee jälleen ajankohtaiseksi. Kyselyyn vastataan nimettömästi ja vastaamiseen kuluu noin 10-20 minuuttia. Vastauksia käsitellään luottamuksellisesti ja aineistoa käytetään vain tutkielmaani varten, minkä jälkeen se poistetaan. Tutkielman valmistuttua se löytyy avoimesta JYX-tietokannasta ja lupaan jakaa saamani tulokset Facebookissa kemian opettajien vertaisryhmään. Kyselytutkimukseen voi vastata 30.10. saakka. Kiitos sinulle avustasi ja osallistumisestasi tähän tutkimukseen!

Kyselytutkimus koostuu seuraavista osista:

- Taustatiedot
- Kokeellisuus kontaktiopetuksessa
- Kokeellisuus etäopetuksessa
- Etäopetukseen siirtymisen vaikutus kokeellisuuteen
- Kokeellisuuden arviointi kontakti- ja etäopetuksessa

Ystävällisin terveisin,  
Josefiina Hukari  
josefiina.a.hukari@student.jyu.fi  
Jyväskylän yliopisto

Pro gradu -tutkielman ohjaajana toimii yliopistonopettaja Jouni Välisaari  
jouni.k.valisaari@jyu.fi  
Jyväskylän yliopisto

### Taustatiedot

#### 1. Kuinka paljon olet opiskellut kemiaa?

- Vähemmän kuin perusopinnot
- Perusopinnot tai vastaavat (vähintään 25 opintopistettä)
- Aineopinnot tai vastaavat (vähintään 60 opintopistettä)
- Syventävät opinnot tai vastaavat (vähintään 120 opintopistettä)

#### 2. Montako vuotta olet opettanut kemiaa?

- Alle 5 vuotta
- 5-10 vuotta
- 10-15 vuotta
- 15-20 vuotta
- Yli 20 vuotta

## 3. Minkä kokoisia opetusryhmiä opetit keväällä 2020?

- Alle 10 oppilasta
- 10-15 oppilasta
- 15-20 oppilasta
- 20-25 oppilasta
- Yli 25 oppilasta

## Kemian opetuksen kokeellisuus ja menetelmät

Seuraavat kysymykset esitetään kaksi kertaa: kontaktiopetuksessa (*tammikuu-maaliskuu ennen poikkeusoloja*) sekä etäopetuksessa (*maaliskuu-toukokuu*). Tutkimuksessa ei selvitetä kontaktiopetuksen palaamisen jälkeistä tilannetta.

Tässä tutkimuksessa käytetään laajaa määritelmää kokeellisille työskentelymenetelmille, eli myös demonstraatiot (*livedemonstraatiot ja videomuodossa esitetyt demonstraatiot*) sekä virtuaalilaboratoriossa toteutetut simulaatiot (*esimerkiksi PhET*) luokitellaan kokeelliseksi

opetusmenetelmäksi.

Vastaa ensin kysymyksiin kontaktiopetuksesta tammikuussa-maaliskuussa 2020.

## 4. Kokeellisuutta oli keskimäärin

- Joka oppitunti
- Joka toinen oppitunti
- Joka kolmas oppitunti
- Harvemmin, kuinka usein?

## 5. Jos oppitunti sisälsi kokeellisuutta, siihen käytettiin oppitunnista

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Pieni osa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Puolet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Kokonaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 6. Kokeellinen työskentely toteutettiin

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Yksilötöyönä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Parityönä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Ryhmätöyönä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 7. Jos oppitunti sisälsi kokeellisuutta, se sisälsi

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Demonstraation (livenä tai videona)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Perinteisen laboratoriotyön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Mikrokemian työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Keittiökemian työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Virtuaalilaboriotoriön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Muun kokeellisen työn, minkä? <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 8. Kokeellista työtä tehdessä

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Kaikki oppilaat tekivät saman työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilas sai valita määrättyistä töistä mieleisen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Oppilas sai toteuttaa minkä tahansa aiheeseen liittyvän työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 9. Kokeellista työtä tehdessä

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Työhön liittyvä teoria esitettiin ensin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilaat johtivat teorian työn aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työ toimi johdantona, jonka jälkeen esitettiin teoria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 10. Valitessani kokeellista työtä minulle oli tärkeää

	Täysin eri mieltä	Eri mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä	Samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
a. Tutkimusmenetelmien oppiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Laitteiden ja välineiden käytön oppiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Käsitteiden ymmärtämisen vahvistaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Käytännön ja teorian yhdistäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Kemian mielekkyyden lisääminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Ryhmätyöskentelytaitojen vahvistaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. Oppilaiden työskentelyn itsenäisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 11. Kerro halutessasi lisää kokeellisuudesta kontaktiopetuksessa tammikuussa-maaliskuussa 2020:


Vastaa seuraavaksi kysymyksiin etäopetuksesta maaliskuussa-toukokuussa 2020.

**12. Kokeellisuutta oli keskimäärin**

- Joka oppitunti  
 Joka toinen oppitunti  
 Joka kolmas oppitunti  
 Harvemmin, kuinka usein?

**13. Jos oppitunti sisälsi kokeellisuutta, siihen käytettiin oppitunnista**

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Pieni osa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Puolet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Kokonaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**14. Kokeellinen työskentely toteutettiin**

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Yksilötöyänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Parityönä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Ryhmätöyänä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**15. Jos oppitunti sisälsi kokeellisuutta, se sisälsi**

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Demonstraation (livenä tai videona)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Perinteisen laboratoriotyön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Mikrokemian työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Keittiökemian työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Virtuaalilaboratoriotyön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Muun kokeellisen työn, minkä? <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**16. Kokeellista työtä tehdessä**

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Kaikki oppilaat tekivät saman työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilas sai valita määrätystä töistä mieleisen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Oppilas sai toteuttaa minkä tahansa aiheeseen liittyvän työn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**17. Kokeellista työtä tehdessä**

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Työhön liittyvä teoria esitettiin ensin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilaat johtivat teorian työn aikana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työ toimi johdantona, jonka jälkeen esitettiin teoria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



## 18. Valitessani kokeellista työtä minulle oli tärkeää

	Täysin eri mieltä	Eri mieltä	Ei samaa eikä eri mieltä	Samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
a. Tutkimusmenetelmien oppiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Laitteiden ja välineiden käytön oppiminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Käsitteiden ymmärtämisen vahvistaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Käytännön ja teorian yhdistäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Kemian mielekkyyden lisääminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Ryhmätyöskentelytaitojen vahvistaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. Oppilaiden työskentelyn itsenäisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Seuraavaksi kysytään etäopetukseen siirtymisen vaikutuksista kokeelliseen työskentelyyn.

19. Opitko uusia kokeellisia menetelmiä etätyöskentelyn aikana? Mitä nämä menetelmät olivat?


20. Tuletko jatkossa käyttämään sellaisia kokeellisia menetelmiä, joita käytit ensimmäisen kerran tänä keväänä? Miksi?


21. Mitä hyötyä ja mitä haittaa etäopetuksesta oli kemian kokeellisuuden opetukseen?


22. Koitko, että pystyit toteuttamaan opetussuunnitelman mukaista kokeellisuutta etäopetuksessa? Missä asioissa se onnistui, missä ei?


Seuraavat kysymykset esitetään kaksi kertaa: kontaktiopetuksessa (*tammikuu-maaliskuu ennen poikkeusoloja*) sekä etäopetuksessa (*maaliskuu-toukokuu*). Tutkimuksessa ei selvitetä kontaktiopetukseen palaamisen jälkeistä tilannetta.

Vastaa ensin kysymyksiin kontaktiopetuksesta tammikuussa-maaliskuussa 2020.

23. Arvioidessasi oppilaan kokeellista työskentelyä, mitä työskentelyn osa-alueita arvioit?

	En koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Tutkimuskysymysten suunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Työn toteutuksen suunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työskentelyn laatu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Yhteistyön laatu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Työstä saatu lopputulos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Työn tuloksen esittäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 24. Mitä arviointikeinoja käytit kokeellisen työskentelyn arviointiin?

	En koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Oppilaan kirjallisen materiaalin arviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilaan suullisen materiaalin arviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työskentelyn havainnointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Itsearviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Vertaisarviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 25. Mitä toimivia käytänteitä sinulla on kokeellisen työskentelyn arviointiin kontaktiopetuksessa?


Vastaa seuraavaksi kysymyksiin etäopetuksesta maaliskuussa-toukokuussa 2020.

## 26. Arvioidessasi oppilaan kokeellista työskentelyä, mitä työskentelyn osa-alueita arvioit?

	En koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Tutkimuskysymysten suunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Työn toteutuksen suunnittelu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työskentelyn laatu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Yhteistyön laatu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Työstä saatu lopputulos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Työn tuloksen esittäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 27. Mitä arviointikeinoja käytit kokeellisen työskentelyn arviointiin?

	En koskaan	Harvoin	Joskus	Usein	Aina
a. Oppilaan kirjallisen materiaalin arviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Oppilaan suullisen materiaalin arviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Työskentelyn havainnointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Itsearviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Vertaisarviointi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 28. Mitä toimivia käytänteitä löysit kokeellisen työskentelyn arviointiin etäopetuksessa?


## 29. Haluatko vielä kertoa jotain etäopetuksen kokeelliseen työskentelyyn tai sen arviointiin liittyen.
