

# Kokeellisuuden arviointi kemiassa

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma  
Sauli Kaistamo  
Kemian opettajan linja  
Kemian laitos  
Turun yliopisto  
Huhtikuu 2019

## TURUN YLIOPISTO

Kemian laitos

KAISTAMO, SAULI: Kokeellisuuden arviointi kemiassa

Pro gradu -tutkielma, 72 s., 18 liites.

Kemia

Huhtikuu 2019

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -järjestelmällä.

---

Pro gradu -tutkielmassa tutkittiin suomalaisten kemian opettajien kokeellisuuden arvioinnin käytänteitä ja näkemyksiä kokeellisuuden arvioinnista. Opettajilta kerättiin verkkokysely, jossa kysyttiin opettajien kokeellisuuden arvioinnin kohteita, yleisiä arviointitapoja sekä käsityksiä kokeellisuuden arvioinnin haasteista. Kyselyn jakelu tapahtui kemian opettajien suljetun Facebook-ryhmän, sähköpostilla lähetettyjen vastauspyyntöjen ja MAOL:n viikkokirjeen avulla. Vastauksia kyselyyn saatiin kaikkiaan 92. Tutkimuksella haettiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen: 1. Mihin kokeellisuuden osa-alueisiin arviointi painottuu? 2. Millaisia kokeellisuuden arviointikäytäntöjä opettajat käyttävät? ja 3. Mitkä asiat opettajat kokevat arvioinnin ongelmakohdiksi? Näiden kysymyksiä puitteissa haluttiin saada lisäksi tietoa perusopetuksen ja lukion opettajien eroista.

Kyselytutkimuksessa kysyttiin taustatietoina vastaajien sukupuolta, ikää, opetuskokemusta, kemian opintojen tasoa ja kouluastetta, jolla opettaja opettaa. Tämän lisäksi kysyttiin kokeellisuuden määrää vastaajien opetuksessa. Varsinaisia kokeellisuuden arviointiin liittyviä kysymyksiä oli kolmenlaisia. Osa kysymyksistä oli Likert-asteikolla vastattavia kysymyksiä, joissa otettiin kantaa esitettyihin väitteisiin. Arviointikohteita ja arviointimenetelmiä selvitettiin kysymyksillä, joissa opettajat valitsivat valmiilta listalta omaa toimintatapaansa vastaavat vaihtoehdot. Kolmantena kyselyssä esitettiin avoimia kysymyksiä kokeellisuuden arviointiin liittyen. Kyselyn tulokset käsiteltiin pääasiassa kvantitatiivisesti, mutta osittain myös kvalitatiivisesti. Kvantitatiivisten kysymysten osalta vastausaineistosta esitettiin perusopetuksen, lukion ja kaikkien opettajien eri vaihtoehtojen suhteelliset frekvenssit. Perusopetuksen ja lukion erojen tilastollista merkittävyyttä tutkittiin Khiin neliö -testillä. Avointen kysymysten vastaukset luokiteltiin aineistolähtöisesti vastausaineiston ominaisuuksien perusteella. Luokittelukategorioiden valinnassa hyödynnettiin myös kirjallisuutta mahdollisuuksien mukaan.

Kyselytutkimuksen perusteella kokeellisuuden arviointi painottuu työn käytännön suorittamiseen sekä tulosten esittämiseen ja tulkintaan. Perusopetuksessa korostuu erityisesti käytännön suoritus, kun taas lukiossa tulosten käsittely on keskeisessä roolissa. Vastausaineiston perusteella käytetyimmät kokeellisuuden arviointimenetelmät ovat työselostusten arviointi, opiskelijoiden itsearviointi, työskentelyn havainnointi ilman arviointikriteereitä ja lyhyet kokeelliset tehtävät kokeen osana. Lukiossa arviointi on painottuneesti kirjallisten tuotosten arviointia ja luonteeltaan summatiivista. Perusopetuksessa kokeellisuutta arvioidaan lukiota enemmän havainnoimalla ja formatiivisesti. Keskeisimmät esille nousseet kokeellisuuden arvioinnin haasteet liittyvät ryhmäkokoihin, ryhmädynamiikkaan ja ajankäyttöön. Lukio-opettajien vastauksissa korostuivat erityisesti ryhmäkokojen haasteet ja perusopetuksessa ajankäytön haasteet. Kokeellisuuden arvioinnin tila Suomessa vaikuttaa kohtuullisen hyvältä, mutta kokeellisen työskentelyn arviointia olisi tarpeen vielä kehittää jatkotutkimuksen ja arviointimateriaalien kehitystyön avulla.

Asiasanat: Arviointi, kokeellisuus, arviointikriteeri, arviointimenetelmä

## Sisällysluettelo

1. Johdanto .....	5
2. Arvioinnista.....	7
2.1. Arvioinnin käsitteestä.....	7
2.2. Arviointia määrittävät kysymykset .....	8
2.3. Uudistettu Bloomin taksonomia.....	8
2.3.1. Tiedon dimensio .....	8
2.3.2. Kognitiivisten prosessien dimensio .....	9
2.4. Kemian tiedon monitasoinen luonne.....	10
2.5. Arvioinnin tehtävät.....	11
2.6. Arvioinnin luokittelua .....	12
2.6.1. Arviointilajit.....	12
2.6.2. Normatiivisuus ja kriteeriperustaisuus.....	13
2.6.3. Itse- ja vertaisarviointi.....	14
2.7. Arvioinnin laatu .....	15
2.8. Arvioinnin eettinen luonne.....	16
3. Kokeellisuudesta .....	17
3.1. Kokeellisuuden määrittelyä.....	17
3.2. Kokeellisuuden tavoitteet.....	18
3.3. Kokeellisten töiden luokittelua .....	21
3.3.1. Laboratoriotyön muodot .....	21
3.3.2. Luokittelu tutkimuksellisuuden asteen perusteella .....	23
3.4. Laajempien tutkimusten tekemisestä .....	23
3.5. Opettajien kokeellisten töiden valinnat .....	25
4. Kokeellisuuden arviointi .....	26
4.1. Arvioinnin kohteet .....	26
4.2. Kokeellisuuden arviointimenetelmät .....	27

4.2.1. Suoraan käytännön työskentelyyn kohdistuvat menetelmät .....	29
4.2.2. Epäsuorasti käytännön työskentelyyn kohdistuvat menetelmät.....	35
4.3. Kokeellisen työskentelyn arvioinnin haasteet .....	42
5. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset .....	43
6. Tutkimusmenetelmät.....	43
6.1. Kyselytutkimus .....	43
6.1.1. Aineiston keruu .....	43
6.1.2. Aineiston analysointi.....	44
6.2. Kehittämistutkimus .....	45
6.2.1. Oppilastyön ja työhöjeen kehittäminen.....	45
6.2.2. Arviointikriteerien kehittäminen .....	46
6.2.3. Työn ja arviointikriteerien toimivuuden testaaminen opiskelijaryhmillä .....	49
7. Tulokset.....	50
7.1. Taustatiedot .....	50
7.2. Arvioinnin kohteet .....	51
7.3. Arvioinnin tavat .....	53
7.4. Arvioinnin ongelmakohdat ja haasteet.....	62
8. Johtopäätökset ja yhteenveto .....	64
8.1. Yhteenveto ja päätulokset .....	64
8.2. Tutkimuksen luotettavuus .....	66
8.3. Pohdintaa.....	67
Lähteet.....	69
Liitteet .....	73

## 1. Johdanto

Kemia on kokeellinen luonnontiede, joten kokeellisuudella on keskeinen paikkansa myös kemian opetuksessa ja oppimisessa. Jos kemiaa arvioidaan pelkästään perinteisillä summatiiivisilla kirjallisilla kokeilla, saadaan hyvin yksipuolinen kuva kemian osaamisesta. Sekä lukion<sup>1</sup> että perusopetuksen<sup>2</sup> opetussuunnitelmissa korostetaan arvioinnin monipuolisuutta, joten arviointipäätöstä ei voi perustaa pelkästään kirjallisten taitojen näyttöihin. Jotta kemian kokeellinen luonne tulee huomioitua, arvioinnissa pitää kiinnittää huomiota myös kokeellisuuteen ja erityisesti kokeellisen työskentelyn taitoihin. Kokeellisuutta pitää arvioida tuotosten lisäksi myös työskentelyä havainnoimalla.<sup>1,2</sup>

Kokeellisen työskentelyn arviointi on monella tavalla haastavampaa kuin kirjallisten kokeiden arviointi. Kokeellisuutta arvioidaan paljon erilaisiin tuotoksiin, kuten työselostuksiin, perustuen. Tällöin voidaan saada tietoa monista kokeellisuuteen liittyvistä taidoista, mutta varsinaisista työskentelytaidoista kirjallinen tuotos ei kerro luotettavasti.<sup>3</sup> Tästä syystä työskentelyä täytyy arvioida myös suoraan havainnoimalla. Toimivia ja tehokkaita kokeellisuuden arvioinnin tapoja on siis tarpeen tutkia ja kehittää.

Tässä tutkielmassa kokeellisuuden arviointiin otetaan hyvin käytännönläheinen näkökulma. Kirjallisuusosassa esitellään erilaisia kokeellisuuden arviointimenetelmiä siten, että niihin on helppoa tutustua ja niitä on mahdollista myös ottaa käyttöön osaksi arviointia. Arviointimenetelmät jaotellaan suoriin ja epäsuoriin käytännön työskentelyn arviointimenetelmiin.<sup>4</sup> Erilaisia arvioinnin tapoja esitellään runsaasti monipuolisen arvioinnin hengessä ja toisaalta halutaan antaa erilaisia vaihtoehtoja, joita opettaja voi omassa työssään soveltaa. Kirjallisuusosa on tässä mielessä tarkoituksellisesti hieman käsikirjamainen.

Varsinainen erikoistyö- ja pro gradu -tutkimus koostui kahdesta osa-alueesta. Ensinnäkin suomalaisilta kemian opettajilta kerättiin kokeellisuuden arviointiin liittyen kysely, jolla pyrittiin kartoittamaan kokeellisuuden arvioinnin tilaa ja toisaalta nostamaan esiin paljon käytettyjä ja hyväksi havaittuja kokeellisuuden arvioinnin tapoja. Toisena osuutena kehitettiin lukiotasoinen oppilastyö ja työhön soveltuva arviointimalli. Tutkimusaihe on mielenkiintoinen sekä tutkimuksellisesta näkökulmasta että opettajan käytännön työn kannalta. Kokeellisuuden arvioinnin tilasta on tarpeen saada tietoa, jotta sitä voidaan kehittää. Lisäksi kokeellisuuden arviointiin perehtyminen auttaa suoraan tällä osa-alueella opettajan käytännön työssä. Tutkielma painottuu sisällöllisesti kyselytutkimukseen. Työn ja arviointikriteerien kehitysprosessia kuvataan pintapuolisemmin ja työhön liittyvä materiaali on esitetty tutkielman liitteinä.

Kysely-tutkimuksella tavoiteltiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen: 1. Mihin kokeellisuuden osa-alueisiin arviointi painottuu? 2. Millaisia kokeellisuuden arviointitapoja opettajat käyttävät? ja 3. Mitkä asiat opettajat kokevat kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohdiksi? Kunkin kysymyksen kohdalla verrattiin perusopetuksen ja lukion opettajien vastauksia. Pääasiallisena tavoitteena oli saada käsitys kokeellisuuden arvioinnin tilasta Suomessa. Havaittuja eroja perusopetuksen ja lukion välillä pyrittiin myös pohtimaan erityisesti opetussuunnitelmien näkökulmasta.

Tällä tutkielmalla on potentiaalia olla hyödyksi monella tapaa. Ensinnäkin kirjallisuusosassa on esitetty runsas joukko kokeellisuuden arviointimenetelmiä, joita voi tutkielman pohjalta ottaa käyttöön. Kysely-tutkimuksen perusteella on mahdollista saada tietoa, mihin suuntaan kokeellisuuden arviointimenetelmiä tulee kehittää ja toisaalta tuoda esille opettajien hyväksi havaitsemia arvioinnin käytänteitä. Tutkimukseen pohjaten opettajat voivat kokeilla muiden käytössä toimivia menetelmiä. Lisäksi tutkimus voi herättää uusia kysymyksiä, joita voidaan jatkossa lähteä tarkemmin tutkimaan. Kehitettyjä oppilastyötä ja arviointimallia voi puolestaan käyttää sellaisenaan tai mallina kokeellisen työskentelyn arvioinnissa. Tästä tutkimusprosessista on kokeellisuuden arviointiin liittyen suuri hyöty minulle alkavalla opettajan työurallani. Toivon, että tämä tutkielma tavoittaa myös muita opettajia ja että tutkielmasta olisi hyötyä mahdollisimman monen opettajan työhön.

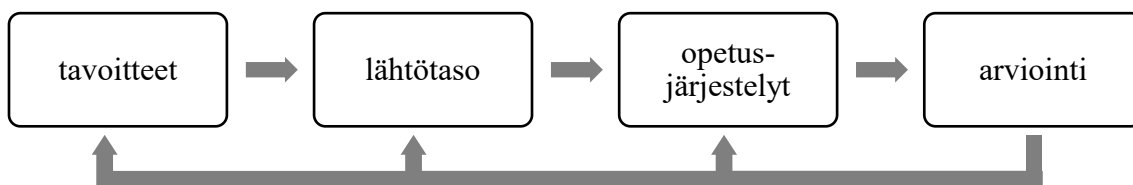
## 2. Arvioinnista

### 2.1. Arvioinnin käsitteestä

Arviointi on käsitteenä moninainen ja sillä on useita hieman toisistaan poikkeavia merkityksiä. Yhteistä kaikelle kasvatusalalla tapahtuvalle arvioinnille on, että kasvatuksen edellytyksille, prosesseille tai tuloksille määritetään arvo tai ansio. Arvon antaminen eli arvottaminen tehdään vertaamalla esimerkiksi tuloksia edellytyksiin ja asetettuihin tavoitteisiin. Ammattikasvattajan tekemien arvovalintojen tulee olla perusteltuja ja tietoisia.<sup>5</sup>

Arviointi on tapana jakaa kahteen luokkaan, jotka ovat evaluaatio (*evaluation*) ja arvostelu (*assessment*). Arviointi evaluation-merkityksessä tarkoittaa laajempaa arviointia esimerkiksi koululaitoksen ja koulutuspolitiikan tasolla. Arvostelulla puolestaan tarkoitetaan yksittäisen oppilaan suorituksen vertaamista tavoitteisiin. Arvostelu tähtää usein numeroarvosanan antamiseen.<sup>5,6</sup>

Arviointi liittyy oleellisesti kaikkeen opetukseen. Glaserin opetuksen perusmalli jäsentää opetuksen keskeiset perustekijät, jotka ovat tavoitteet, lähtötaso, opetusjärjestelyt ja arviointi. Opetuksen suunnittelu lähtee liikkeelle tavoitteista. Kohtuullisen yleisen tasoiset tavoitteet on määritelty opetussuunnitelmissa. Opettaja pilkkoo opetussuunnitelman tavoitteita pienemmiksi oppituntikohtaisiksi tavoitteiksi, joihin hän perustaa opetuksensa. Tavoitteiden pohjalta opettaja selvittää esimerkiksi arvioinnin keinoin oppilaiden lähtötason, jonka perusteella opettaja valitsee soveltuvat opetusjärjestelyt. Opetuksen jälkeen ja myös sen aikana opettaja arvioi oppilaiden edistymistä. Arviointi kytkeytyy kaikkiin muihin opetuksen peruselementteihin. Arviointi ohjaa tavoitteiden asettamista, antaa tietoa oppilaiden lähtötasosta ja vaikuttaa valittaviin opetusjärjestelyihin.<sup>6</sup> Glaserin mallia on havainnollistettu kuvassa 1.



**Kuva 1.** Glaserin opetuksen perusmalli. Mukailtu viitteestä 7.

## 2.2. Arviointia määrittävät kysymykset

Arvioinnin voidaan katsoa määrittävän viiden toisiinsa kytkeytyvän kysymyksen kautta. Nämä ovat mitä-, miksi-, miten-, kuka- ja miten-kysymykset.<sup>5</sup> Seuraavissa luvuissa arviointia lähestytään esitettyjen kysymysten näkökulmasta. Ensin pohditaan, mitä arvioidaan. Tähän haetaan vastausta uudistetun Bloomin taksonomian<sup>7</sup> ja kemiallisen tiedon tasojen<sup>8, 9</sup> kautta. Miksi-kysymystä tarkastellaan erityisesti arvioinnin tehtävien<sup>5</sup> näkökulmasta. Miten-, kuka- ja milloin-kysymykset nivoutuvat yhteen ja niitä käsitellään erilaisten arvioinnin luokitusten kannalta.

## 2.3. Uudistettu Bloomin taksonomia

Eräs tapa lähestyä kysymystä ”Mitä arvioidaan?” on tarkastella erilaisia tietämisen ja ajattelun tasoja. Krathwohl on esittänyt uudistetun version perinteisestä Bloomin taksonomiasta. Uudistettu Bloomin taksonomia koostuu kahdesta dimensiosta, jotka ovat tiedon dimensio ja kognitiivisten prosessien dimensio.<sup>7</sup> Liikuttaessa taksonomian kahdella eri dimensiolla saadaan aikaan luokittelu eritasoisesta osaamisesta. Uudistettu taksonomia on tapana koota taksonomiatauluksi (Taulukko 1.), josta ilmenee erilaiset tiedon ja ajattelun tasot. Taksonomiataulun avulla voidaan arvioida, kohdistuuko arviointi monipuolisesti tiedon ja ajattelun tasoille, toisin sanoen mahdollistaako arviointi eritasoisen osaamisen näyttämisen.

**Taulukko 1.** Taksonomiataulu.<sup>7</sup>

Tiedon dimensio	Kognitiivisten prosessien dimensio					
	1. Muistaa	2. Ymmärtää	3. Soveltaa	4. Analysoida	5. Arvioida	6. Luoda
A. Faktatieto						
B. Käsitetieto						
C. Menetelmätieto						
D. Metakognitiivinen tieto						

### 2.3.1. Tiedon dimensio

Tiedon tasot ovat faktatieto (*factual knowledge*), käsitetieto (*conceptual knowledge*), prosessitieto (*procedural knowledge*) ja metakognitiivinen tieto (*metacognitive knowledge*). Faktatiedolla tarkoitetaan perustietoja, jotka voidaan jakaa tietoon terminologiasta ja tietoon tarkoista yksityiskohdista ja peruselementeistä.<sup>7</sup> Kemian

näkökulmasta faktatietoa ovat esimerkiksi kemian symbolinen merkkikieli ja alkuaineiden nimet.<sup>10</sup>

Käsitetiedolla tarkoitetaan tietoa perusasioiden välisistä yhteyksistä osana laajempaa rakennetta. Käsitetiedon alalajeja ovat tieto luokituksista ja kategorioista, tieto periaatteista ja yleistyksistä sekä tieto teorioista, malleista ja rakenteista.<sup>7</sup> Käsitetietoa ovat esimerkiksi alkuaineiden jaksollisen järjestelmä ja kemiallisen sitoutuminen.<sup>10</sup>

Menetelmätieto on tietoa siitä, miten jokin asia tehdään. Se voi olla tietoa tutkimusmenetelmistä, taidoista, algoritmeista ja tekniikoista. Menetelmätiedon alalajit ovat tieto oppiainekohtaisista taidoista ja algoritmeista, tieto oppiainekohtaisista tekniikoista ja metodeista sekä tieto menetelmien käyttökriteereistä.<sup>7</sup> Kemiassa menetelmätietoa ovat esimerkiksi kemian laskujen ratkaisutavat ja kemian tutkimusmenetelmät.<sup>10</sup>

Metakognitiivinen tieto on tietoa kognitiosta yleensä ja tietoisuutta omasta kognitiosta. Metakognitiivinen tieto jaetaan uudistetussa Bloomin taksonomiassa strategiseen tietoon, tietoon kognitiivisista tehtävistä ja itsetuntemukseen.<sup>7</sup> Esimerkkejä metakognitiivisesta tiedosta ovat koestrategiat, tieto itselle sopivista tehtävyytyypeistä sekä tietoisuus omista vahvuuksista ja heikkouksista.<sup>10</sup>

### **2.3.2. Kognitiivisten prosessien dimensio**

Uudistetun Bloomin taksonomian toisena dimensiona tiedon ohella on kognitiivisten prosessien dimensio eli ajattelun tasot.<sup>7</sup> Kognitiiviset prosessit voidaan luokitella alemman tason ajattelutaitoihin (*lower-order cognitive skills*, LOCS) ja korkeamman tason ajattelutaitoihin (*higher-order cognitive skills*, HOCS). Alemman tason ajattelua kuvaavat verbit muistaa (*remember*), ymmärtää (*understand*) ja soveltaa (*apply*). Korkeamman tason ajattelua puolestaan kuvaavat verbit analysoida (*analyze*), arvioida (*evaluate*) ja luoda (*create*).<sup>10, 11</sup> Taksonomia on hierarkkinen, eli ajattelun haastavuus lisääntyy siirryttäessä ajattelun tasolta toiselle. Kuitenkin ajattelun tasot menevät keskenään osittain päällekkäin, eikä aina ole yksiselitteistä, mikä on esimerkiksi ymmärtämistä ja mikä soveltamista.<sup>7</sup>

Muistamisella tarkoitetaan uudistetussa taksonomiassa relevantin tiedon mieleen palauttamista pitkäkestoisesta muistista. Muistaminen jaetaan tunnistamiseen ja mieleenpalauttamiseen.<sup>7</sup> Näistä esimerkkejä ovat esimerkiksi kemiallisten merkkien tunnistaminen ja kemian keksintöjen vuosilukujen muistaminen.<sup>10</sup>

Ymmärtämisellä tarkoitetaan merkitysten muodostamista opetuksellisten viestien pohjalta ja sillä on useita alalajeja. Alalajit ovat tulkitseminen, esimerkkien antaminen,

luokittelu, yhteenvedon tekeminen, päättely, vertaaminen ja perusteleminen.<sup>7</sup> Esimerkkejä kemiallisen tiedon ymmärtämisestä ovat muun muassa orgaanisten yhdisteiden rakennekaavojen tulkitseminen ja reaktioyhtälön kirjoittaminen sanallisen tehtävänannon pohjalta.<sup>10</sup>

Soveltaminen tarkoittaa menetelmän toteuttamista tai käyttämistä annetussa tilanteessa.<sup>7</sup> Menetelmän toteuttamisesta on kyse, kun menetelmää käytetään tutussa tilanteessa, esimerkiksi suoritetaan tislauksia. Menetelmän käyttämisestä on kyse, kun menetelmää hyödynnetään uudessa tilanteessa, esimerkiksi voidaan käyttää ideaalikaasun tilanyhtälöä tilanteessa, johon se soveltuu.<sup>10</sup>

Analysoimisessa materiaali jaetaan osiin ja määritetään osien suhteita toisiinsa ja kokonaisuuteen. Analysoiminen on jaettu taksonomiassa kolmeen osaan: erotteluun, organisoimiseen ja piilomerkitseminen havainnoimiseen.<sup>7</sup> Analysoimista ovat esimerkiksi tehtävän ratkaisemiseen tarvittavan tiedon erottaminen tehtävänannosta.<sup>10</sup>

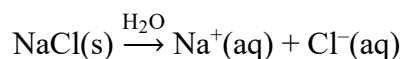
Arviointi tarkoittaa kriteerien ja standardien perusteella tapahtuvaa päätöksen tekoa. Arviointi jakaantuu tarkistamiseen ja arvosteluun.<sup>7</sup> Tarkistaminen voi tarkoittaa esimerkiksi laskutehtävän järjestyksen arvioimista ja arvosteluun kemian työmenetelmien hyvien ja huonojen puolien arvioimista.

Korkeinta ajattelun tasoa uudistetussa Bloomin taksonomiassa edustava luominen tarkoittaa elementtien kokoamista toimivaksi ja johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi tai näiden uudelleen järjestämistä. Luominen jaetaan kehittämiseen, suunnitteluun ja tuottamiseen.<sup>7</sup> Hypoteesien muodostaminen, kokeellisen menetelmän suunnitteluun ja esseevastauksen laatiminen ovat esimerkkejä luomisesta kemian oppimisen kontekstissa.<sup>10</sup>

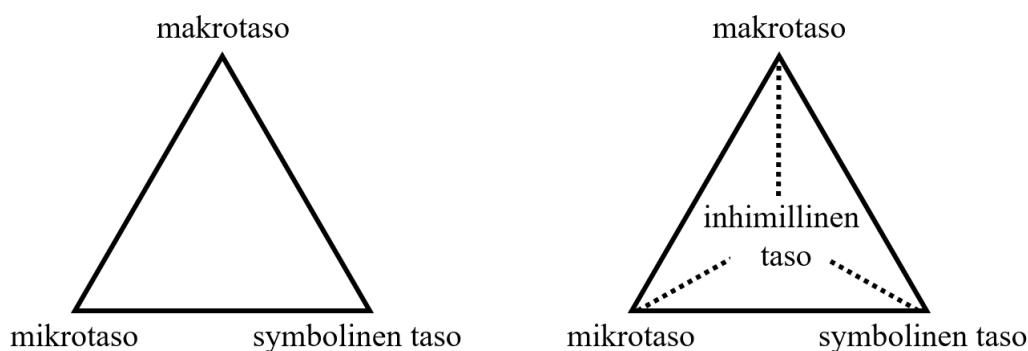
## **2.4. Kemian tiedon monitasoinen luonne**

Arvioinnin kohde riippuu oppiaineesta, jonka arvioinnista on kyse. Johnstone<sup>8</sup> on esittänyt kemiallisen tiedon kolmitasomallin. Kemialliselle tiedolle on ominaista, että ilmiötä tarkastellaan kolmella eri tasolla, jotka ovat makrotaso, mikrotaso ja symbolinen taso. Makrotasolla tarkoitetaan havaittavissa olevaa ilmiötä, mikrotasolla atomi- ja molekyyli-tason selitystä ja symbolisella tasolla ilmiön kuvaamista kemian merkkikielellä. Esimerkiksi sekoitettaessa ruokasuolaa veteen havaitaan makrotasolla suolan liukeneminen veteen. Mikrotasolla selitetään, että natrium- ja kloridi-ionien välisiä ionisidoksia sekä vesimolekyylien välisiä vetysidoksia katkeaa ja muodostuu

ionien ja vesimolekyylien välisiä ioni-dipolisidoksia. Symbolisella tasolla sama ilmaistaan esimerkiksi reaktioyhtälön avulla:



Mahaffy<sup>9</sup> on lisännyt Johnstonen malliin neljännen, inhimillisen ulottuvuuden. Ihmimillisen ulottuvuuden näkökulmasta ilmiöt sidotaan ihmisten elämään. Tarkoituksena on nähdä kemialliset ilmiöt laajemmassa kontekstissa ja huomata, miten kemia vaikuttaa ihmisiin ja yhteiskuntaan. Mahaffyn inhimillinen ulottuvuus täydentää Johnstonen kemiallisen tiedon kolmion tetraedriksi (Kuva 2.)



**Kuva 2.** Kemiallisen tiedon tasot. Mukailtu viitteistä 9 ja 10.

Kemiallisen tiedon monitasoisuus<sup>8, 9</sup> pitää huomioida myös kemian arvioinnissa. Koska kemiallinen tieto sisältää makrotason, mikrotason ja symbolisen tason, myös arvioinnin olisi syytä kohdistua näihin kaikkiin. Kemiallisen tiedon tasoista on mainittu myös perusopetuksen opetussuunnitelmassa,<sup>2</sup> jossa todetaan perusopetuksessa opetuksen painottuvan makrotasolle, mutta sopivassa määrin myös mikro- ja symbolisille tasoille.

## 2.5. Arvioinnin tehtävät

Arviointia määrittää osaltaan kysymys ”Miksi arvioidaan?”. Tähän voidaan vastata esimerkiksi arvioinnin tehtäviä tarkastelemalla. Arvioinnin tehtävät kuvastavat, mitä arvioinnilla halutaan saavuttaa. Sekä perusopetuksen että lukion opetussuunnitelmassa arvioinnin keskeisimmäksi tehtäväksi nostetaan arvioinnin tehtävä ohjata ja kannustaa opiskelua. Arvioinnin tarkoituksena on edistää oppilaan tai opiskelijan oppimista ja tässä keskeisenä välineenä on jatkuva palaute oppilaan tai opiskelijan edistymisestä.<sup>1, 2</sup>

Atjonen esittää arvioinnille neljä tehtävää, jotka ovat arvioinnin toteava, motivoiva, ohjaava ja ennustava tehtävä.<sup>5</sup> Erityisesti arvioinnin ohjaava ja motivoiva tehtävä korostuvat opetussuunnitelmissa,<sup>1, 2</sup> kuten edellä on esitetty. Arvioinnin toteava tehtävä

tarkoittaa nimensä mukaisesti oppimisen tilan toteamista arvioinnin hetkellä. Esimerkiksi opintojakson alussa voidaan pitää testi, jolla todetaan oppilaiden lähtötaso. Erilaiset päättökokeet, kuten ylioppilaskirjoitukset puolestaan toteavat lukion aikana saavutetun osaamistason tai paremminkin osaamisen koetilanteessa. Arvioinnin ohjaava ja motivoiva tehtävä liittyvät kiinteästi toisiinsa. Kun oppilaan edistymistä seurataan jatkuvasti, oppilas saa tietoa oppimisensa suuntaamiseksi ja opettaja puolestaan tulevan opetuksensa suunnitteluun. Kun arviointi palkitsee edistymisestä ja toisaalta osoittaa, miten tavoitteiden suunnassa on kuljettu, oppilas saa motivaatiota jatkaa opiskelua. Arvioinnilla on myös ennustava tehtävä. Arvioinnin avulla saatavan tiedon avulla voidaan esimerkiksi ennakoida oppimisvaikeuksia tai sijoittumista työelämään.<sup>5</sup>

## **2.6. Arvioinnin luokittelua**

Arviointi määrittelevistä kysymyksistä miten-, kuka- ja milloin-kysymykset liittyvät oleellisesti toisiinsa.<sup>5</sup> Seuraavassa esitellään muutamia keskeisiä arvioinnin luokkia. Ensin esitellään perinteiset arviointilajit, jotka vastaavat osaltaan miten- ja milloin-kysymyksiin. Lisäksi tarkastellaan arvioinnin muodollisuutta. Tämän lisäksi vertaillaan normatiivista ja kriteeriperusteista arviointia, mikä pyrkii vastaamaan arviointi määrittävään miten-kysymykseen. Luvussa tartutaan kuka-kysymykseen itse- ja vertaisarviointien näkökulmasta.

### **2.6.1. Arviointilajit**

Arviointi on tapana jakaa kolmeen arviointilajiin, jotka ovat diagnostinen, formatiivinen ja summatiivinen arviointi. Diagnostisessa arvioinnissa selvitetään oppilaiden lähtötaso ennen opetusjaksoa.<sup>6, 12</sup> Opettaja ja oppija itse saavat tietoa lähtötiedoista ja oppimisvalmiuksista.<sup>6</sup> Diagnostinen arviointi kertoo opettajalle myös oppilasryhmän tasoeroista. Opettaja voi suunnata opetustaan ja erityisesti sovittaa opetuksen tason sopivaksi, ei liian helpoksi tai vaikeaksi.<sup>12</sup> Diagnostisella arvioinnilla on siis erityisesti toteava tehtävä. Diagnostinen arviointi myös ohjaa oppimista ja ennustaa mahdollisia oppimisvaikeuksia.<sup>5</sup>

Formatiivinen arviointi tarkoittaa jatkuvaa oppimisprosessin aikana tapahtuvaa arviointia, jolla säädellään opiskeluprosessia.<sup>5, 12</sup> Tavanomainen formatiivisen arvioinnin muoto on formatiivinen koe eli puhekielessä pistari.<sup>6</sup> Formatiiivista arviointia korostetaan sekä perusopetuksen että lukion opetussuunnitelmissa, mutta erityisen paljon se korostuu perusopetuksen puolella. Perusopetuksen opetussuunnitelmassa linjataan, että pääosa

opintojen aikaisesta arvioinnista on formatiivista. Formatiiviseen arviointiin kytkeytyy kiinteästi palaute, jonka tulee olla opintoja edistävää ja luonteeltaan laadullista ja kuvailevaa. Arvioinnin ja palautteen antamisen tulee olla osana päivittäistä opetusta ja vuorovaikutus on tässä oleellisessa roolissa.<sup>2</sup> Formatiivisen arvioinnin keskeisimmät tehtävät ovatkin ohjaava ja motivoiva tehtävä.<sup>5</sup>

Summatiivisella arvioinnilla tarkoitetaan opetusjaksojen päättöarviointia, jonka tavallisin muoto on loppukoe.<sup>5, 12</sup> Summatiivinen arviointi on kolmesta esitetystä arviointilajista perinteisin. Esimerkiksi ylioppilaskokeet ovat tyypiesimerkki summatiivisesta arvioinnista.<sup>5</sup> Usein opettajan arviointi on käytännössä määrävälein summatiivisten kokeiden pitämistä. Kokeiden keskiarvo muodostaa arvosanan pohjan, jota voidaan korottaa tai laskea muun näytön perusteella. Summatiivisen kokeen tärkeimmät vaatimukset ovat koalueen kattavuus ja tehtävien vaihteleva taso.<sup>6</sup> Summatiivisen arvioinnin keskeisin tehtävä on arvioinnin toteava tehtävä.<sup>5</sup>

Arviointi voidaan luokitella formaaliin eli muodolliseen ja informaaliin eli epämuodolliseen arviointiin. Formaali arviointi tarkoittaa erityisesti kokeiden avulla tapahtuvaa selkeästi kontrolloitua arviointia. Informaali arviointi tarkoittaa kaikkea tietoa, joka opettaja saa oppilaistaan tarkkailemalla heidän osallistumistaan oppimistapahtumiin.<sup>6</sup> Formaaliin arviointiin voi kuulua kokeiden ja testien lisäksi esimerkiksi työselostusten ja -vihkojen arviointia, esitelmien arviointia tai portfolioarviointia. Informaalia arviointia voi puolestaan olla systemaattinen tarkkailu, tuntiosaamisen kokonaisarvio tai myös tiedostamaton kokonaisarvio oppilaasta.<sup>13</sup>

## **2.6.2. Normatiivisuus ja kriteeriperustaisuus**

Arviointi voidaan jakaa normatiiviseen ja kriteeriperusteiseen arviointiin. Normatiivisessa arvioinnissa arvioitavan suoritusta verrataan muiden arvioitavien suorituksiin, kun taas kriteeriperusteisessa arvioinnissa suoritusta verrataan ennalta määriteltyihin kriteereihin. Normatiiviseen arviointiin sisältyy keskeisesti suhteellisuuden periaate, joka tarkoittaa sitä, että arviointipäätöksen perusteena on arvioitavan suoritus suhteessa muiden arvioitavien suorituksiin.<sup>14</sup> Tyypillinen esimerkki suhteellisesta arvioinnista on ylioppilaskirjoitukset, jossa arvioitavat asetetaan paremmuusjärjestykseen ja kutakin arvosanaa saa tietty prosenttiosuus arvioitavista.<sup>12</sup>

Normatiivinen arviointi on käyttökelpoinen silloin, kun on tarpeen vertailla arvioitavia toisiinsa. Tällainen tilanne on esimerkiksi opiskelijavalinnoissa. Sen sijaan oppimistulosten arviointiin normatiivinen arviointi ei ole paras vaihtoehto.<sup>14</sup> Jos kullekin arvosanalle on määritelty ennalta tietty prosenttiosuus, ei oteta huomioon oppilaiden

absoluuttista tasoa. Tällöin hyvässä luokassa samalla osaamisella saa huonomman arvosanan kuin heikompi-tasoisessa luokassa. Suurissa oppilasmassoissa suhteellinen arviointi antaa oikeudenmukaisen tuloksen.<sup>12</sup>

Kriteeriperusteiseen arviointiin kuuluu keskeisimpänä piirteenä arvioinnin absoluuttisuuden periaate. Tämä tarkoittaa, että arviointipäätöksen perusteena käytetään henkilön suoritusta suhteessa ennalta määriteltyihin arviointikriteereihin. Kriteeriperusteinen arviointi voi olla määrällistä tai laadullista. Määrällinen kriteeriperusteinen arviointi on tyypillisesti kokeiden avulla arviointia ja muistuttaa paljon normatiivista arviointia absoluuttista luonnettaan lukuun ottamatta. Laadullisessa kriteeriperusteisessa arvioinnissa voidaan käyttää arvioitavalle ja opetustilanteeseen sopivia arviointimenetelmiä, minkä lisäksi arviointipäätökseen sisältyy enemmän tulkinnanvaraisuutta kuin määrälliseen kriteeriperusteiseen arviointiin tai normatiiviseen arviointiin.<sup>14</sup>

### **2.6.3. Itse- ja vertaisarviointi**

Itsearviointilla tarkoitetaan oppilaan itsensä suorittamaa omiin kykyihinsä ja suoriutumiseensa kohdistuvaa arviointia.<sup>15</sup> Itsearviointi auttaa oppilasta tunnistamaan omaa osaamistaan sekä omia vahvuuksiaan ja heikkouksiaan. Itsearviointi antaa myös tietoa edistymisestä sekä oppimiseen ja yhteistyöhön liittyvistä taidoista. Itsearviointin avulla on mahdollista kehittää itseään oppijana ja yhteisön jäsenenä.<sup>6</sup> Itsearviointin edellytysten kehittäminen on keskeisenä osana perusopetuksen opetussuunnitelmassa. Oppilaita ohjataan havainnoimaan oppimistaan ja sen edistymistä sekä niihin vaikuttavia tekijöitä.<sup>2</sup>

Vertaisarvioinnissa oppilaat arvioivat toistensa suoriutumista. Vertaisarviointi on tyypillistä yhteistoiminnallisten projektien tai oppimistehtävien yhteydessä.<sup>15</sup> Perusopetuksen opetussuunnitelmassa vertaisarviointi nähdään tärkeänä itsearviointin rinnalla. Oppilaita ohjataan havainnoimaan omaa ja yhteistä työskentelyä ja myös antamaan rakentavaa palautetta toisilleen. Tällä tähdätään itse- ja vertaisarviointitaitojen kehittymiseen.<sup>2</sup>

Opettajat käyttävät itse- ja vertaisarviointia erityisesti oppimisen edistämiseen. Itse- ja vertaisarviointilla pyritään lisäämään oppilaiden osallisuutta oppimisprosessissa sekä oppilaiden välistä vuorovaikutusta ja luottamusta. Itse- ja vertaisarviointilla halutaan helpottaa yksilöllistä palautteenantamista ja kohdentaa oppilaiden keskittymistä oppimisprosessiin pelkän lopputuloksen sijaan.<sup>15</sup>

Noonan ja Duncan<sup>15</sup> ovat tutkineet, paljonko opettajat käyttävät itse- ja vertaisarviointia ja mitä hyötyä opettajat katsovat näistä arviointitavoista olevan.

Tutkituista 110 opettajasta noin puolet käytti vain vähän itse- ja vertaisarviointia, 27 % jonkin verran ja 24 % ei lainkaan. Vähän itse- ja vertaisarviointia käyttäneet opettajat katsoivat, että itse- ja vertaisarviointi kannustaa oman suoriutumisen reflektointiin, on hyödyllistä ryhmätyön sekä projektien ja esitysten arviointiin. Jonkin verran itse- ja vertaisarviointia käyttävät opettajat pyrkivät muun muassa asenteen, yrittämisen, osallistumisen ja kotitehtävien tekemisen itsearviointiin. Opettajat haluavat myös tietoa, miten oppilaat ajattelevat suoriutuvansa. Lisäksi itse- ja vertaisarviointi antaa tietoa oppilaille itselleen ja luo oppimismahdollisuuksia. Osa opettajista, jotka eivät käyttäneet itse- ja vertaisarviointia olivat sitä mieltä, että oppilaat eivät ole riittävän kypsiä totuudenmukaiseen ja objektiiviseen itse- ja vertaisarviointiin.

## 2.7. Arvioinnin laatu

Arviointia ei voida suorittaa miten tahansa, vaan sen pitää olla laadukasta. Stokking *et al.*<sup>16</sup> esittää arvioinnille neljä laatukriteeriä, jotka ovat reliabiliteetti, validiteetti, hyväksyttävyyden ja käytännön hyödyllisyys. Reliabiliteetti kertoo, kuinka hyvin arviointi vastaa arvioitavan todellista osaamista.<sup>12</sup> Kun arvioinnin reliabiliteetti on korkea, opettajan pitäisi päätyä toistamiseen samaan arviointipäätökseen, jos hän suorittaa arvioinnin myöhemmin uudelleen. Vastaavasti eri arvioitsijoiden arviointipäätösten pitäisi olla toisiaan vastaavia.<sup>16</sup> Reliabiliteettia voivat alentaa erilaiset satunnaisvirheet. Arvioitavan väsymys, sairaus tai tenttipelko voi aiheuttaa alisuoriutumista. Toisaalta joissain tilanteissa arvaamalla voi saada osaamistaan paremmat pisteet.<sup>12</sup>

Arvioinnin validiteetti kuvastaa, kuinka hyvin arviointi mittaa sitä, mitä halutaankin mitata. Validiteetilla on kaksi keskeistä ulottuvuutta, jotka ovat sisällön ja pisteytyksen validiteetit. Sisällön validiteetti tarkoittaa ensinnäkin sitä, että arviointi kohdistuu juuri niihin asioihin, jotka ovat arvioinnin kohteena. Lisäksi arvioinnin pitää kattaa mahdollisimman hyvin ne alueet, joihin arviointi kohdistuu.<sup>12, 16</sup> Arvioinnin validiteettia voivat alentaa erilaiset systemaattiset arviointivirheet, joita ovat esimerkiksi sädekehävaikutus, tasovaikutus, korostamisvirhe, keskittämistäipumus ja kriteerien muuttumisvirhe.<sup>12</sup> Eri arviointivirheiden merkitykset on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Systemaattiset arviointivirheet.<sup>12</sup>

Arviointivirhe	Kuvaus
Sädekehävaikutus	Epäolennaiset seikat, kuten oppilaan yleinen koulumenestys, sosiaalinen tausta, käyttäytyminen tai ulkonäkö, vaikuttavat arviointipäätökseen.
Tasovaikutus	Oppilaat asetetaan paremmuusjärjestykseen ja annetaan kutakin arvosanaa tietty prosenttiosuus. Tällöin korkeatasoisessa ryhmässä on vaikeampaa saada hyviä arvosanoja kuin heikkotasoisessa ryhmässä.
Korostamisvirhe	Jaetaan vain hyviä ja huonoja arvosanoja.
Keskittämistäipumus	Supistetaan arvosanajakaumaa siten, että ei anneta hyviä, eikä huonoja arvosanoja.
Kriteerien muuttumisvirhe	Arviointiperusteet muuttuvat kesken arvioinnin.

Arvioinnin hyväksyttävyyttä sisältää monia elementtejä. Ensimmäkin arvioinnin pitää olla objektiivista. Käytännössä arviointikriteerien pitää olla täsmälliset, eikä niissä saa olla tulkinnanvaraa. Arvioinnin pitää olla myös läpinäkyvää, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että arviointikäytännöt ja -kriteerit ovat selvät ja etukäteen arvioitavien tiedossa. Yksi tärkeä asia on arvioitavien yhdenvertainen kohtelu. Kaikilla tulee olla yhtäläiset mahdollisuudet menestyä, mikä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kaikilla on kokeessa käytössään saman verran aikaa ja että kaikki saavat yhtä paljon ohjausta. Arviointi ei saa olla millään tavalla syrjivää. Toisin sanoen arvioitavan ominaisuudet, jotka ovat arvioinnin kannalta epärelevanttejä, eivät saa vaikuttaa arviointipäätökseen.<sup>16</sup>

Viimeinen neljästä arvioinnin laatukriteeristä on arvioinnin käytännön hyödyllisyys. Arvioinnin pitää soveltua siihen käyttötarkoitukseen, mihin se on suunniteltu. Tämä arvioinnin tarkoitus voi olla esimerkiksi arvioitavien kehittymisen selvittäminen tai arvosanan antaminen. Arvioinnin pitää olla vaikeusasteeltaan sopiva ja erottelukykyinen. Arvioinnin täytyy toimia käytännössä muun muassa käytettävissä olevien resurssien puitteissa. Arvioinnin on myös tarpeen olla tehokasta.<sup>16</sup>

## 2.8. Arvioinnin eettinen luonne

Koska arvioinnissa määritetään arvioinnin kohteelle arvo, arvioinnilla on keskeisesti eettinen luonne. Esimerkiksi arvioinnin kohteen valinta sisältää arvovalintoja siitä, mikä katsotaan arvokkaaksi. Arvioinnin eettisyyteen liittyy kolme tärkeää elementtiä: oikeudenmukaisuus, kriittisyys ja huolenpito. Oikeudenmukaisuus on hyvin keskeistä

eettisyyden kannalta. Arvioitavan tulee saada ansionsa mukainen kohtelu. Arvioinnin on suhtauduttava kriittisesti arviointikohteeseensa, jotta se voisi täyttää tehtävänsä. Arviointia itseään tulee myös tarkastella kriittisesti. Arvioinnin näkökulmasta huolenpito tarkoittaa tukea antavaa ja ymmärtävää vuorovaikutusta. Kaikkien kolmen elementin pitää toteutua, jotta arviointi olisi eettistä. Pelkkä kritiikki ja oikeudenmukaisuus ei riitä, vaan arvioinnin pitää myös tukea arvioitavaa.<sup>5</sup>

Eettisesti hyvällä arvioinnilla on muutamia keskeisiä arvoja, jotka ovat osin samansisältöisiä kuin edellä esitetyt arvioinnin etiikan keskeiset elementit ja arvioinnin laatukriteerit. Nämä keskeiset arvot ovat reiluus ja oikeidenmukaisuus, validius ja reliabelius, läpinäkyvyys ja motivointi. Reiluus tarkoittaa erityisesti sitä, että kaikilla pitää olla yhtäläiset mahdollisuudet menestyä. Oikeudenmukaisuus taas tarkoittaa, että arviointi erottelee opiskelijoita oppimistulosten eikä henkilökohtaisten ominaisuuksien perusteella. Arvioinnin validiteettia ja reliabiliteettia on käsitelty jo edellä arvioinnin laatukriteerien yhteydessä ja niillä on oma keskeinen paikkansa arviointieettisessä pohdinnassa. Arvioinnin läpinäkyvyys on oleellista arvioinnin eettisyyden kannalta. Arviointiin ei saa sisältyä piilotavoitteita tai yllätyksiä. Erityisesti arvioinnin pitää olla linjassa opetussuunnitelman tavoitteiden kanssa. Lisäksi arviointikriteerien pitää olla tiedossa, eli opiskelijan täytyy tietää, mitä häneltä odotetaan. Hyvä arviointi myös motivoi oppimaan. Arvioinnin tulee auttaa opiskelijaa suunnittelemaan oppimistaan, missä itsearviointilla on keskeinen merkitys.<sup>5</sup>

### **3. Kokeellisuudesta**

#### **3.1. Kokeellisuuden määrittelyä**

Millar<sup>17</sup> määrittelee kokeellisuuden tai tarkemmin kokeelliseen työn miksi tahansa luonnontieteen opetus- ja oppimistehtäväksi, jossa oppilaat työskentelevät yksin tai ryhmässä ja tekevät havaintoja tai käsittelevät esineitä ja materiaaleja, jotka ovat opiskelun kohteina.<sup>17</sup> Tässä kokeellisuuden luokittelussa kokeelliseen työskentelyyn katsotaan kuuluvaksi oppilastyöt eli eksperimentit ja näitä laajemmat tutkimukset. Eksperimentti tarkoittaa tässä tulkinnassa aktiviteettia, jossa tuotetaan tarkasteltava ilmiö tai testataan hypoteesin paikkansapitävyys. Tutkimus tarkoittaa käytännön työtä, jossa oppilaat eivät pelkästään seuraa tarkkaa ohjeistusta, vaan heillä on vapauksia tehdä valintoja työtapojen ja tulosten käsittelyn suhteen.<sup>17</sup>

Lavosen *et al.*<sup>18</sup> tulkinnassa kokeellisuus ymmärretään edellä esitettyä määritelmää laajemmin. Kokeellisuuden ei tarvitse rajoittua pelkästään oppilaan toimintaan.

Kokeellisuuteen voidaan katsoa kuuluvaksi muun muassa omakohtaista toimintaa, laboratoriotyöskentelyä, demonstraatioita, opintokäyntejä ja audio-visuaalisten apuvälineiden avulla tapahtuvaa toimintaa. Oleellinen ero Millarin<sup>17</sup> määrittelyyn on demonstraatioiden laskeminen mukaan kokeellisuuteen. Tässä tutkielmassa kokeellisuus tulkitaan Lavosen *et al.*<sup>18</sup> laajemman tulkinnan mukaisesti ja keskitytään erityisesti kokeellisuuden alalajeista demonstraatioihin, oppilastöihin ja laajempiin tutkimustehtäviin.

Oppilastyö voidaan määritellä opetukselle annettuja tavoitteita kohti suuntautuvaksi kokeelliseksi toiminnaksi, jossa oppilaat tekevät havaintoja sekä suunnittelevat ja tekevät kokeita erilaisilla välineillä. Oppilastöissä oppilaat ovat itse aktiivisessa roolissa kokeellisessa työskentelyssä. Oppilastyötä voidaan nimittää myös kokeeksi, eksperimentiksi tai käytännön toiminnaksi. Oppilastöillä tavoitellaan opetuksessa monia asioita, joita on käsitelty tarkemmin seuraavassa kokeellisuuden tavoitteita käsittelevässä luvussa.<sup>18</sup>

Demonstraatiolla tarkoitetaan yleensä koetta tai mittausta, jonka opettaja, oppilas tai oppilasjoukko suorittaa ja jota suurin osa oppilaista samalla tarkkailee ja havainnoi. Demonstraatio pyrkii yleensä havainnollistamaan tarkasteltavaa ilmiötä. Demonstraatiot ovat usein luonteeltaan laadullisia ja niillä aloitetaan uuden asian käsittely. Yleensä demonstraation on tarkoitus olla yllättävä ja näyttävä. Demonstraatiot ovat hyödyllisiä, koska demonstraatiot herättävät oppilaiden mielenkiintoa ja aktivoivat kyselemään sekä helpottavat tarkasteltavan ilmiön muistamista. Puheen ymmärtää usein väärin, kun taas ilmiön näkeminen tukee oppimista.<sup>18</sup>

### **3.2. Kokeellisuuden tavoitteet**

Aiemmin luvussa 2.1. käsiteltiin Glaserin opetuksen perusmallia,<sup>6</sup> jossa osoitettiin arvioinnin kytkeytyminen opetuksen tavoitteisiin. Tavoitteet ratkaisevat, mitä opetetaan ja siten myös mitä arvioidaan. Kirjallisuudessa on esitetty monia tavoitteita kokeelliselle työskentelylle. Hofstein ja Lunetta<sup>19</sup> esittävät käytännön työskentelyn oppimistavoitteiksi seuraavat tavoitteet.

- Tieteellisten käsitteiden (*scientific concepts*) ymmärtäminen
- Kiinnostus ja motivaatio
- Käytännön taidot ja ongelmanratkaisuvalmiudet
- Tieteelliset ajattelutavat (*scientific habits of mind*)
- Tieteen luonteen (*nature of science*) ymmärtäminen

Kokeellisella työskentelyllä tavoitellaan usein luonnontieteellisten käsitteiden oppimista, kuten edellisessä listauksessakin on esitetty. Kokeelliseen työskentelyyn liittyy yhtäältä havainnot (*domain of observables*) ja toisaalta käsitteet (*domain of ideas*), joiden välille kokeellisuudella pyritään luomaan yhteys. Kokeellinen työ voi opettaa käytännön taitoja, jolloin liikutaan tekemisen tasolla, tai sitten luonnontieteellisiä käsitteitä, jolloin päästään niin sanotulle oppimisen tasolle. Havainnot, käsitteet, tekemisen taso ja oppimisen taso muodostavat tavoitteista nelikentän (Taulukko 3.), jota voidaan käyttää esimerkiksi oppimisen tehokkuuden arviointiin.<sup>20</sup> Opettajan on hyvä tiedostaa, mihin nelikentän osioon hän haluaa kokeellisuuden milloinkin osuvan. Tavoitellaanko esimerkiksi jonkin menetelmän käytännön suorituksen oppimista, vai jonkin käsitteen ymmärtämistä?

**Taulukko 3.** Kokeellisen tehtävän tehokkuuden arviointimatriisi.<sup>20</sup>

<b>Tehokkuus</b>	<b>Havainnot (<i>Domain of observables</i>)</b>	<b>Käsitteet (<i>Domain of ideas</i>)</b>
Taso 1 (tekeminen)	Oppilas osaa käyttää välineitä ja materiaaleja ja kerätä mittaustuloksia oppettajan odotusten mukaisesti.	Oppilas ajattelee tekemistään ja havaintojaan opettajan tarkoittamien käsitteiden avulla.
Taso 2 (oppiminen)	Oppilas pystyy palauttamaan mieleensä, mitä työssä tehtiin ja havaittiin sekä muistaa mittaus- tulosten keskeiset ominaisuudet.	Oppilas pystyy myöhemmin osoittamaan niiden käsitteiden ymmärrystä, joita työssä oli tarkoitus oppia

Suomalaisen opetuksen näkökulmasta tärkeimmät kokeellisuuden tavoitteet määritellään opetus suunnitelmissa.<sup>1, 2</sup> Opetus suunnitelmien tavoitteissa näkyvät pitkälti samat asiat kuin Hofsteinin ja Lunettan listauksessa.<sup>19</sup> Perusopetuksen opetus suunnitelman perusteiden<sup>2</sup> mukaan pääpaino on makroskooppisella eli havaittavalla tasolla, joka on yksi Johnstonen<sup>8</sup> kemiallisen tiedon ulottuvuuksista. Opetus suunnitelma ottaa kemian opetuksen lähtökohdaksi elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havainnoinnin ja tutkimisen. Tutkimusten tekeminen nähdään tärkeäksi käsitteiden sisäistämisen, tutkimisen taitojen kehittymisen ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisen kannalta.<sup>2</sup>

Perusopetuksen kemian opetus suunnitelman tavoitteet T5–T9 liittyvät tutkimisen taitoihin. Nämä tavoitteet ovat seuraavat:

- 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.<sup>2</sup>

Opetussuunnitelman sisältöalue S1 kohdistuu luonnontieteelliseen tutkimukseen. Sisältöalueeseen sisältyy muun muassa turvallisen työskentelyn periaatteet ja perustyötaidot sekä tutkimusprosessin vaiheet, kuten ongelman tai ilmiön pohtiminen, suunnittelu, koejärjestelyjen toteuttaminen, havainnointi, tulosten koonti ja käsittely sekä tulosten arviointi ja esittäminen. Lisäksi korostetaan tieto- ja viestintäteknologian käyttöä apuvälineenä tutkimuksen eri vaiheissa.<sup>2</sup>

Lukion opetussuunnitelma<sup>1</sup> jatkaa samalla linjalla perusopetuksen opetussuunnitelman kanssa. Kokeellisuus nähdään myös lukion opetussuunnitelmassa keskeiseksi käsitteiden, tutkimisen taitojen ja luonnon tieteen luonteen oppimisessa. Lisäksi opiskelijoiden kokeellisen työskentelyn katsotaan kehittävän työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä luovaa ja kriittistä ajattelua. Kokeellisuuden merkitys kemian opiskeluun innostamisessa katsotaan tärkeäksi.<sup>1</sup>

Lukiokemian opetuksen yleisistä tavoitteista kolme kohdistuu suoraan kokeellisuuteen.<sup>1</sup> Nämä tavoitteet vastaavat sisällöiltään perusopetuksen opetussuunnitelman tavoitteita T5–T7.<sup>2</sup> Lukion opetussuunnitelman kokeellisuuden tavoitteet ovat seuraavat:

- osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja kehittää kysymyksiä edelleen tutkimusten, ongelmanratkaisun tai muun toiminnan lähtökohdiksi
- osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia turvallisesti ja yhteistyössä muiden kanssa
- osaa käsitellä, tulkita ja esittää tutkimusten tuloksia sekä arvioida niitä ja koko tutkimusprosessia<sup>1</sup>

Myös kurssikohtaisista tavoitteista ja keskeisistä sisällöistä löytyy luonnollisesti kokeellisuutta. Tavoitteiden vaativuus lisääntyy opintojen edetessä. Eri kursseissa esiintyvät tavoitteet ovat seuraavat:

- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen erilaisia kemian ilmiöitä sekä ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat (KE1)
- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen orgaanisiin yhdisteisiin, ainemäärään ja pitoisuuteen liittyviä ilmiöitä (KE2)
- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin liittyviä ilmiöitä (KE3)
- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen materiaaleihin ja sähkökemian liittyviä ilmiöitä (KE4)
- osaa tutkia kokeellisesti ja erilaisia malleja käyttäen reaktioihin ja kemialliseen tasapainoon liittyviä ilmiöitä (KE5)<sup>1</sup>

Opetussuunnitelmassa eri kursseissa esiintyvä kokeellisuuden liittyvät keskeiset sisällöt ovat puolestaan seuraavat:

- turvallinen työskentely, aineen erotusmenetelmät, aineiden ominaisuuksien tutkiminen, havainnointi ja johtopäätösten tekeminen (KE1)
- työvälineiden ja reagenssien käyttö sekä liuosten valmistus (KE2)
- reaktioiden tutkiminen kokeellisesti, titraus analyysimenetelmänä, tutkimustulosten käsitteleminen, tulkitseminen ja esittäminen (KE3)
- tutkimuksen ja ongelmanratkaisun ideointi ja suunnittelu (KE4)
- tutkimustulosten ja -prosessin arviointi (KE5)<sup>1</sup>

### **3.3. Kokeellisten töiden luokittelua**

Kokeellisen työn luonne vaikuttaa siihen, mitä asioita sen puitteissa on mahdollista arvioida. Tästä syystä on tarpeen tarkastella, millaisia laboratoriotöitä voidaan tehdä. Tärkeä näkökulma kokeelliseen työskentelyyn on työn avoimuus, eli kuinka paljon oppija saa vaikuttaa työn suoritukseen. Esimerkiksi työn suunnittelua ei voida arvioida, jos suunnitelma on valmiiksi opettajan tekemä. Seuraavassa esitellään kaksi erilaista tapaa luokitella kokeellisia töitä.

#### **3.3.1. Laboratoriotyön muodot**

Laboratoriotyöt voidaan luokitella neljään luokkaan, jotka ovat todentava (*expository*), tutkimuksellinen (*inquiry* tai *open-inquiry*), keksintöperustainen (*discovery* tai *guided-*

*inquiry*) ja ongelmaperustainen (*problem-based*) työ. Luokittelu perustuu kolmen määräävän tekijän tarkasteluun. Nämä ovat työn lopputuloksen avoimuus, työssä käytetty päättelytapa ja käytännön toteutustapa.<sup>21</sup> Laboratoriotöiden luokitteluperusteet ilmenevät taulukosta 4.

**Taulukko 4.** Laboratoriotöiden luokittelu<sup>21</sup>

<b>Työmuoto</b>	<b>Lopputulos</b>	<b>Ajattelutapa</b>	<b>Toimintatapa</b>
Todentava	Ennalta määrätty	Deduktiivinen	Annettu
Tutkimuksellinen	Avoin	Induktiivinen	Oppilaiden kehittämä
Keksintöperustainen	Ennalta määrätty	Induktiivinen	Annettu
Ongelmaperustainen	Ennalta määrätty	Deduktiivinen	Oppilaiden kehittämä

Avoimuus tarkoittaa tässä, onko työn lopputulos ennalta määrätty vai muotoutuuko se oppilaan työsuorituksen mukaan. Todentavassa työssä lopputulos on sekä oppilaan että opettajan tiedossa etukäteen. Keksintöperustaisessa ja ongelmaperustaisessa työssä oppilas ei yleensä tiedä työn lopputulosta, mutta se on opettajalla ennestään tiedossa.<sup>21</sup>

Ajattelutapa voi olla joko induktiivinen tai deduktiivinen. Induktiivisessä päättelyssä havaintojen perusteella muodostetaan jonkinlainen malli, kun taas deduktiivisessä päättelyssä oppilaat soveltavat tunnettua teoriaa kyseiseen tilanteeseen. Tutkimuksellisessa ja keksintöperustaisessa työssä päättely on induktiivista, mutta todentavassa ja ongelmaperustaisessa työssä se on puolestaan deduktiivista.<sup>21</sup>

Työn toimintatapa voidaan antaa oppilaille valmiina esimerkiksi suullisesti tai kirjallisen työohjeen muodossa. Näin toimitaan todentavassa ja keksintöperustaisessa työssä. Toimintatapa voi olla myös oppilaiden itsensä kehittämä, kuten toimitaan tutkimuksellisissa ja ongelmaperusteisissa töissä.<sup>21</sup>

Yhteenvedon voidaan määritellä neljä työtyyppiä. Todentavassa työssä oppilaat suorittavat ohjetta seuraten työn, jonka lopputulos on ennalta tiedossa. Tyypillinen todentava työ on jonkin tieteellisen faktan toteaminen yksinkertaisella kokeella. Tutkimuksellisessa työssä oppilaat saavat itse ideoida työn ja toteuttaa sen haluamallaan tavalla, jolloin työn lopputulos on avoin. Keksintöperustaisessa työssä oppilaat tavallisesti suorittavat ohjeiden mukaan työn ja yrittävät havaintojensa perusteella muodostaa opittavana olevan luonnontieteellisen teorian, jonka sisältö on tyypillisesti opettajalla ennalta tiedossa. Ongelmaperusteisessa työssä oppilaille esitetään jokin ongelma, johon heidän pitää etsiä ratkaisu. Oppilaiden on siis tietojensa ja taitojensa pohjalta kehitettävä toimintatapa, jolla ongelma saadaan ratkaistua.<sup>21</sup>

### 3.3.2. Luokittelu tutkimuksellisuuden asteen perusteella

Edellä yhtenä työmuotona oli tutkimuksellinen työ. Tutkimuksellisuutta on monen tasoista, eikä kaiken tutkimuksellisen työskentelyn tarvitse tarkoittaa täysin avointa työskentelyä.<sup>22</sup> Yksi tapa luokitella kokeellista työskentelyä on sijoittaa työ tutkimuksellisuuden jatkumolle. Tutkimuksellisuuden tasot ovat todentava tutkimus (*confirmatory inquiry*), strukturoitu tutkimus (*structured inquiry*), ohjattu tutkimus (*guided inquiry*) ja avoin tutkimus (*open inquiry*), joissa oppijan vapaus lisääntyy tässä järjestyksessä.<sup>22, 23</sup>

Tutkimuksellisuuden eri tasot eroavat toisistaan sen mukaan, onko tutkimuskysymyksen muotoilussa, menetelmän valinnassa ja tulosten tulkinnassa vastuullisena toimijana opettaja vai oppija. Todentavassa tutkimuksessa oppilaat todistavat jonkin periaatteen annettujen toimintaohjeiden mukaan ja saavat tuloksena ennalta tiedossa olevan tuloksen. Strukturoidussa tutkimuksessa oppilaat tutkivat opettajan antamaa tutkimuskysymystä annettujen ohjeiden mukaan, mutta tulosten tulkinta on oppilaiden vastuulla. Ohjatussa tutkimuksessa oppilaat tutkivat opettajan antamaa tutkimuskysymystä kehittämillään tai valitsemillaan menetelmillä. Avoimessa tutkimuksessa myös tutkimuskysymyksen muotoilu on oppilaiden valittavissa.<sup>22, 23</sup> Opettajan ja oppijan vastuiden jakautuminen tutkimuksellisuuden eri tasoilla on esitetty taulukossa 5.

**Taulukko 5.** Opettajan ja oppilaan vastuun jakautuminen tutkimuksellisuuden eri tasoilla<sup>22, 23</sup>

Tutkimuksellisuuden taso	Tutkimuskysymys	Menetelmä	Tulokset
1. Todentava tutkimus	opettaja	opettaja	opettaja
2. Strukturoitu tutkimus	opettaja	opettaja	oppija
3. Ohjattu tutkimus	opettaja	oppija	oppija
4. Avoin tutkimus	oppija	oppija	oppija

### 3.4. Laajempien tutkimusten tekemisestä

Edellä on tarkasteltu lähinnä lyhyehköjen oppilastöiden luokittelua. Tarkastellaan seuraavaksi laajempia, projektityyppisiä tutkimuksia, joihin liittyy selkeämmin aidon tutkimuksen tekemisen vaiheita ja laajamittaista raportointia. Tällaisilla tutkimuksilla tavoitellaan samantyyppisiä asioita, mitä tavanomaisilla oppilastöilläkin, mutta

tutkimuksilla on keskeinen tehtävä luonnontieteellisen tutkimuksen ja tieteen luonteen ymmärtämisen kannalta. Erityisesti opiskelija huomaa, että luonnontieteissä tutkiminen on keskiössä, luonnontieteiden avulla mallinnetaan ilmiöitä sekä tunnistetaan ja ratkotaan arkielämän ongelmia. Opiskelija oppii ymmärtämään tiedon muuttumista, tutkimuksen eettisiä periaatteita ja vuorovaikutuksen merkitystä. Lisäksi tutkimusten tekeminen antaa mielikuvaa tutkijan ammatista ja voi kannustaa alan jatko-opintoihin.<sup>24</sup>

Kun halutaan harjoitella tutkimuksen tekemistä, projektissa käydään läpi mahdollisuuksien mukaan kaikki luonnontieteellisen tutkimuksen vaiheet, jotka voidaan listata seuraavasti:

- 1) Havainnon tekeminen tai tutkimusongelman muodostaminen
- 2) Tutkimushypoteesin muodostaminen
- 3) Kokeellisen/kenttätyöskentelyn suunnittelu ja hypoteesin testaaminen käytännössä
- 4) Tulosten käsittely
- 5) Johtopäätösten tekeminen
- 6) Tutkimuksen arviointi
- 7) Tutkimusraportin kirjoittaminen ja esittäminen julkisella foorumilla.<sup>24</sup>

Tutkimuksen tekemiseen liittyy keskeisesti huolelliset muistiinpanot työskentelystä ja toisaalta raportin kirjoittaminen. Luonnontieteellisen tutkimuksen pitää olla toistettavissa, mikä edellyttää työskentelystä tehtyjä tarkkoja muistiinpanoja. Käytännössä tutkija pitää tutkimuspäiväkirjaa, johon kirjataan yksityiskohtaisesti kaikki työssä tapahtunut edistymisen. Muistiinpanojen perusteella tutkimusraportin kirjoittaminen on helpompaa.<sup>24</sup>

Tutkimuksesta kirjoitetaan käytännössä aina raportti, joka esitetään tiedeyhteisölle, jolloin tutkimustulokset tulevat kaikkien käytettäväksi ja ne asetetaan kritiikin alaisiksi. Raportit noudattelevat tiettyä kaavaa, jota on hyvä soveltaa myös koulussa toteutettavassa raportoinnissa. Tutkielman rakenne on yleensä seuraava:

- Otsikko
- tiivistelmä
- sisällysluettelo
- johdanto
- aineisto ja menetelmät
- tulokset
- johtopäätökset tai tulosten tarkastelu

- loppulause
- kiitokset
- kirjallisuusluettelo.<sup>24</sup>

### 3.5. Opettajien kokeellisten töiden valinnat

Käytettävä kokeellisuuden muoto ratkaisee, millaista oppimista sen yhteydessä voi tapahtua ja sitä kautta myös, miten sitä voidaan arvioida. Näin ollen opettajien tekemät valinnat ovat ratkaisevassa roolissa. Opettajien kokeellisuuden työtavoista tekemistä valinnoista on tehty paljon tutkimusta, josta tässä tarkastellaan lyhyesti muutamaa esimerkkiä.

Abrahams ja Millar<sup>20</sup> ovat tutkineet, mitä opettajat tavoittelevat kokeellisella työskentelyllä ja millä tehokkuuden arviointimatriisin alueilla näiden puitteissa työskennellään. Tutkimuksessa aineistona käytettiin kokeellista työskentelyä sisältävistä biologian, fysiikan ja kemian tunneista tehtyjä havaintoja sekä oppilaiden ja opettajien haastatteluja. Opettajat tavoittelivat teoreettisten käsitteiden oppimista kokeellisuuden avulla, mutta käytännössä opetuksessa korostui työn käytännön suoritus. Opettajat haluavat ensisijaisesti varmistaa, että kaikki saavat työn onnistumaan. Sen sijaan käsitteiden ymmärryksen kehittämiseen käytettiin vain vähän aikaa.

Tutkimuksen perusteella opetus oli tehokasta tekemisen ja havaintojen tasolla. Oppilaat pystyvät suorittamaan työt opettajan haluamalla tavalla. Sen sijaan tutkimus ei antanut vahvoja näyttöjä siitä, että oppilaat ajattelisivat työskentelyään toivottujen käsitteiden avulla. Oppimisen tasolle päästään havaintojen alueella, mutta tässäkin oppilaat muistavat vain joitakin yksityiskohtia. Käsitteiden oppiminen sen sijaan jää hyvin vajavaiseksi. Opettajat olettavat liikaa, että töissä tehdyt havainnot muuntuvat itsestään käsitteiden oppimiseksi. Todellisuudessa opettajien tulisi käyttää enemmän aikaa työn kytkemiseen käsitteisiin.<sup>20</sup>

Lewthwaite<sup>25</sup> on tutkinut, kuinka usein opettajat valitsevat kokeelliseksi työtavaksi demonstraation, oppilastyön ja laajemman tutkimuksen. Tavallisimmin käytetään oppilastöitä, demonstraatioita käytetään jonkin verran ja tutkimuksia tehdään harvoin. Opettajien perustelut on jaettu kolmeen luokkaan, jotka ovat käytännön perustelut, luonnontieteen prosessin autenttisuus ja kemian oppimiseen liittyvät perustelut. Demonstraatioiden ja tutkimusten käyttöä tai käyttämättömyyttä perustellaan pääosin käytännön syillä. Esimerkiksi demonstraatioita käytetään, koska ne vaativat vain vähän aikaa ja resursseja. Tutkimukset sen sijaan ovat opettajalle hankalia toteuttaa ja vaativat

aikaa ja resursseja. Oppilastöiden käyttöä perustellaan eniten kemian oppimisen näkökulmasta. Töillä voidaan muun muassa havainnollistaa perusajatuksia ja opettaa työskentelyn taitoja.

Tomperi ja Aksela<sup>26</sup> ovat tutkineet, millaisia kokeellisia töitä suomalaiset lukion kemian opettajat valitsevat ja millä perusteella. Tutkimuksessa opettajia pyydettiin antamaan suosikkityönsä työohje ja perustelemaan, miksi työ on hyvä. Tutkimukseen osallistui kymmenen opettajaa, joista kuusi valitsi todentavan oppilastyön ja neljä keksintöperustaisen työn. Valinnoissa liikutaan siis tutkimuksellisuuden alimmilla kahdella tasolla. Perustelujen pohjalta hyvä työ lukio-opettajien mielestä tukee teorian oppimista, on selkeä ja tulokset ovat helposti havaittavia. Lisäksi hyvä työ on yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa sekä se onnistuu aina. Tässä tutkimuksessa näkyvät paljolti siis samat tekijät kuin Abrahamsin ja Millarin<sup>20</sup> tutkimuksessa.

#### **4. Kokeellisuuden arviointi**

Kokeellisuus on oleellinen osa kemian ja ylipäätään luonnontieteiden opiskelua, joten sen arviointi on tärkeää. Vaikka kokeellisen työskentelyn arviointi on haasteellisempaa kuin perinteisemmät arviointitavat, opettajan tulee pyrkiä huomiomaan kokeellisuus riittävästi arvioinnissaan. Kokeellisuuden arvioinnista on mainintoja sekä perusopeuksen että lukion opetussuunnitelmissa, mikä osaltaan velvoittaa opettajia arvioimaan kokeellisuutta. Perusopetuksen opetussuunnitelmassa kokeellisen työskentelyn arvioinnista sanotaan, että se voi edetä hierarkkisesti turvallisen työskentelyn periaatteista, taitotehtäviin ja suljetuista tutkimustehtävistä avoimiin tutkimuksiin. Tuotosten lisäksi pitää arvioida työskentelyä.<sup>2</sup> Myös lukion opetussuunnitelmassa edellytetään, että tuotosten ohella arvioidaan tutkimisen ja kokeellisen työskentelyn taitoja.<sup>1</sup> Tässä luvussa tarkastellaan ensin, millaisia erilaisia asioita kokeellisuuteen liittyen voidaan arvioida. Tämän jälkeen esitellään erilaisia kokeellisuuden arviointimenetelmiä ja lopuksi pohditaan kokeellisen työskentelyn arvioinnin haasteita.

##### **4.1. Arvioinnin kohteet**

Kokeellisuuden arviointi voi kohdistua moniin asioihin, jotka jäsenyvät pitkälti tutkimuksen tekemisen vaiheiden kautta. Doran *et al.*<sup>27</sup> jakavat arvioinnin kohteet neljään luokkaan, jotka ovat suunnittelu (*planning*), toteuttaminen (*performing*), analysointi (*analyzing*) ja soveltaminen (*applying*). Tässä soveltamisella tarkoitetaan tulosten vertaamista yleisempiin malleihin, jatkokysymysten esittämistä ja soveltamista työn

rajatun kontekstin ulkopuolelle.<sup>27</sup> Tässä siis soveltamisen tulkinta on erilainen kuin uudistetussa Bloomin taksonomiassa.<sup>7</sup>

Erätuuli ja Meisalo<sup>28</sup> jäsentävät kokeellisuuden arvioinnin kohteet neljään luokkaan, jotka ovat oppilaan yleinen työskentelytapa, kokeellinen tekniikka ja mittausten suorittaminen, tulokset ja niiden tulkitseminen sekä työturvallisuus. Tämä jaottelu on hyvin kiinteästi sidoksissa käytännön laboratoriotyöskentelyyn. Oppilaan yleiseen työskentelytapaan sisältyy työskentelyn tavoitteen selvittäminen itselleen ennen työn aloittamista, oman työskentelyn suunnitteleminen, omakohtainen ideointi, ongelmien ratkaiseminen, havainnoinnin monipuolisuus, pitkäjänteisyys sekä yhteistyökyky. Kokeellinen tekniikka ja mittausten suorittaminen puolestaan kattaa sopivien välineiden valitsemisen, laitteiston kokoamisen, kätevyuden ja taitavuuden sekä mittausten suorittamisen vaaditulla tarkkuudella. Tulosten tulkintaan kuuluu havaintojen ja mittaustulosten tulkinta teorian pohjalta sekä tulosten luotettavuuden ja mielekkyyden arviointi. Työturvallisuuden luokkaan sisältyy siisteys ja järjestelmällisyys, henkilökohtaisten turvaohjeiden noudattaminen sekä työtovereiden turvallisuuden huomioiminen.

Erätuuli ja Meisalo<sup>29</sup> ovat toisessa tutkimuksessaan tehneet myös laajemman jaottelun kokeellisuuteen liittyvistä tavoitteista, joita voidaan arvioida. Tässäkin on neljä luokkaa, jotka ovat kognitiiviset taidot, laboratorio- ja kenttätyöskentelyn taidot, ihmissuhdetaidot sekä itsenäisen persoonallisuuden taidot. Tämä luokittelu sisältää osittain samoja asioita kuin edellä esitelty jaottelu.

Jos kokeellisuuden arvioinnin on tarkoitus tapahtua normaalin opetuksen ohessa, on selvää, että kaikkia mahdollisia tavoitteita ei voida arvioida samalla kertaa. Ahtineva<sup>30</sup> on suositellut kokeellisuuden arviointia käsittelevässä artikkelissaan, että yhdelle työkerralle ei kannata asettaa montaa tavoitetta. Esimerkkinä yläkouluun hän antaa saippuanvalmistustyön, josta arvioidaan kolme asiaa: välineiden ja aineiden tuntemista, työturvallisuutta sekä vuorovaikutustaitoja ja yhdessä toimimista.

## **4.2. Kokeellisuuden arviointimenetelmät**

Kirjallisuudesta löytyy monia erilaisia kokeellisuuden arviointimenetelmiä. Osa menetelmistä kohdistuu pääasiassa kirjallisten tuotosten arviointiin, mutta osassa pyritään korostamaan enemmän itse työskentelyn arviointia. On hyvä huomata, että kaikki arviointi ei tähtää arvosanan antamiseen, vaan esimerkiksi itse- ja vertaisarvioinnin sekä opettajan antaman palautteen avulla pyritään ohjaamaan oppimista oikeaan suuntaan.

Kokeellisen työskentelyn ja ylipäätään käytännön taitojen arviointimenetelmät voidaan jaotella suoriin käytännön taitojen arviointimenetelmiin (*Direct Assessment of Practical Skills*, DAPS) ja epäsuoriin käytännön taitojen arviointimenetelmiin (*Indirect Assessment of Practical Skills*, IAPS). Suorilla menetelmillä tarkoitetaan mitä tahansa arviointitapaa, jossa opiskelija joutuu käsittelemään aitoja esineitä ja osoittamaan suoraan osaamistasonsa jossakin tarkasti rajatussa tai yleisessä taidossa. Suoraa arviointia on esimerkiksi opettajan opiskelijan työskentelyn aikana suorittama havainnointi. Epäsuorassa käytännön taidon arvioinnissa opiskelijan taidoista tehdään johtopäätöksiä käytännön työskentelyssä tuotetun datan tai työskentelyn perusteella laaditun raportin perusteella. Kemian arvioinnin näkökulmasta epäsuora kokeellisten taitojen arviointi voi olla esimerkiksi työselostusten arviointia.<sup>4</sup>

Sekä suoralla että epäsuoralla kokeellisuuden arvioinnilla on omat etunsa ja heikkoutensa. Jos halutaan arvioida taitoja, suora arviointi on validiteetiltaan parempi vaihtoehto kuin epäsuora arviointi. Sen sijaan, jossa halutaan arvioida jonkin taidon tai prosessin ymmärtämistä, epäsuora arviointi on suositeltava vaihtoehto. Kokeellisuuden suora arviointi on validi tapa arvioida työskentelytaitoja, mutta se vaatii epäsuoraa arviointia enemmän resursseja. Epäsuora arviointi on arvioitsijan näkökulmasta usein suoraviivaisempaa toteuttaa, mutta tällöin validiteetti on huonompi, eikä toisaalta kannusteta opiskelijoita taitojen kehittämiseen.<sup>4</sup> Tässä tutkielmassa käsiteltävät kokeellisuuden arviointimenetelmät on lueteltu kuvassa 2 jaoteltuna suoriin ja epäsuoriin menetelmiin.

#### **Suorat käytännön työskentelyn arviointimenetelmät (DAPS)**

- Havainnointi
- Näyttötehtävät
- Kokeellinen koe
- Kokeellinen tehtävä kokeen osana

#### **Epäsuorat käytännön työskentelyn arviointimenetelmät (IAPS)**

- Laboratoriopäiväkirjan arviointi
- Työselostusten arviointi
- Kokeellisuuteen liittyvät kirjalliset tehtävät
- Itse- ja vertaisarviointi
- Arviointikeskustelu
- Demonstraatioarviointi
- Valmiin mittausdatan käsittely
- Visuaaliseen aineistoon (esim. videoon) perustuvat tehtävät

**Kuva 2.** Tutkielmassa esiteltävät kokeellisuuden arviointimenetelmät.

Arvioinnin kohde osaltaan ratkaisee, miten sitä voidaan arvioida. Joissain tapauksissa kirjallinen tuotos antaa riittävästi tietoa, mutta usein tarvitaan työskentelyn seuraamista. Oppilaan yleisestä työskentelytavasta tietoa saadaan parhaiten työskentelyä havainnoimalla. Sen sijaan kokeellisesta tekniikasta ja mittauksen suorittamisesta voidaan saada tietoa myös kirjallisen tuotoksen perusteella. Kuitenkin havainnointi voi olla tässäkin tarpeen. Tulokset ja niiden tulkinta sen sijaan voidaan arvioida luotettavasti pelkän kirjallisen tuotoksen perusteella. Työturvallisuuden toteutumista on arvioitava työskentelyä havainnoimalla.<sup>28</sup>

#### **4.2.1. Suoraan käytännön työskentelyyn kohdistuvat menetelmät**

Kuten edellä on esitetty, suoraan käytännön työskentelyyn kohdistuvissa arviointimenetelmissä (DAPS) arviointi perustuu taidoista työskentelyn aikana saatuun suoraan näyttöön.<sup>4</sup> Käytännössä tämä tarkoittaa jonkinlaista havainnointia. Tässä luvussa käsitellään muutamia suoria menetelmiä. Havainnointia käsitellään ensin erikseen erityisesti havainnoinnin tukena käytettävien arviointityökalujen näkökulmasta. Nämä työkalut eivät välttämättä edusta kokonaisuudessaan suoraa arviointia, mutta niissä on vähintäänkin suoran arvioinnin osuuksia. Näyttötehtävien kohdalla esitetään puolestaan kokeellisten arviointitehtävien hierarkkinen luokittelu. Kokeellinen koe ja kirjallisen kokeen rinnalla järjestettävät kokeelliset tehtävät sisältävät näyttötehtävien kaltaisia arviointitehtäviä. Kokeellinen koe voi sisältää myös epäsuorasti arvioitavia osuuksia, mutta se on siitä huolimatta luokiteltu suoriin arviointimenetelmiin.

#### **Havainnointi**

Chabalengula *et al.*<sup>31</sup> ovat kehittäneet työskentelytaitojen arviointiin havainnointipohjaisen PBLAT-menetelmän (*problem-based lab assessment technique*). Menetelmä keskittyy nimenomaan työskentelyyn, johon sisältyy välineiden ja materiaalien käsittely, mittaaminen ja käytännön kokeiden suorittaminen. Mallin avulla voidaan arvioida systemaattisesti käytännön taitoja, joita ei voida arvioida kirjallisten raporttien pohjalta, vaan joiden arviointi täytyy tehdä havainnoimalla oppilaita työskentelyn aikana.

Mallin rakentamisessa tärkeinä tekijöinä huomioitiin mahdollisuus korjata oppilaiden toimintaa paikan päällä, oppilaiden riittävä tarkkailu, oppilaiden ja opettajien sopiva määrä sekä materiaalien saatavuus. Kaksi tärkeää tausta-ajatusta mallissa ovat käytännön taitojen havainnointi työskentelyn aikana sekä oppilaiden yksilöllinen ja tarkoituksenmukainen tarkkailu. Soveltuvaksi arvioinnin toteutustavaksi esitetään työpistetyöskent-

telyä, jossa havainnointi tehdään usealla erillisellä työpisteellä. PBLAT-menetelmää voidaan käyttää myös muulla tavalla toteutettavassa havainnoinnissa.<sup>31</sup>

Työpistemallissa laboratoriotyö on jaettu osiin, joista kukin suoritetaan omalla pisteellään. Oppilaat kiertävät työpisteeltä toiselle ja kullakin työpisteellä arvioidaan tietyn taidon hallintaa. Jos työn suoritus edellyttää käytännön työskentelyä useammalla pisteellä, tarvitaan myös useita arvioitsijoita. Tarvittavien työpisteiden määrä riippuu muun muassa oppilaiden määrästä, arvioitavien taitojen määrästä, pistettä kohden varatusta ajasta ja käytettävissä olevasta kokonaisajasta.<sup>31</sup>

Arvioinnin työkaluna käytetään havainnointilomaketta, johon on lueteltu arvioitavat taidot. Arvioitavat taidot voivat olla yleisiä ja tehtäväkohtaisia. Taidot arvioidaan ja merkitään lomakkeeseen kolmiportaisella asteikolla 0–3 oppilaiden työskentelyn sujuvuuden ja kehitystarpeiden perusteella. Kolme pistettä edustaa pätevää tasoa. Kaksi pistettä tarkoittaa, että oppilas suoriutuu tehtävästä, mutta taitoa on vielä harjoiteltava. Yksi piste tarkoittaa, että oppilas ei osaa suorittaa tehtävää ja tarvitsee lisää ohjausta ja harjoitusta. Nolla pistettä tarkoittaa, että taitoa ei voida arvioida. Lomakkeeseen varataan lisäksi tilaa yleisille kommenteille.<sup>31</sup>

PBLAT-mallin mukaisen lomakkeen käyttömahdollisuudet eivät rajoitu pelkästään työpistemalliin, vaan havainnointilomaketta voidaan käyttää myös työskentelyn havainnointiin perinteisen laboratoriotyöskentelyn yhteydessä. Työpistemallissa arvioitsija voi keskittyä paremmin yksittäisen oppilaan arviointiin, mutta tällainen arviointitapa voi olla aika- ja henkilöstöressurssien takia normaalitilanteessa hankalaa toteuttaa käytännössä.

Erätuuli ja Meisalo<sup>32</sup> esittävät kokeellisen työskentelyn arvioinnin välineeksi arviointilomaketta, jossa arviointikriteerit on luokiteltu neljään tavoiteosa-alueeseen, jotka ovat työturvallisuus, oppilaan yleinen työskentelytapa, laitteistot ja niiden käsittely sekä tulokset ja niiden tulkinta. Kriteerejä on kaikkiaan kaksitoista ja ne ovat luonteeltaan yleisiä, eli lomakkeen avulla voidaan arvioida melkein mitä tahansa työtä. Lomakkeen avulla on tarkoitus arvioida samalla työtunnilla korkeintaan kahta oppilasta. Mukailtu lomake on esitetty kuvassa 3.

## OPPILAAN TYÖSKENTELYN ARVIOINTILOMAKE

Oppilaan nimi: \_\_\_\_\_

Tarkkaile samalla työtunnilla korkeintaan kahta oppilasta ja arvioi heidän työskentelytapansa ja taitonsa ympyröimällä sopivin vaihtoehto.

<u>Työturvallisuus</u>	hyvin				huo- nosti
1. Oppilas työskentelee omakohtaisen työturvallisuuden kannalta	5	4	3	2	1
2. Oppilas ottaa työskennellessään huomioon naapurinsa turvallisuuden	5	4	3	2	1
<u>Oppilaan yleinen työskentelytapa</u>					
3. Oppilas noudattaa siisteyttä	5	4	3	2	1
4. Pitkäjänteisyys tulee oppilaan työskentelyssä esille	5	4	3	2	1
5. Omintakeisuus ja luovuus tulee esille oppilaan työskentelyssä	5	4	3	2	1
6. Oppilas selvittää itselleen tavoitteen ennen työhön ryhtymistä	5	4	3	2	1
<u>Laitteistot ja niiden käsittely</u>					
7. Kätevyys ja taitavuus tulee laitteiden käsittelyssä esille	5	4	3	2	1
8. Oppilas osaa koota tarvitsemansa mittauslaitteiston	5	4	3	2	1
9. Oppilas saavuttaa vaaditun mittaustarkkuuden	5	4	3	2	1
<u>Tulokset ja niiden tulkinta</u>					
10. Oppilas osaa tulkita havaintojaan teorian pohjalta	5	4	3	2	1
11. Oppilas tekee havaintoja mittausten luotettavuudesta	5	4	3	2	1
12. Oppilas tarkistaa mittaustulosten mielekkyyden	5	4	3	2	1

**Kuva 3.** Työskentelyn arviointilomake. Mukailtu viitteestä 32.

Kokeellisen työskentelyn arvioinnin työkaluna voidaan käyttää myös matriisimallia, jossa pisteytys tapahtuu taitotasokuvausten avulla. Arviointimatriisi (*scoring rubric*) voi olla analyttinen tai holistinen ja yleinen tai tehtäväkohtainen. Analyttisissä arviointimatriiseissa on useita tekijöitä, jotka arvioidaan erikseen. Joskus arviointia ei voida mielekkäällä tavalla jaotella eri tekijöihin. Tällöin käytetään holistista arviointimatriisia, jossa arviointi suoritetaan yhden luokitteluasteikon mukaan.<sup>33</sup>

Arviointimatriisi voi olla joko yleinen tai tehtäväkohtainen. Jos tarkoitus on arvioida jonkin yleisen taidon kehittymistä kurssin aikana, on tarkoituksenmukaista käyttää yleistä arviointimatriisia.<sup>33</sup> Esimerkiksi kokeellisen työskentelyn taitoja voidaan arvioida työstä toiseen samoilla kriteereillä, jolloin myös kehittymisen seuraaminen on luontevaa. Jos

arvioinnissa on keskeistä oppilaiden tiedot ja taidot tietystä aihepiiristä, käytetään tehtäväkohtaista arviointimatriisia.<sup>33</sup> Kokeellisuuden arvioinnissa voidaan esimerkiksi haluta saada tietoa, kuinka hyvin arvioitava osaa titrata. Tällöin on luontevaa jaotella arviointi titrauksen vaiheiden näkökulmasta. On hyvä huomata, että arviointimatriisi voi sisältää sekä yleisiä että tehtäväkohtaisia kriteerejä.<sup>33</sup>

Niemelä *et al.*<sup>34</sup> ovat kehittäneet Oulun yliopistossa kemian harjoitustyön arviointiin arviointimatriisin (Taulukko 6.) ja myös tutkineet sen käytön vaikutuksia. Tämä matriisi on perusluonteeltaan analyttinen, koska arviointi on paloitettu eri kriteereihin. Kukin kriteeri arvioidaan kolmiportaisella asteikolla: riittämätön taso, riittävä taso ja hyvä taso. Vaikka matriisi on kehitetty tietyn työn arviointiin, se on luonteeltaan yleinen ja on helposti sovellettavissa muihinkin töihin.

**Taulukko 6.** Esimerkki harjoitustyön arviointimatriisista.<sup>34</sup>

Laatuluokat			
Osaamisalueet	Riittämätön taso	Riittävä taso	Hyvä taso
<b>Ennakkotehtävään perehtyminen ja työn suunnittelu</b> Painotus 20 %	Ei etukäteissuunnittelua, työn suunnittelu työn edetessä. Ennakkotehtävään ei tutustuttu.	Alustava suunnitelma työn etenemisestä. Ei käsitystä käytännön aikataulusta. Ennakkotehtävään tutustuttu.	Suunniteltu ja alustava aikataulu, jossa arvioitu itsenäisten työvaiheiden kesto. Ennakkotehtävään tutustuttu.
<b>Työn käytännön toteutus</b> Painotus 40 %	Täysin opettajajohtoinen, ei itsenäistä työskentelyä.	Työohjeita seuraten pääosin itsenäistä työskentelyä. Ei lainkaan itsenäistä ongelmanratkaisukykyä.	Itsenäinen toteutus. Jonkin verran omia ongelmanratkaisutaitoja. Aiemmin opitun tiedon hyödyntäminen.
<b>Saadut tulokset ja niiden luotettavuus</b> Painotus 10 %	Ei onnistuneita mittauksia. Ei omaa arviota mahdollisista virhelähteistä.	Tulosten tarkkuus ja toistotarkkuus tyydyttäviä. Pinnallisia arvioita mahdollisista virhelähteistä.	Luotettavat tulokset. Oma arvio tulosten luotettavuudesta ja mahdollisista virheistä.
<b>Raportointi</b> Painotus 30 %	Raportista ei löydy kaikkia tarvittavia osioita. Runsaasti lasku- ja kirjoitusvirheitä, ei viitteitä, plagiointia.	Raportista löytyvät kaikki tarvittavat osiot. Viimeistelyssä puutteita. Muutamia viitteitä ja teorian pintapuolinen esittely. Muutamia lasku- ja kirjoitusvirheitä.	Raportti on sujuvasti kirjoitettu ja siitä löytyvät kaikki tarvittavat osiot. Ei laskuvirheitä. Teoriaosuudessa useita viitteitä ja tulosten pohdintaa ja analysointia.

Arviointimatriisin avulla pyrittiin parantamaan oppimistuloksia ja suuntamaan oppimista oikeaan suuntaan ja motivoimaan opiskelijoita työntekoon. Arviointiperusteet

olivat opiskelijoilla etukäteen tiedossa ja työskentelyn ja raportoinnin jälkeen käytiin palautekeskustelu. Arvioinnin selkeyttäminen matriisin avulla ja läpinäkyvyyden lisääminen vaikutti selkeästi opiskelijoiden motivaatioon ja suuntasi oppimista oikeaan suuntaan. Arvioinnin uudistaminen paransi oppimista opiskelijoiden suunnittelun ja tulosten tulkinnan ja teorian tietoon pohjaavan käytännön ongelmanratkaisun osalta.<sup>34</sup>

### **Näyttötehtävät**

Kokeellisuuden arviointiin voidaan käyttää erilaisia näyttötehtäviä, jotka voidaan luokitella hierarkkisesti taitotehtäviin (*skills task*), tutkimustehtäviin (*investigations*) ja laajennettuihin tutkimustehtäviin (*extended investigations*). Kaikilla tasoilla arviointi voi kohdistua aiemmin esiteltyihin suunnittelun, toteuttamisen, analysoinnin ja soveltamisen kategorioihin. Taitotehtävissä arviointi kohdistuu tavallisimmin toteuttamisen ja analysoinnin kategorioihin, kun taas tutkimustehtävissä suunnittelu ja soveltaminen ovat usein osana arviointia. Arvioinnin välineenä käytetään tavallisesti kyseessä olevaan tehtävään laadittuja arviointikriteerejä, jotka voivat olla esitetty esimerkiksi matriisimuodossa.<sup>27</sup>

Taitotehtävät ovat lyhyitä, korkeintaan puoli tuntia kestäviä arviointitehtäviä, joissa keskitytään kerrallaan nimensäkin mukaisesti pieneen joukkoon taitoja, jotka liittyvät tiettyyn tilanteeseen. Taitotehtävät voivat sisältää mittauksen tekemistä, laitteistojen ja välineiden käsittelyä, graafien tulkintaa, havainnointia ja menetelmien toteuttamista. Taitotehtävät ovat usein helppo tapa aloittaa kokeellisuuden arviointi, koska taitotehtävät muistuttavat muutenkin tehtäviä oppilastoita.<sup>27</sup>

Tutkimustehtävät puolestaan ovat taitotehtäviä laajempia kokonaisuuksia, joissa oppilaat joutuvat analysoimaan annettua ongelmaa, suunnittelemaan ja toteuttamaan kokeita, keräämään dataa ja esittämään tuloksia. Tutkimustehtävät muistuttavat läheisesti aiemmin käsiteltyjä avoimia tutkimuksia. Tutkimusten aikana opettaja voi antaa vinkkejä, jos oppilaat jumiutuvat johonkin vaiheeseen, mikä huomioidaan myös arvioinnissa. Toinen vaihtoehto ohjaukseen on toteuttaa tutkimukset kahdessa osassa siten, että ensimmäisen osan jälkeen annetaan palautetta ja sitten vasta suoritetaan tutkimuksen toinen vaihe. Ensimmäinen osa voi olla tutkimuksen suunnittelu, joka arvioidaan ennen toteuttamisvaihetta.<sup>27</sup>

Ahtineva<sup>30</sup> on käsitellyt taitotehtäviä ja tutkimustehtäviä kriteeriperustaisen arvioinnin näkökulmasta. Taitotason tehtävä voi käytännössä olla reseptinomainen suljettu oppilastyö. Ahtineva esittää esimerkin välineiden ja aineiden käytön arvioinnista osana taitotehtävää. Matalin taso on, että oppilas ei tunne välineitä, eikä uskalla käyttää

reagensseja (0–1 pistettä). Seuraava taso on välineiden ja reagenssien epävarma käyttö (2 pistettä). Korkeinta tasoa edustaa varmat otteet sekä välineiden ja reagenssien tuntemus (3 pistettä). Tutkimustehtävistä Ahtineva esittää peruskoulussa toteutettavan työn arviointikriteereiksi tutkimussuunnitelman, työn toteutuksen ja lopputulosten esittämisen. Tutkimussuunnitelma arvioidaan erikseen ja se on hyväksyttävä opettajalla ennen työn suoritusta. Lukioon Ahtineva ehdottaa oppilaiden laatiman raportin korostamista tehtävän arvioinnissa. Suunnittelu ja tulosten käsittely liitetään raporttiin, jolloin havainnoimalla arvioitavaksi jää vain itse kokeellinen työskentely.

### **Kokeellinen koe**

Kokeellisuuteen liittyviä taitoja voidaan arvioida kokeellisella kokeella. Rhodes<sup>35</sup> on esittänyt kiertopistetyöskentelyyn perustuvan mallin kokeelliselle kokeelle. Tällainen kokeellinen koe koostuu kuudesta työpisteestä, joissa opiskelijat suorittavat yksilöllisesti erilaisia laboratoriotaitoihin liittyviä tehtäviä. Arvioitavat taidot ovat sellaisia, joita opetuskokonaisuuden aikana on harjoiteltu. Rhodesin esittämässä kokeessa työpisteet ovat tiheyden määrittäminen, välineiden tunnistaminen, kuvaajan piirtäminen, tuntemattomien aineiden tunnistaminen, saostumisen tutkiminen ja saantolaskun laskeminen.<sup>35</sup>

Kokeellinen koe toteutetaan tavallisen kokeen tapaan yksilötyötä, eli keskustelu ei ole sallittua. Kokeen aikana opettaja ajastaa työpisteillä työskentelyn. Kullakin työpisteellä on käytössä sama aika. Kun aika täyttyy, opiskelijat kiertävät seuraavalle työpisteelle. Työpisteillä suoritettavat tehtävät on laadittu sellaisiksi, että niiden suorittaminen onnistuu hyvin annetussa ajassa. Samanlaisia työpisteitä on järjestetty useita siten, että jokaiselle opiskelijalle riittää työpiste. Työpisteellä on ohjeet tehtävän suorittamiseen ja ohjeet seuraavalle työpisteelle siirtymisestä. Työskentelyn aikana opettaja valvoo työskentelyä.<sup>35</sup>

Rhodesin mukaan opiskelijat pärjäävät kokeellisessa kokeessa paremmin kuin vastaavista sisällöistä pidetyssä kirjallisessa kokeessa. Rhodesin opiskelijoiltaan keräämän palautteen perusteella kaikki pitivät kokeellista koetta reiluna ja tarkkana tapana arvioida vuoden aikana opittuja laboratoriotaitoja. Opiskelijoiden suoriutuminen kokeellisessa kokeessa on hyvin linjassa sen kanssa, miten opiskelija pärjää kokeellisessa työskentelyssä ylipäätään.<sup>35</sup>

Kokeellisuuden arviointia voidaan toteuttaa myös kirjallisen kokeen rinnalla hyödyntämällä erillistä työpistettä. Tällöin voidaan puhua kokeellisesta koetehtävästä. Erätuuli ja Meisalo eivät kuitenkaan suosittale tämän käsitteen käyttöä, vaan mieluummin

pitäisi puhua työpisteestä. Tällöin tarvittavat välineet on koottu yhteen työpaikkaan, jossa oppilaat voivat vuorollaan käydä suorittamassa tehtävän.<sup>28</sup> Erätuuli ja Meisalo ovat tutkineet useita luonnontutkimustehtäviä arvioinnin näkökulmasta. Seuraavassa on esitetty esimerkki tehtävästä, joka voitaisiin toteuttaa kirjallisen kokeen rinnalla: Tutki keitinlaseissa A, B, C ja D olevien liuosten happamuus. Aseta liukset happamuusjärjestykseen.<sup>29</sup>

#### **4.2.2. Epäsuorasti käytännön työskentelyyn kohdistuvat menetelmät**

Epäsuorissa arviointimenetelmissä (IAPS) opiskelijan taidoista tehdään johtopäätöksiä epäsuorasti käytännön työskentelyssä tuotetun datan tai työskentelyn perusteella laaditun raportin perusteella.<sup>4</sup> Tässä tutkielmassa epäsuoriin menetelmiin otetaan mukaan kaikki menetelmät, joilla ei arvioida suoraan työskentelyä. Esiteltävistä menetelmistä suuri osa keskittyy kirjallisiin tuotoksiin, kuten työselostuksiin tai kirjallisiin tehtäviin. Itse- ja vertaisarviointi sekä arviointikeskustelu on luokiteltu tässä tutkielmassa epäsuoriksi menetelmiksi, vaikka ne eivät täytä esitettyä määritelmää aivan tarkasti. Epäsuoriin menetelmiin lasketaan mukaan myös arviointimenetelmät, joissa opiskelijoiden omakohtaista työskentelyä on korvattu opettajan työskentelyllä tai valmiilla aineistolla. Näihin menetelmiin lukeutuvat demonstraatioarviointi, valmiin mittausdatan käsittely ja esimerkiksi videoaineistoon pohjaavat arviointitehtävät.

#### **Laboratoriopäiväkirja ja työselostus**

Laboratoriopäiväkirjan arviointi on yksi mahdollisuus kokeellisuuden arviointitavaksi. Laboratoriopäiväkirjaan kirjataan aikajärjestyksessä kaikki oleellinen työskentely, joten se auttaa opettajaa arvioimaan tehtyä tutkimusprosessia. Päiväkirja voidaan kerätä esimerkiksi tutkielman yhteydessä.<sup>24</sup> Arviointikriteerit on syytä sopia etukäteen. Laboratoriopäiväkirjaan voidaan kirjata esimerkiksi ennakkotiedot, työn kulku ja havainnot, havaintojen selitykset sekä johtopäätökset. Laboratoriopäiväkirjaan voidaan liittää myös itsearviointeja.<sup>36</sup>

Työselostukset tai tutkimusraportit ovat Suomessakin paljon käytettyjä kokeellisuuden arvioinnissa.<sup>37</sup> Työselostusten arviointiin voidaan käyttää yleisempiä, esimerkiksi matriisimuotoon kirjattuja kriteerejä, tai sitten selostus arvioidaan kyseessä olevan työn erityispiirteet huomioiden. Näsäkkälä *et al.*<sup>24</sup> esittävät yleisiksi arviointikriteereiksi tutkimuskysymyksen, tutkimuskysymyksen tarkastelemisen, analyysin, perustelut, johtopäätöksen, abstraktin, muodollisen esittämisen ja kokonaisuuden. Kukin kriteeri arvioidaan asteikolla 0–2 pistettä, joista kullekin on

esitetty kuvaukset matriisimallin tapaan. Yhteispisteiden perusteella määritellään raportille arvosana.

Ahtineva<sup>30</sup> antaa esimerkin tehtäväkohtaisesta kriteeristöstä työlle, jossa pitää suunnitella ja toteuttaa kaupassa myytävän etikan happokonsentraatio. Raportti helpottaa työn arviointia, koska raporttiin voidaan liittää myös suunnittelu ja suorittaminen. Kriteerit voivat tällaisessa työssä olla esimerkiksi

- 1) tutkimusongelman muotoilu (0–3 p.),
- 2) hypoteesin muotoilu ja perustelu (0–2 p.)
- 3) metodi, välineet ja kemikaalit, toistettavuus, rinnakkaismäärittely (0–4 p.)
- 4) Tulokset; selkeys, luettavuus, taulukot, kuvaajat, muuttujien valinta jne. (0–4 p.)
- 5) Päätelmät, virhetarkastelu, mahdollinen vertaaminen hypoteesiin jne. (0–4 p.).

### **Kirjalliset kokeellisuuteen liittyvät tehtävät**

Kokeellisuutta voidaan arvioida välillisesti käyttämällä kirjallisessa kokeessa kokeellisuuteen liittyviä tehtäviä. Esimerkiksi paperisessa ylioppilaskokeessa kokeellisuuden arviointi on pitänyt toteuttaa tällä tavoin. Kirjallisen kokeen kokeellisia tehtäviä onkin tutkittu ylioppilaskokeen näkökulmasta. Pyysalo<sup>38</sup> on pro gradu -tutkielmassaan tarkastellut kokeellisuutta kemian ylioppilaskirjoituksissa vuosina 1985–2004. Tikkanen<sup>10</sup> on puolestaan esittänyt ylioppilaskirjoitusten tehtävien luokituksissaan myös kokeellisuuteen liittyviä tehtävätyyppejä. Näiden tutkimusten pohjalta esitellään mahdollisia tapoja arvioida kokeellisuutta kirjallisessa kokeessa.

Tikkanen jaottelee tuottamistehtävät lyhyen vastauksen tehtäviin ja suoritustehtäviin. Nämä tehtävätyypit voidaan jakaa edelleen teoreettisiin ja kokeellisiin tehtäviin. Kokeellisessa lyhyen vastauksen tehtävässä mitataan käytännön kokeelliseen työskentelyyn liittyvää osaamista. Tällaiset tehtävät liittyvät aina johonkin laboratoriotilanteeseen ja edellyttävät jonkin kokeellisen työn tai menetelmän suunnittelua, kuvaamista ja/tai selittämistä tai käytännön työtapojen tuntemista. Luokituksessa keskeistä on, että tehtävään vastaamisen voi olettaa vaativan käytännön laboratorioskemusta. Kokeelliset suoritustehtävät ovat hyvin samantapaisia kuin lyhyen vastauksen tehtävät, mutta ne voivat sisältää myös kokeellisesti hankitun tiedon kvantitatiivista käsittelyä, graafisten esitysten piirtämistä ja laitteistojen piirtämistä.<sup>10</sup>

Pyysalon pro gradu -tutkielmassa kokeelliseksi tehtäväksi mielletään tehtävät, jotka testaavat kokeellisesti hankitun tiedon tulkitsemisen, selittämisen tai esittämisen taitoja tai kokeellisen tutkimuksen suunnittelun taitoja. Tehtävän pitää kohdistua kokeellisiin menetelmiin tai laitteistoihin. Vuosina 1985–2004 ylioppilaskokeissa oli yhteensä 23

kokeellista tehtävää. Tehtävät ovat olleet täysin kokeellisia ja integroituja, esseetyyppisiä ja lyhyitä kohtia sisältäviä sekä suljettuja ja avoimia. Aihepiirit ovat olleet pääasiassa orgaaninen, epäorgaaninen ja analyyttinen kemia. Monet tehtävät ovat edellyttäneet kokeellisen menetelmän suunnittelua ja laitteiston kuvaamista. Muita kysytyjä kokeellisuuden asioita ovat olleet aineen valmistaminen, aineiden erottaminen, työturvallisuus, kuvaajan tulkinta, laitteiston piirtäminen, massan ainemäärän tai konsentraation selvittäminen, menetelmän kemiallisen perustan selittäminen ja virhelähteiden pohtiminen.<sup>38</sup>

### **Itse- ja vertaisarviointi**

Laboratoriotyöskentelyn yhteydessä voidaan käyttää itse- ja vertaisarviointia. Itsearviointi on oleellista taitojen kehittämisen kannalta. Yksilöiden täytyy tiedostaa, mitä he tietävät, mitä heidän pitäisi tietää, miten hyvin he osaavat jotakin ja miten on mahdollista kehittyä. Itse- ja vertaisarviointia tulee edistää kannustavalla ja positiivisella ilmapiirillä.<sup>39</sup> Itse- ja vertaisarviointi voi kohdistua erilaisiin asioihin ja se voidaan toteuttaa monella erilaisella tavalla. Arviointi voi kohdistua yksityiskohtaisesti laboratoriotyötaitoihin tai esimerkiksi ryhmätyöskentelyn sujumiseen. Arvioinnin työkaluina voidaan käyttää esimerkiksi avoimia kysymyksiä, tarkistuslistoja tai arviointikriteerien numeerista arviointia.

Ensimmäinen vaihtoehto itse- ja vertaisarviointiin on käyttää avoimia kysymyksiä, joihin voidaan vastata yksin tai ryhmässä. Hanson ja Wolfskill<sup>39</sup> esittelevät itse- ja vertaisarvioinnin välineeksi joukkoa kysymyksiä, joita voidaan käyttää ryhmätyöskentelyn arvioinnissa. Kysymyssarjassa on erikseen kysymykset ryhmätyön ja oman suorituksen arviointiin. Ryhmätyön arvioinnin kysymyksinä ovat seuraavat:

- Tekivätkö kaikki ryhmän jäsenet oman osuutensa? Jos tekivät, selitä miten. Jos eivät, mieti, mitä pitäisi tehdä kaikkien osallistumisen varmistamiseksi.
- Ymmärsivätkö kaikki tehtävään liittyvän materiaalin? Jos ymmärsivät, selitä miten ryhmässä varmistettiin kaikkien ymmärtäminen. Jos eivät, mieti, mitä ryhmän pitäisi tehdä kaikkien ymmärtämisen varmistamiseksi.
- Mainitse kolme asiaa, jotka ryhmäsi voisi tehdä työskentelyn tehostamiseksi.
- Mainitse yksi asia, jolla kukin ryhmän jäsen osallistui päivän tehtävään.
- Mitä rakentavaa palautetta voisit antaa ryhmän toisen jäsenen taidoista?
- Kehitä lyhyen ja pitkän aikavälin suunnitelma ryhmän suorituksen vahvistamiseen.

Toinen mahdollinen tapa itse- ja vertaisarvioinnin toteuttamiseksi ovat erilaiset tarkistuslistat (*checklist*). Listassa on lueteltuna taitoja, joiden kohdalle merkitään esimerkiksi rasti tai päivämäärä, kun taito on onnistuneesti osoitettu. Listassa voidaan myös arvioida suorituksen tasoa.<sup>27</sup> Ahtineva<sup>30</sup> on esitellyt tarkistuslistatyypin laboratorioajokortin, johon on sisällytetty kokeellisen työskentelyn perusteita eli laboratorioturvallisuuden- ja välineiden tuntemista, yksinkertaisten laitteiden ja menetelmien käyttöä sekä yleisien kemiallisten merkkien ja yhdisteiden tuntemista. Laboratorioajokortin malli on esitetty kuvassa 4.

LABORATORIOAJOKORTTI		
NIMI _____	LK _____	
1. Löydän laboratoriosta tarvittaessa		
a) työtakin _____	b) suojakäsineet _____	c) suojalasit _____
d) kemikaalin käyttöturvatieodotteen _____		
2. Osaan sytyttää ja sammuttaa kaasupolttimen oikein _____		
3. Tunnistan ja löydän tarvittaessa seuraavat välineet		
a) koeputki _____	b) mittalasi _____	c) mittapipetti _____
d) suodatinsuppilo _____	e) haihdutusmalja _____	f) keittopullo _____
g) keitinlasi _____	h) kellolasi _____	i) kennolevy _____
j) petrimalja _____	k) pH-paperi _____	l) suodatinpaperi _____
4. Osaan opettajan ohjeiden mukaan		
a) pipetoida _____	b) liuottaa _____	c) uuttaa _____
d) suodattaa _____	e) käyttää vaakaa _____	f) käyttää pH-paperia _____
5. Osaan kirjoittaa seuraavien alkuaineiden kemialliset merkit		
a) happi _____	b) vety _____	c) hiili _____
d) rauta _____	e) kupari _____	f) natrium _____
g) kloori _____	h) typpi _____	i) rikki _____
6. Osaan nimetä seuraavat yhdisteet		
a) H <sub>2</sub> O _____	b) O <sub>2</sub> _____	
c) CO <sub>2</sub> _____	d) H <sub>2</sub> _____	
e) HCl _____	f) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> _____	
g) NaOH _____	h) NaCl _____	

**Kuva 4.** Laboratorioajokortti. Mukailtu viitteestä 30.

Itse- ja vertaisarvioinnissa voidaan käyttää myös arviointikriteerejä, jotka arvioidaan numeerisesti esimerkiksi asteikolla 1–5, jossa 1 edustaa epätydyttävää tasoa ja 5

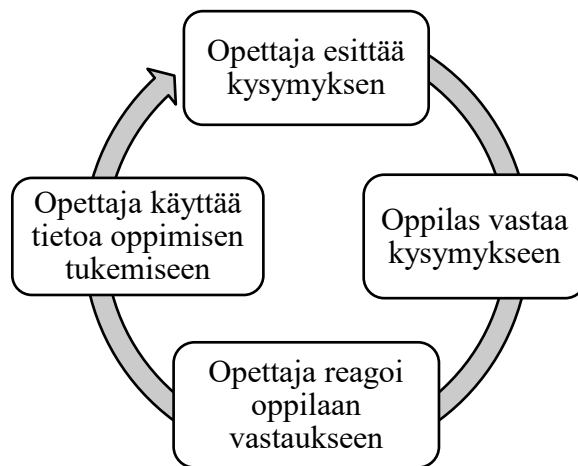
erinomaista tasoa. Esimerkiksi ryhmätyönä suoritettavassa laboratorioprojektissa ryhmän jäsenten suoriutumista voidaan arvioida seuraavilla kriteereillä:

- Taustatiedon kerääminen kirjallisuudesta
- Auttaminen tutkimussuunnitelman kehityksessä ja kirjoittamisessa
- Läsnäolo
- Huolehtiminen riittävän suuresta osasta työtä
- Kyky kehittää ideoita ja ratkaista ongelmia
- Kyky löytää yhteisymmärrys ja päästä yli vaikeuksista
- Kyky edistää ryhmän suoritusta
- Panos kirjalliseen loppuraporttiin
- Panos suulliseen esitykseen<sup>40</sup>

Valmiita kriteeripohjaisia arviointityökaluja itsearviointiin on löydettävissä suomenkielisestäkin kirjallisuudesta. Saunamäki *et al.*<sup>36</sup> ovat esittäneet väittämätaulukon, jonka väitteitä arvioidaan asteikolla 1–5, jossa 1 tarkoittaa, että on täysin eri mieltä ja 5, että on täysin samaa mieltä. Väitteet käsittelevät muun muassa työskentelyä, ryhmältä saatua tukea ja tapahtunutta oppimista. Ahtineva<sup>30</sup> on esittänyt itsearviointiin kouluarvosanoilla 4–10 arvioitavia kriteerejä, jotka kohdistuvat yleiseen työskentelyyn, työturvallisuuteen, siisteyteen ja huolellisuuteen, työn suoritukseen sekä tuloksien tulkintaan ja päätelmiin.

### **Arviointikeskustelu**

Yksi tapa arvioida kokeellisuuteen liittyviä taitoja on arviointikeskustelu. Tässä arviointikeskustelulla tarkoitetaan työskentelyn aikana tapahtuvaa opettajajohtoista luokkahuonekeskustelua, jonka avulla opettaja arvioi oppilaita epämuodollisesti tavoitteenaan ohjata oppimista oikeaan suuntaan. Arviointikeskustelussa käydään läpi mahdollisesti useita kertoja nelivaiheinen sykli. Ensin opettaja esittää kysymyksen, johon oppilas vastaa. Tämän jälkeen opettaja reagoi oppilaan vastaukseen ja lopulta käyttää saamaansa tietoa oppimisen tukemiseen.<sup>41</sup> Arviointikeskustelun sykli on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Arviointikeskustelun sykli. Mukailtu viitteestä 41.

Kysymysten esittämisellä pyritään siihen, että oppilas voi jakaa ja tehdä näkyväksi ymmärrystään. Kysymysten avulla voidaan saada tietoa tieteellisen tutkimuksen ja ajattelutapojen ymmärtämisestä. Opettaja voi esimerkiksi nostaa esiin jonkin kokeellisen työn avainkohdan. Oppilaan vastauksen perusteella opettaja saa tietoa oppilaan ymmärryksestä. Oppilaan vastaukseen pitää aina reagoida, koska tällöin oppilas tietää, että hänen vastauksensa on kuultu ja hyväksytty. Lopuksi opettaja käyttää saamaansa tietoa oppimisen ohjaamiseen. Opettaja voi antaa tarkkoja ohjeita, joilla hän pyrkii suuntaamaan oppimista. Opettaja voi esimerkiksi esittää jatkokysymyksen, jolla pyritään ohjaamaan tai haastamaan vaikeusastetta.<sup>41</sup>

Edellä kuvatun arviointikeskustelun tavoitteena ei ole arvosanan antaminen, vaan formatiivinen epämuodollinen arviointi, jota käytetään kehittävän palautteen antamiseen.<sup>41</sup> Arviointikeskustelulla tarkoitetaan usein opettajan ja oppilaan välistä keskustelua, jossa pohditaan yhdessä oppilaan osaamista ja voidaan jopa päättää yhdessä arvosana. On hyvä huomata, että edellä esitelty malli poikkeaa tästä tulkinnasta. Esitelty arviointikeskustelun malli on hyvin soveltuva oppilastöiden ohjaamiseen, jossa on hyödyllistä aktivoida oppilaiden ajattelua sopivilla kysymyksillä.

### **Demonstraatioarviointi**

Demonstraatioarvioinnin perusajatuksena on, että oppilaille näytetään lyhyt demonstraatio, josta oppilaat tekevät havaintoja ja pyrkivät selittämään tekemänsä havainnot. Arviointiperusteita käytetään oppilaiden suoriutumisen pisteyttämiseen ja luokkahuonekeskustelun virittämiseen. Demonstraatioarvioinnin tavoitteena on, että opettaja saa arvioitua oppilaan suorituksen numeerisesti ja saa tietoa oppilaiden

oppimisesta opetuksen suuntaamiseen. Lisäksi demonstraatioarvioinnin tavoitteena on kehittää oppilaiden käsitteellistä ymmärtämistä ja kriittisen ajattelun taitoja.<sup>42</sup>

Pierce ja Pierce<sup>43</sup> esittävät tutkimuksessaan esimerkin demonstraatioarvioinnin toteutuksesta. Demonstraationa esimerkissä on kuparin ja hopea(I)nitraattiliuoksen reaktio, jossa muodostuu metallista hopeaa ja kupari(II)-ioneja. Ennen demonstraation suorittamista opiskelijoille näytettiin näytteet kupari- ja hopeametalleista sekä kupari(II)- ja hopea(I)nitraattiliuoksista. Lisäksi yleiset arviointikriteerit (Taulukko 7.) olivat oppilailla nähtävillä. Itse demonstraatio näytettiin dokumenttikameran avulla ja apuna käytettiin nopeutettua videota, jotta myös liuoksen värin muuttuminen siniseksi havaittiin järkevässä ajassa. Opiskelijat keskustelivat havainnoistaan ja päätelmistään ja viimeistelivät arvioitavat suoritukset, jotka kerättiin. Tämän jälkeen käytiin läpi yleisiä arviointikriteereitä yksityiskohtaisemmat arviointiperusteet.

**Taulukko 7.** Demonstraatioarvioinnin yleiset arviointiperusteet. Mukailtu viitteestä 43.

Pisteet	Ennen demonstraatiota esitettävät arviointikriteerit
0	Ei havaintoja tai epätasällisiä havaintoja
1	Tasälliset havainnot, mutta ei selityksiä
2–3	Tasälliset havainnot, joitakin tasällisiä selityksiä
4–5	Tasälliset havainnot ja selitykset, symbolien ja käsitteiden asianmukainen käyttö

Deese *et al.*<sup>42</sup> ovat tutkineet demonstraatioarvioinnin vaikutusta oppimistuloksiin. Tutkimuksessa verrattiin kahta ranskalaista insinööriopiskelijoiden ryhmää, jotka osallistuivat samalla tavalla järjestetylle kemian kurssille. Ainoa ero ryhmien välillä oli, että toiselle ryhmälle järjestettiin, joka toinen viikko demonstraatioarviointeja normaalien testien tilalla. Kurssin jälkeen järjestettiin kemian käsitteellisen osaamisen arviointi, jossa ryhmä, jolle järjestettiin kurssilla demonstraatioarviointeja, sai tilastollisesti merkitsevästi paremmat tulokset. Demonstraatioarvioinnilla on siis positiivinen yhteys käsitteiden ymmärtämiseen.

### **Valmiin mittausdatan käsittely ja visuaaliseen aineistoon perustuvat menetelmät**

Joskus esimerkiksi ajan, tilojen tai välineiden puutteen vuoksi näyttötehtävät voidaan korvata kynällä ja paperilla suoritettavilla tehtävillä, joissa opettaja tarjoaa oppilaiden käsiteltäväksi valmiin mittausdatan. Tämän tyyppinen arviointi voidaan toteuttaa myös

niin, että opettaja tai oppilas tekee mittaukset muun luokan nähden, jolloin tämä menetelmä saa demonstraatioarvioinnin piirteitä.<sup>27</sup> Valmiin datan käsittely on arvioinnin kannalta hyvin samanlainen kuin kirjallisen kokeen kokeellisuuteen liittyvät tehtävät.

Oppilaiden oppilastyötyyppisten arviointitehtävien sijasta voidaan käyttää myös erilaisia visuaaliseen aineistoon pohjaavia arviointitehtäviä (ns. *group visuals*). Visuaalinen aineisto voi olla esimerkiksi kuva- tai videoaineistoa, joka voidaan esittää koko luokalle. Tällaisella menettelyllä voidaan arvioida oppilaiden havainnointi ja analysointitaitoja samaan tapaan kuin demonstraatioarvioinnissa. Visuaalista aineistoa voidaan käyttää myös todellisen elämän ilmiöiden havainnollistamiseen ja arvioimiseen.<sup>27</sup> Tämän tyyppisiä arviointitehtäviä on mahdollista käyttää nykyään sähköisesti järjestettävissä kokeissa, kuten sähköisissä ylioppilaskirjoituksissa.

### **4.3. Kokeellisen työskentelyn arvioinnin haasteet**

Kokeellisen työskentelyn arviointi ei ole ongelmaton, vaan siihen liittyy erilaisia ongelmia ja haasteita. Gott ja Duggan<sup>3</sup> ovat esittäneet arvioinnin validiteettiin ja reliabiliteettiin liittyviä ongelmia arvioitaessa käytännön suoritusta. Monesti käytännön suoritusta ei arvioida suoraan, koska oppilaiden havainnointi on aikaa vievää. Sen sijaan arvioidaan tutkimuksista tehtyjä kirjallisia tuotoksia. Tähän liittyy selkeä validiteettiongelma, sillä tällöin arvioidaan raportointitaitoja työskentelytaitojen sijaan. Osa oppilasta voi osata kirjoittaa hyvän raportin, vaikka heidän käytännön suorituksensa olisi heikko. Toisaalta osa oppilaista voi olla hyviä töiden käytännön suorituksessa, mutta he eivät pysty kirjoittamaan hyvää raporttia.

Gott ja Duggan<sup>3</sup> esittelevät toisen ongelman, joka liittyy arvioinnin reliabiliteettiin. Oppilaiden suoritukset nimittäin vaihtelevat usein merkittävästi tutkimuksesta toiseen, johtuen useista eri tekijöistä. Esimerkiksi tutkimuksen teoreettinen aihepiiri, tutkimusympäristö, työn suorituksen monimutkaisuus ja työn avoimuus vaikuttavat työssä suoriutumiseen. Tästä johtuen luotettavan arviointitiedon saamiseksi arviointipäätöksen tekemiseen tarvitaan useita töitä, tai sitten arvioitavien töiden rakenteen täytyy olla tarkasti mietitty.

Saunamäki *et al.*<sup>36</sup> listaavat kokeellisen työskentelyn arvioinnin ongelmakohtiksi ryhmäkoot, ryhmädynamiikan, kemian arvaamattomuuden, numeroasteikon sopimattomuuden kokeellisuuteen ja yksiselitteisten ratkaisujen puutteen. Erityisesti kaikkiin kokeellisiin töihin sisältyy omat haasteensa ja työt eivät aina välttämättä onnistu. Arvioinnissa onkin syytä kiinnittää huomiota lopputulosta enemmän huomiota siihen,

millaisia havaintoja ja päätelmiä oppilas tekee. Tavanomainen numeroasteikko ei sellaisenaan sovellu erityisen hyvin kokeellisuuden arviointiin. Jos arvioinnissa huomioidaan ryhmätyöskentely, on tärkeää arvioida oppilaiden suoriutumista suhteessa heidän tasoonsa nähden. Hiljaiselta ja aktiiviselta oppilaalta ei voi odottaa ryhmässä samanlaista suoritusta.<sup>36</sup>

Nurminen<sup>37</sup> on selvittänyt pro gradu -tutkielmassaan suomalaisten lukion kemian opettajien suhtautumista kokeellisen työskentelyn arviointiin. Tutkielman perusteella opettajat kokevat kokeellisuuden arvioinnin työlääksi. Työläyettä aiheuttavat erityisesti suuret ryhmäkoot ja arviointikriteerien laadinta. Myös ajanpuute on ongelma kokeellisen työskentelyn arvioinnin kannalta. Opettajat kokevat, että saatavilla ei ole riittävästi tukimateriaalia kokeellisen työskentelyn arvioinnin suorittamiseen. Tutkielmassa esitettyjä tuloksia voidaan kuitenkin pitää vain suuntaa-antavina johtuen tutkimuksen aineiston erityisen pienestä koosta.

## **5. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset**

Erikoistyö- ja pro gradu -tutkimusprosessi koostui kahdesta osa-alueesta: suomalaisten opettajien kokeellisuuden arviointikäytäntöjen selvittämisestä kyselytutkimuksella sekä lukiolaisille suunnatun oppilastyön ja arviointikriteerien kehittämistä. Kyselytutkimuksella tavoiteltiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen:

1. Mihin kokeellisuuden osa-alueisiin arviointi painottuu?
2. Millaisia kokeellisuuden arviointitapoja opettajat käyttävät? Eroavatko perusopetuksen ja lukion opettajien arviointitavat toisistaan?
3. Mitkä asiat opettajat kokevat kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohtiksi?

Oppilastyön ja arviointikriteerien kehittämisen tavoitteena oli puolestaan kehittää toimiva malli kokeellisen työn arviointiin, jota opettaja voi kohtuullisella työmäärällä käyttää opetuksessaan.

## **6. Tutkimusmenetelmät**

### **6.1. Kyselytutkimus**

#### **6.1.1. Aineiston keruu**

Tutkimuksen aineisto kerättiin sähköisesti vastattavalla Webropol-kyselyllä (Liite 1). Kyselyn pääasiallinen jakelukanava oli Kemian opettajat vertaisryhmä -niminen suljettu Facebook-ryhmä. Ryhmässä on toistatuhatta jäsentä, joista kaikki eivät kuitenkaan

työskentele kemian opettajina, vaan mukana on myös esimerkiksi kemian opettajaksi opiskelevia ja opettajankoulutuksen parissa työskenteleviä henkilöitä. Vastausaikaa annettiin alun perin marraskuun puolivälistä marraskuun loppuun. Kyselystä muistutettiin ryhmässä useaan kertaan ja vastausaikaa jatkettiin lopulta joulukuun 2018 loppuun saakka vastausmäärän kasvattamiseksi. Facebook-ryhmän lisäksi kysely lähetettiin sähköpostitse 29 Turun yliopiston opiLUMA-laboratoriossa vierailleelle kemian opettajalle marraskuun 2019 loppupuolella. Vastausaikaa annettiin kahden viikon verran. Kolmantena jakelukanavana oli MAOL ry:n opettajien vuoden 2018 viikon 51 viikkokirje, jossa annettiin vastausaikaa vuoden loppuun.

Kyselyaineiston jakelutapa vaikuttaa aineiston luotettavuuteen. Kyselyn jakelussa ei ole käytetty mitään satunnaisotantatyypistä menettelyä, vaan kyselyä pyrittiin jakamaan mahdollisimman monen opettajan saataville. Tämä luonnollisesti vääristää tuloksia jossain määrin, joten tulosten ei voida katsoa edustavan täydellisesti kaikkia kemian opettajia. Tutkimuksen pääasiallinen tavoite oli kuitenkin saada kartoittavaa tietoa siitä, millaisia kokeellisuuden arvioinnin tapoja on ylipäättään käytössä, joten keruutapa on tältä osalta perusteltu. Kyselytutkimuksessa vastaaminen on vapaaehtoista, joten joka tapauksessa kyselyyn vastaavat ne henkilöt, jotka sen haluavat tehdä. Siispä kohdejoukkoa täydellisesti kuvaavaa aineistoa ei voida saavuttaa millään aineiston keräämisen tavalla. Tässä tutkimuksessa haluttiin maksimoida saatavien vastausten määrää, koska kyselytutkimuksissa usein on hankalaa saavuttaa riittävän suurta aineistoa.

### **6.1.2. Aineiston analysointi**

Kyselylomakkeessa oli sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia kysymyksiä. Kvantitatiivisissa kysymyksien osalta esitettiin vastausvaihtoehtojen suhteelliset frekvenssit joko taulukoituna tai palkkidiagrammin avulla. Keskiarvot vastauksista annettiin, jos se soveltui tilanteeseen. Lukion ja yläkoulun opettajien vastauksia verrattiin ja suhteelliset frekvenssit esitettiin erikseen kummankin kouluasteen osalta. Molemmilla kouluasteilla opettavien opettajien vastaukset laskettiin mukaan kumpaankin luokkaan. Havaittujen erojen tilastollista merkitsevyyttä tutkittiin Khiin neliö -testillä. Khiin neliön arvot ja vastaavat kaksisuuntaiset  $p$ -arvot laskettiin ja  $p$ -arvoista tulkittiin mahdollinen tilastollinen merkitsevyys. Ero on tilastollisesti merkitsevä, jos  $p$ -arvo on suuruudeltaan alle 0,05. Tilastollisen merkitsevyyden tutkimista varten aineistosta poistettiin vastaukset niiden opettajien osalta, jotka opettavat molemmilla kouluasteilla. Vaikka tulokset on esitetty suhteellisina frekvensseinä, merkitsevyydestissä on käytetty varsinaisia frekvenssejä.

Kyselylomakkeessa oli myös kolme avointa kysymystä, joiden analysointi suoritettiin pääosin laadullisesti aineistolähtöisesti. Käytännössä vastausaineiston pohjalta vastaukset jaoteltiin sopiviin laajempiin luokkiin, ja kuhunkin luokkaan luokiteltujen vastausten lukumäärät ja suhteelliset osuudet esitettiin taulukoimalla. Tässä suhteessa tulosten tarkastelussa oli myös määrällinen elementti. Myös avointen kysymysten osalta tehtiin vertailua lukion ja yläkoulun välillä ja vastaukset jaoteltiin lukion, perusopetuksen ja molempien kouluasteiden opettajien vastauksiin. Vastausluokkien valinnassa hyödynnettiin annettuja vastauksia sekä teoriaa. Ensimmäisessä, kokeellisuuden numeroarviointia koskevassa kysymyksessä vastausaineiston luokittelu jouduttiin moninaisten vastausten vuoksi luokittelemaan vastauksen luonteen perusteella. Sisällöllisesti pätevän luokittelun tekeminen osoittautui liian haastavaksi. Kahdessa muussa kysymyksessä luokat oli mahdollista muodostaa kirjallisuusosassa esitetyn teorian pohjalta. Tässä kuitenkin lopullisten luokkien valintaan vaikutti myös aineistosta korostuvat vastaukset.

## **6.2. Kehittämistutkimus**

Opettajien kokeellisuuden arviointikäytäntöjä kartoittavan kyselytutkimuksen lisäksi osana erikoistyö- ja pro gradu -projektia kehitettiin lukiotasoinen arvioitava kokeellinen työ. Tässä luvussa kuvataan lyhyesti kehitystyön vaiheita ja esitellään esimerkinomaisena kehitetty työ ja erityisesti siihen sopiva arviointimalli.

### **6.2.1. Oppilastyön ja työohjeen kehittäminen**

Oppilastyön kehitysprojekti alkoi työn aiheen valinnalla. Työn kemialliseksi aihepiiriksi valikoitui sähkönjohtavuustitraustyö, jossa mitataan tietokoneavustetusti mitta-antureilla happo-emästitrauksen aikana liuoksen pH:ta ja sähkönjohtavuutta. Lukion opetussuunnitelmassakin<sup>1</sup> painotetaan tieto- ja viestintäteknologin käyttöä, joten tietokoneavustetut mittaukset sopivat hyvin lukiolaisille suunnattuun työhön. Lisäksi työssä käytettävä Logger Pro -ohjelma on käytössä myös kemian sähköisissä ylioppilaskokeissa.<sup>44</sup> Tieto- ja viestintäteknologisten syiden lisäksi työn valintaan vaikutti titrauskäyrätyön monipuoliset tulosten käsittelyyn liittyvät mahdollisuudet.

Kun oppilastyön perusajatus oli selvillä, aloitettiin erilaisten kokeilujen tekeminen laboratoriossa. Tavoitteena oli löytää hyvä tapa suorittaa mittaukset, jotta lopputuloksena olisi mahdollisimman siistit titrauskäyrät. Kehitystyön aikana keskeisiä kohtia olivat happo- ja emäsluosten sekä niiden väkevyyden valitseminen, sopivan analyytin astian valitseminen, mittaustavan valitseminen ja sopivan mittaustiheyden valitseminen.

Työn alustavien testausten ja mittaustapahtuman toteutustavan valinnan jälkeen mietittiin työn lopullista rakennetta ja työohjetta. Tavoitteena oli sisällyttää työhön sellaisia osioita, joita voisi tehokkaasti arvioida. Työstä ei haluttu tehdä reseptinomaista todentavaa (*expository*) työtä,<sup>21</sup> vaan työsuoritukseen haluttiin mukaan opiskelijan aktiivisempaa ajattelua. Työhön päätettiin ottaa mukaan mittaustapahtuman ja -laitteiston suunnittelu, joka on myös hyvä arviointikohde. Dominin<sup>21</sup> esittämässä luokittelussa työ luokitellaan keksintöperustaiseksi (*discovery*) työksi, jossa opiskelijat etsivät opettajan antamalla menetelmällä vaiheittain opettajalle ennalta selvillä olevan lopputuloksen. Työstä ei ollut tarkoituksenmukaista tehdä liian avointa, koska tällöin yksiselitteisten arviointikriteerien laatiminen olisi ollut liian haastavaa.

Kun työn rakenne oli selkeästi hahmottunut, kirjoitettiin työohjeen ensimmäinen versio. Työohje jaettiin kuuteen osioon: 1. Työn tarkoitus, 2. Työn tausta, 3. Arviointiperusteet, 4. Työturvallisuus, 5. Tarvittavat aineet ja välineet ja 6. Työohje. Varsinainen työohje jaettiin neljään alakohtaan, jotka olivat suunnittelu, laitteiston kokoaminen, mittaukset ja tulosten käsittely. Työn arviointikriteerit oli jäsennetty saman jaottelun mukaan. Lopullinen työohje on esitetty liitteessä 2.

Työohjeen lisäksi laadittiin yksityiskohtaisempi ohje Logger Pro -ohjelman käytöstä mittausten tekemiseen. Tästä ohjeesta pyrittiin tekemään hyvin selkeä ja vaiheittainen. Sanallista ohjeistusta täydennettiin tietokoneen näytöstä otetuilla kuvakaappauksilla. Tarkoituksena oli, että mittaukset olisi helppoa suorittaa ohjeen perusteella, vaikka ohjelma ei olisi ennalta tuttu. Työohjetta päivitettiin kehitysprosessien edetessä. Logger Pro -ohje on esitetty liitteissä 3.

### **6.2.2. Arviointikriteerien kehittäminen**

Lopulliset arviointikriteerit (Taulukko 8.) kehitettiin työohjeen laadinnan jälkeen, mutta erilaisia mahdollisia arviointikohteita pohdittiin koko työn kehitysprosessin ajan. Arviointikohteiden ja pisteytysmallien valinnassa hyödynnettiin teoriaa. Arviointikriteerien perusrakenne noudattaa pitkälti Doranin *et al.*<sup>27</sup> kokeellisten arviointitehtävien arviointikategorioita, jotka ovat suunnittelu (*planning*), toteuttaminen (*performing*), analysointi (*analyzing*) ja soveltaminen (*applying*). Kehitetyssä työssä arviointi kohdistuu lähinnä suunnittelun, toteuttamisen ja analysoinnin kategorioihin. Erikoistyössä kehitetyissä arviointikriteereissä toteuttaminen on jaettu laitteiston kokoamiseen, mittauksiin ja työturvallisuuteen, ja analysointi puolestaan on nimetty tulosten käsittelyksi.

**Taulukko 8. Oppilastyön arviointikriteerit.**

Arvioinnin kohde	Pisteytys		
	0 p.	1 p.	2 p.
<b>Työn suunnittelu</b>			
1. Laitteiston kuvaus	Ei suunniteltu tai ei toteuttamiskelpoinen	Toteuttamiskelpoinen joillakin muutoksilla	Toteuttamiskelpoinen
2. Käytettävä analyytin määrä	Ei suunniteltu tai ei toteuttamiskelpoinen	Toteuttamiskelpoinen joillakin muutoksilla	Toteuttamiskelpoinen
3. Käytettävä titrantin määrä	Ei suunniteltu tai ei toteuttamiskelpoinen	Toteuttamiskelpoinen joillakin muutoksilla	Toteuttamiskelpoinen
4. Mittapisteiden suunnittelu	Ei suunniteltu tai ei toteuttamiskelpoinen	Toteuttamiskelpoinen joillakin muutoksilla	Toteuttamiskelpoinen
<b>Työturvallisuus</b>			
5. Rauhallinen liikkuminen ja työskentely	Tältä osalta jotain huomautettavaa	Työskentely ja liikkuminen on rauhallista	–
6. Suojavälineiden käyttö	Suojavälineiden käytössä huomautettavaa	Suojavälineitä käytetään koko työskentelyn ajan	–
<b>Laitteiston kokoaminen</b>			
7. Antureiden valmistelu	Puuttuu kokonaan	Valmisteluissa jonkin verran korjattavaa	Valmistelut tehty asianmukaisesti
8. Byretin valmistelu	Puuttuu kokonaan	Valmisteluissa jonkin verran korjattavaa	Valmistelut tehty asianmukaisesti
9. Kytkenät ja ohjelman valmistelu	Puuttuu kokonaan	Valmisteluissa jonkin verran korjattavaa	Valmistelut tehty asianmukaisesti
<b>Mittaukset</b>			
10. Työskentelyn varmuus	Ei työskentelyä ilman ohjausta	Vaatii jonkin verran ohjausta	Vaatii vain vähän tai ei lainkaan ohjausta
11. Mittaustulokset	Ei käyttökelpoisia tuloksia	Mittaustulokset käytettäviä, mutta huolimattomasti mitattuja	Mittaukset on tehty huolellisesti
<b>Tulosten käsittely</b>			
12. Ekvivalenttikohdan tunnistaminen kuvaajilta	Ekvivalenttikohdtaa ei tunnistettu lainkaan	Tunnistettu jommasta-kummasta kuvaajasta	Tunnistettu molemmista kuvaajista
13. Ekvivalenttikohdan pH ja sähkönjohtavuus	Arvoja ei luettu lainkaan	Toinen arvoista asianmukaisesti luettu kuvaajalta	Molemmat luettu asianmukaisesti kuvaajalta
14. Teoreettinen ekvivalenttikohda ja virhetarkastelu	Kumpaakaan osuutta ei tehty	Vain toinen osuus tehty tai molemmat osittain	Kumpikin osuus tehty asianmukaisesti
15. Kuvaajan muodon kuvaileminen ja selitys			
a) vahva happo	Kuvaajan muotoa ei kuvailtu eikä selitetty	Vain toinen osuus tehty tai molemmat osittain	Kuvaajan muoto kuvailtu ja perusteltu
b) heikko happo	Kuvaajan muotoa ei kuvailtu, eikä selitetty	Vain toinen osuus tehty tai molemmat osittain	Kuvaajan muoto kuvailtu ja perusteltu

Kuhunkin arvioinnin osa-alueeseen sisällytettiin useita arviointikriteerejä, joista työturvallisuuteen liittyvät kriteerit arvioidaan pisteillä 0 tai 1 ja muut kriteerit pisteillä 0, 1 tai 2. Nolla pistettä edustaa tasoa, jossa suoritus on täysin riittämätön. Yksi piste tarkoittaa osittaista suoritusta ja kaksi pistettä tarkoittaa pätevää, mutta ei välttämättä täysin virheetöntä suoritusta. Tällainen kriteerin arvioinnin jakaminen muutaman eritasoiseen luokkaan on käytössä monissa kirjallisuuslähteissä, esimerkiksi edellä mainituissa Doranin *et al.*<sup>27</sup> käsikirjassa ja Ahtinevan<sup>30</sup> artikkelissa.

Työn suunnittelun sisällyttäminen osaksi arviointia pohjautuu erityisesti lukion opetussuunnitelmaan<sup>1</sup> ja Doranin *et al.*<sup>27</sup> arviointikategorioihin. Työn suunnitteluun kohdistuvat arviointikriteerit muotoituivat työn rakenteen mukaan. Arvioitavat asiat ovat laitteiston kuvaus, analyysin määrä, titrantin määrä ja mittapisteiden suunnittelu. Suunnitelmat on tarkoitus arvioida ennen työn suoritusvaihetta, ja opettaja antaa opiskelijoille tarvittavat korjaukset, jotta työn suoritus ei kariudu huonon suunnitelman takia.

Työturvallisuuden sisällyttäminen arviointikriteereihin on lähtöisin Ahtinevan<sup>30</sup> artikkelista. Työturvallisuuden arviointi jaettiin rauhalliseen liikkumiseen ja työskentelyyn ja suojavälineiden käyttöön. Työturvallisuus arvioidaan pisteillä 0 ja 1 sen mukaan, täytyykö kriteeri vai ei. Opettajan täytyy arvioida tämä osa-alue suoraan havainnoimalla, joten pisteytys haluttiin tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi ja yksiselitteiseksi. Käytännössä arviointi tapahtuu siten, että opettaja arvioi suorituksen nollassa, jos havaitsee puutteita ja muuten yhden pisteen arvoiseksi.

Suunnitelmien hyväksyttämisen jälkeen opiskelijat valmistelevat laitteistot mittauskuntoon. Tämän jälkeen opettaja pisteyttää laitteistot. Tällä menettelytavalla opettaja saa tietoa siitä, mitä opiskelijat ovat työssä tehneet, mutta opettajan ei tarvitse havainnoida oppilaiden työskentelyä kaiken aikaa vierestä. Laitteiston kokoamisessa arvioidaan antureiden valmistelu, byretin valmistelu sekä anturien kytkennät ja mittausohjelman valmistelu.

Mittausten arviointi on jaettu kahteen osaan, eli työskentelyn varmuuteen ja mittaustuloksiin. Työskentelyn varmuutta arvioidaan ohjaustarpeeseen perustuen. Tämä arviointitapa on peräisin Niemelän *et al.*<sup>34</sup> tutkimuksessa käytetystä arviointimatriisista. Käytännössä nollan pisteen suoritus tarkoittaa sitä, että työskentelyä ei tapahdu käytännössä lainkaan ilman ohjausta. Yhden pisteen suorituksessa tarvitaan jonkin verran ohjausta ja kahden pisteen suorituksessa työskentely on lähes kokonaan itsenäistä. Mittaustulosten laatua arvioidaan tuloksena saatujen titrauskäyrien perusteella. Jos kuvaajat ovat siistit, tulkitaan mittaustapahtuma huolellisesti tehdyksi (2 p). Jos

kuvaajissa on esimerkiksi selkeitä virheellisiä mittapisteitä, arvioidaan suoritus yhden pisteen arvoiseksi. Nolla pistettä tarkoittaa, että mittauksista ei ole saatu tuloksia, joita voisi tarkastella.

Tulosten käsittelyn osuus pisteytettiin työohjeessa esitettyjen kysymysten mukaan. Arvioitavia kohteita ovat siis ekvivalenttikohdan tunnistaminen, ekvivalenttikohdan pH:n ja sähkönjohtavuuden lukeminen, teoreettisen ekvivalenttikohdan laskeminen ja virhetarkastelun tekeminen sekä kuvaajien muodon kuvaileminen ja selittäminen sekä vahvalla että heikolla hapolla.

Taulukossa 8 esitetyn arviointitaulukon lisäksi laadittiin yksityiskohtaisemmat kuvaukset eri työvaiheista. Yksityiskohtaisemmilla kuvauksilla havainnollistetaan kriteerit täytettäviä kahden pisteen suorituksia, ja siten selkeytetään arviointipäätösten tekemistä. Nämä kuvaukset on esitetty liitteessä 4.

### **6.2.3. Työn ja arviointikriteerien toimivuuden testaaminen opiskelijaryhmillä**

Työn ja arviointikriteerien toimivuutta testattiin kahdella opiskelijaryhmillä. Ensimmäinen testaus suoritettiin syyskuussa 2018 Turun yliopiston kemian opettajaksi opiskeleville suunnatulla Tutkimuksellinen kemian opetus -kursilla. Ryhmässä oli paikalla 19 opiskelijaa, joista muodostettiin 8 työparia ja yksi kolmen hengen ryhmä. Työparien suoriutumista arvioitiin arviointikriteerien mukaisesti. Työn suoritukset valokuvattiin myöhempää tarkastelua varten. Työn päätteeksi opiskelijat tekivät pareittain itsearvioinnin arviointikriteereitä käyttäen. Opiskelijoilta kerättiin kysely, jolla pyrittiin keräämään tietoa työn, työohjeen ja arviointikriteerien toimivuudesta. Kysymykset koskivat työn käytännön toimivuutta, avoimuutta ja vaikeusastetta, työohjeen selkeyttä ja ohjeistuksen riittävyttä sekä arviointikriteeristön laatua arvioinnin laatukriteerien<sup>16</sup> näkökulmasta.

Työn toinen testaus suoritettiin joulukuun alussa 2018 lukiolaisryhmillä. Työn suorituskerralla paikalla oli vain kaksi kolmannen vuoden lukio-opiskelijaa, jotka suorittivat oppilastyön yksilötyönä. Mukana testauksessa oli myös lukiolaisten oma kemian opettaja, joka myös tutustui työhön tekemällä omia kokeilujaan ja seuraamalla opiskelijoiden työskentelyä. Opettaja sai tutustua myös työn arviointikriteereihin. Työn testaus toteutettiin suurilta osin samalla tavalla kuin yliopisto-opiskelijoiden vastaavassa testauksessa. Opiskelijoiden työskentelyä arvioitiin arviointikriteerien mukaisesti ja työn vaiheet valokuvattiin myöhempää tarkastelua varten samoin kuin ensimmäisessä testauksessa. Opiskelijat eivät suorittaneet oman työskentelynsä itsearviointia tässä testauksessa. Sekä opiskelijoilta että ryhmän opettajalta kerättiin palautetta. Opiskelijoilta

kysyttiin palautetta työstä ja työohjeesta, opettajalta lisäksi arviointikriteereistä. Kysymykset olivat samansisältöisiä kuin ensimmäisessä testauksessa.

Kummankin testauksen jälkeen työohjeeseen tehtiin palautteen perusteella tarvittavat muutokset. Muutoksia tehtäessä käytettiin harkintaa, jossa huomioitiin sekä kerätty palaute että työn kehityksen tausta-ajatuksena olleet asiat. Kokonaisuutena palaute oli positiivista ja kehitetty työ todettiin toimivaksi ja arviointikriteerit laadukkaiksi.

## 7. Tulokset

Tässä pääluvussa esitellään pro gradu -tutkimuksen tulokset. Tulosten käsittely keskittyy opettajilta kerättyyn kyselytutkimukseen. Kehittämistutkimuksesta saatuihin tuloksiin ei tässä tutkielmassa syvennytä tarkemmin.

### 7.1. Taustatiedot

Kyselyyn saatiin kaikkiaan 92 vastausta. Taustatietoina kysyttiin opettajien sukupuolta, ikää, opetuskokemusta, kemian yliopisto-opintojen laajuutta ja sitä opettaako opettaja peruskoulussa, lukiossa vai molemmissa. Vastaajista 15 % oli miehiä ja 85 % naisia. Naisten osuus aineistossa on siis hieman korostunut. Vastaajien ikäjakauma ja opetuskokemuksen jakauma ovat esitettynä taulukossa 9. Jakaumista käy ilmi, että vastaajissa on melko tasaisesti eri ikäisiä ja erilaisella kokemuksella varustettuja opettajien. Tältä osalta vastaajajoukkoa voidaan pitää edustavana kaikkia Suomen kemian opettajia ajatellen. Vastaajista 58 %:lla on kemian pääainetausta, 38 %:lla sivuainetausta. 5 %:lla ei ollut pätevyyteen oikeuttavaa opintokokonaisuutta. Vastaajista 65 % opettaa kemiaa pelkästään yläkoulussa, 25 % pelkästään lukiossa ja 10 % opettaa kummallakin kouluasteella.

**Taulukko 9.** Opettajien (n = 92) ikäjakauma ja opetuskokemuksen jakauma

<b>Ikä</b>	<b>Osuus vastaajista (%)</b>	<b>Opetuskokemus</b>	<b>Osuus vastaajista (%)</b>
alle 26 vuotta	4	0–5 vuotta	31
26–35 vuotta	41	6–10 vuotta	27
36–45 vuotta	27	10–15 vuotta	14
46–55 vuotta	20	16–20 vuotta	8
yli 55 vuotta	8	yli 20 vuotta	20

Opettajilta kysyttiin perustietojen lisäksi taustatietona heidän opetukseensa sisältyvän kokeellisuuden määrästä. Perusopetuksen ja lukion opettajilta kysyttiin erikseen, kuinka paljon heidän opetukseensa sisältyy demonstraatioita ja oppilastöitä. Lukio-opettajilta kysyttiin lisäksi, tarjotaanko heidän lukioissaan erillinen kemian työkurssi. Opettajien vastaukset demonstraatioiden ja oppilastöiden käytöstä on koottu taulukkoon 10. Lukio-opettajista 72 % ilmoitti, että heidän lukiossaan järjestetään työkurssi.

**Taulukko 10.** Perusopetuksen (n = 69) ja lukio-opettajien (n = 32) vastaukset kokeellisuuden määrää koskeviin kysymyksiin. Vaihtoehtojen selitykset: 1 = harvemmin kuin kerran kuussa, 2 = kerran kuukaudessa, 3 = kerran kahdessa viikossa, 4 = kerran viikossa, 5 = lähes kaikilla oppitunneilla.

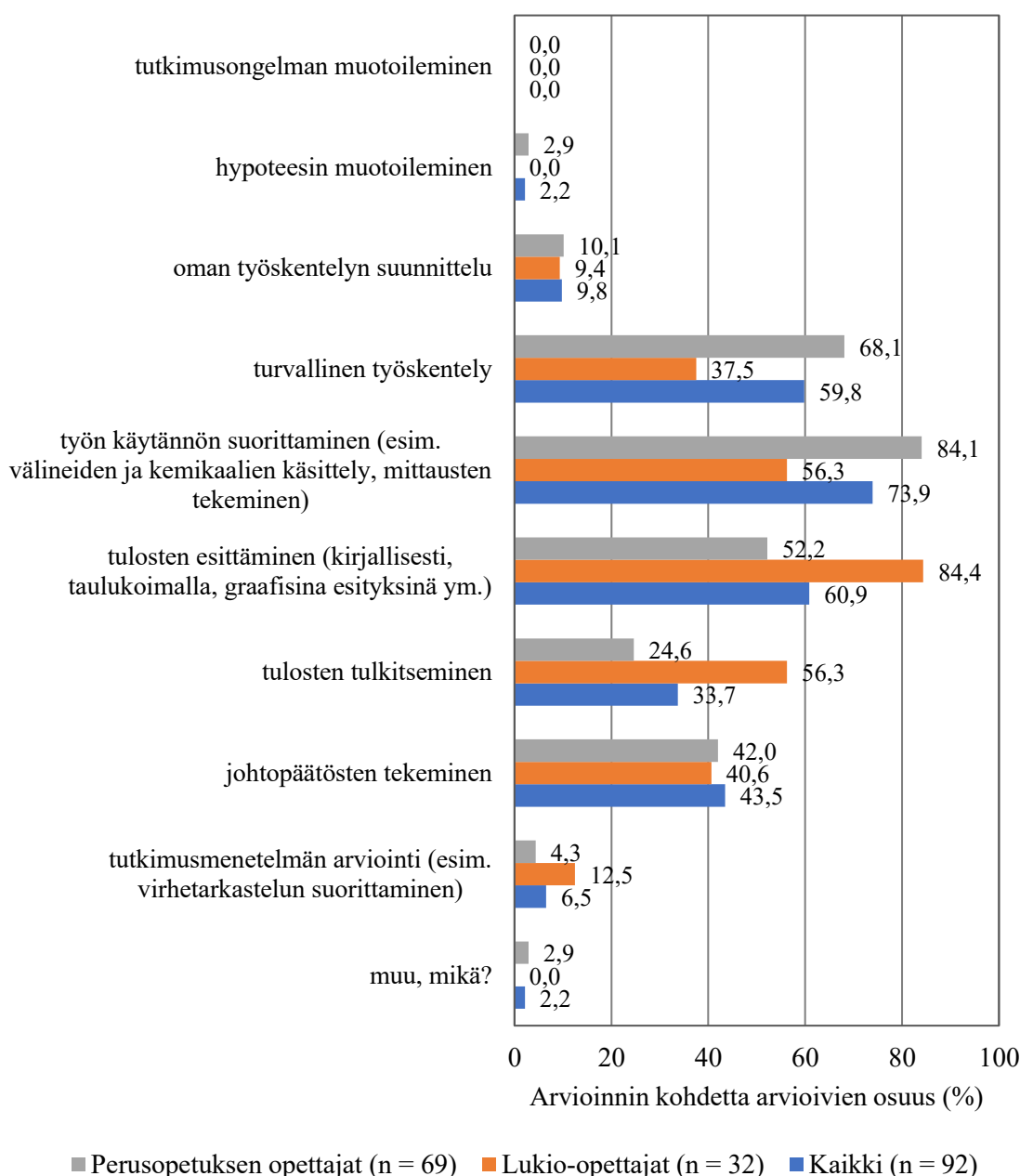
Väite	Suhteelliset frekvenssit (%)				
	1	2	3	4	5
6. Arvioi, kuinka usein käytät demonstraatioita opetuksessasi perusopetuksessa. (perusopetus)	7	12	27	38	16
7. Arvioi, kuinka usein oppilaat tekevät itse kokeellisia töitä perusopetuksessa. (perusopetus)	0	0	15	30	55
9. Arvioi, kuinka usein käytät demonstraatioita opetuksessasi valtakunnallisilla kemian kursseilla (kurssit 1 - 5). (lukio)	3	22	31	38	6
10. Arvioi, kuinka usein opiskelijat tekevät itse kokeellisia töitä valtakunnallisilla kemian kursseilla. (lukio)	0	31	50	13	6

Verrattaessa perusopetuksen ja lukio-opettajien vastauksia keskenään, havaitaan, että demonstraatioita käytetään molemmilla kouluasteilla suunnilleen yhtä paljon. Yläkoulussa oppilastyöt ovat käytetympiä kuin demonstraatiot, kun taas lukiossa tilanne on päinvastainen. Yläkoulussa tehdään vastausten perusteella selkeästi enemmän kokeellisia töitä kuin lukiossa.

## 7.2. Arvioinnin kohteet

Opettajilta kysyttiin kokeellisuuden arvioinnin kohteista kysymyksellä, jossa pyydettiin valitsemaan listalta korkeintaan kolme arvioinnin kohdetta, joihin arviointi tavallisimmin kohdistuu. Arviointikohteet mukailevat pitkälti tutkimuksen tekemisen vaiheita. Kysymyksenasettelu aiheuttaa sen, että aineistosta korostuvat käytetyimmät menetelmät. Tältä osalta kyetään siis vastaamaan tutkimuskysymykseen, mihin kokeellisuuden osa-

alueisiin arviointi painottuu. Sen sijaan vastausten perusteella ei voida tehdä päätelmiä, mihin kaikkiin asioihin opettajat kiinnittävät arvioinnissa huomiota. Esimerkiksi jos jotakin vaihtoehtoa on valittu vain vähän, se ei tarkoita sitä, että tätä arvioinnin kohdetta ei arvioida. Tällaisessa tapauksessa voidaan sanoa, että kyseinen arviointikohde ei painotu opettajien arvioinnissa. Eri arviointikohteita painottavien opettajien prosenttiosuudet on esitetty kuvassa 6. Diagrammissa on esitetty perusopetuksen ja lukion opettajien prosenttiosuudet erikseen ja tämän lisäksi kaikkien opettajien osuudet. Tässä on syytä huomioida, että opettajat, jotka opettavat kummallakin kouluasteella, on laskettu mukaan kumpaankin luokkaan.



**Kuva 6.** Eri arviointikohteita painottavien opettajien osuudet vastaajista. Painottaminen tarkoittaa, että arviointikohde on kolmen tavallisimmin arvioitavan kohteen joukossa.

Tutkimusaineiston perusteella kaikki opettajat mukaan lukien eniten painottuvat arviointikohteet ovat työturvallisuus, käytännön suoritus, tulosten esittäminen, tulosten tulkinta ja johtopäätösten tekeminen. Hypoteesin muotoileminen, työskentelyn suunnittelu ja tutkimusmenetelmän arviointi ovat kolmen tavallisimman arviointikohteen joukossa vain hyvin pienellä osalla opettajista. Tutkimusongelman muotoilua ei painottanut yksikään vastaajista. Vaihtoehdon ”muu, mikä” valitsi kaksi vastaajaa. Heidän painottamansa menetelmät olivat ryhmä- ja parityöskentelyn taidot sekä havaintojen tekeminen, jonka voi katsoa kuuluvan työn käytännön suorittamiseen.

Yläkoulun ja lukion välillä aineiston perusteella tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin työturvallisuuden ( $\chi^2 = 9,548$ ;  $p = 0,002$ ), käytännön suorituksen ( $\chi^2 = 13,184$ ;  $p < 0,001$ ), tulosten esittämisen ( $\chi^2 = 10,256$ ;  $p = 0,001$ ) ja tulosten tulkinnan arvioinnissa ( $\chi^2 = 11,642$ ;  $p = 0,001$ ). Yläkoulussa turvallinen työskentely ja työn käytännön suorittaminen korostuvat lukiota enemmän. Lukiossa sen sijaan painotetaan perusopetusta enemmän tulosten esittämistä ja tulosten tulkintaa

### **7.3. Arvioinnin tavat**

Opettajien arvioinnin tapoja kartoitettiin useilla kysymyksillä. Kysymyksistä kahdeksan oli viisiportaisella Likert-asteikolla vastattavia kysymyksiä, joilla pyrittiin selvittämään kokeellisuuden arvioinnin luonnetta. Kysyttiin painottuvatko arvioinnissa kirjalliset tuotokset vai itse työskentely, annetaanko palaute suullisessa vai kirjallisessa muodossa, annetaanko kokeellisuudesta numeerinen arvosana, onko kokeellisuuden arviointi luonteeltaan formatiivista vai summatiivista ja arvioidaanko yksilöitä ryhmätyöskentelyn pohjalta. Vastausten suhteelliset frekvenssit väittämittäin on esitetty taulukossa 11. Taulukossa on esitetty yläkoulun ja lukion opettajien vastaukset erikseen ja lisäksi kaikkien opettajien vastaukset. Opettajat, jotka opettavat kummallakin kouluasteella, on laskettu mukaan kumpaankin luokkaan.

**Taulukko 11.** Yläkouluopettajien (n = 69), lukio-opettajien (n = 32) ja kaikkien opettajien (n = 92) vastaukset kokeellisuuden arviointia koskeviin väitteisiin 12–19. Vastausvaihtoehtojen selitykset: 1 = täysin eri mieltä, 2 = osittain eri mieltä, 3 = ei samaa eikä eri mieltä, 4 = osittain samaa mieltä, 5 = täysin samaa mieltä.

Väite		Suhteelliset frekvenssit (%)					KA
		1	2	3	4	5	
12. Kokeellisuuden arviointini painottuu kirjallisten tuotosten arviointiin	yläkoulu	15	43	10	25	7	2,67
	lukio	0	12	6	63	19	3,88
	kaikki	11	37	8	34	10	3,05
13. Kokeellisuuden arvioinnissa huomioin myös itse työskentelyn.	yläkoulu	3	2	1	33	61	4,48
	lukio	6	10	6	56	22	3,78
	kaikki	3	5	3	40	49	4,26
14. Annan kokeellisesta työskentelystä suullista palautetta.	yläkoulu	1	9	3	48	39	4,14
	lukio	0	9	3	47	41	4,19
	kaikki	1	9	3	48	39	4,16
15. Annan kokeellisesta työskentelystä kirjallista palautetta.	yläkoulu	16	25	7	43	9	3,04
	lukio	9	16	6	44	25	3,59
	kaikki	15	23	7	40	15	3,22
16. Annan kokeellisesta työskentelystä numeroarvosanan.	yläkoulu	16	27	12	35	10	2,96
	lukio	12	19	22	22	25	3,28
	kaikki	15	24	14	32	15	3,06
17. Suorittamastani kokeellisuuden arvioinnista suurin osa on formatiivista (jatkuvaa arviointia ja palautteen antamista)	yläkoulu	3	6	6	39	46	4,20
	lukio	0	16	25	47	12	3,56
	kaikki	2	7	12	42	37	4,00
18. Suorittamastani kokeellisuuden arvioinnista suurin osa on summatiivista (oppikokonaisuuden jälkeen suoritettavaa arviointia). <sup>a</sup>	yläkoulu	18	50	7	24	1	2,41
	lukio	6	28	16	44	6	3,16
	kaikki	15	43	10	30	2	2,65
19. Arvioin kokeellista työskentelyä arvioimalla työparin tai ryhmän suoritusta ja annan kaikille saman arvioinnin (arvosanan tai palautteen) ryhmän kokonaissuoritukseen perustuen.	yläkoulu	26	57	7	10	0	2,01
	lukio	6	34	9	38	13	3,16
	kaikki	21	48	9	18	4	2,38

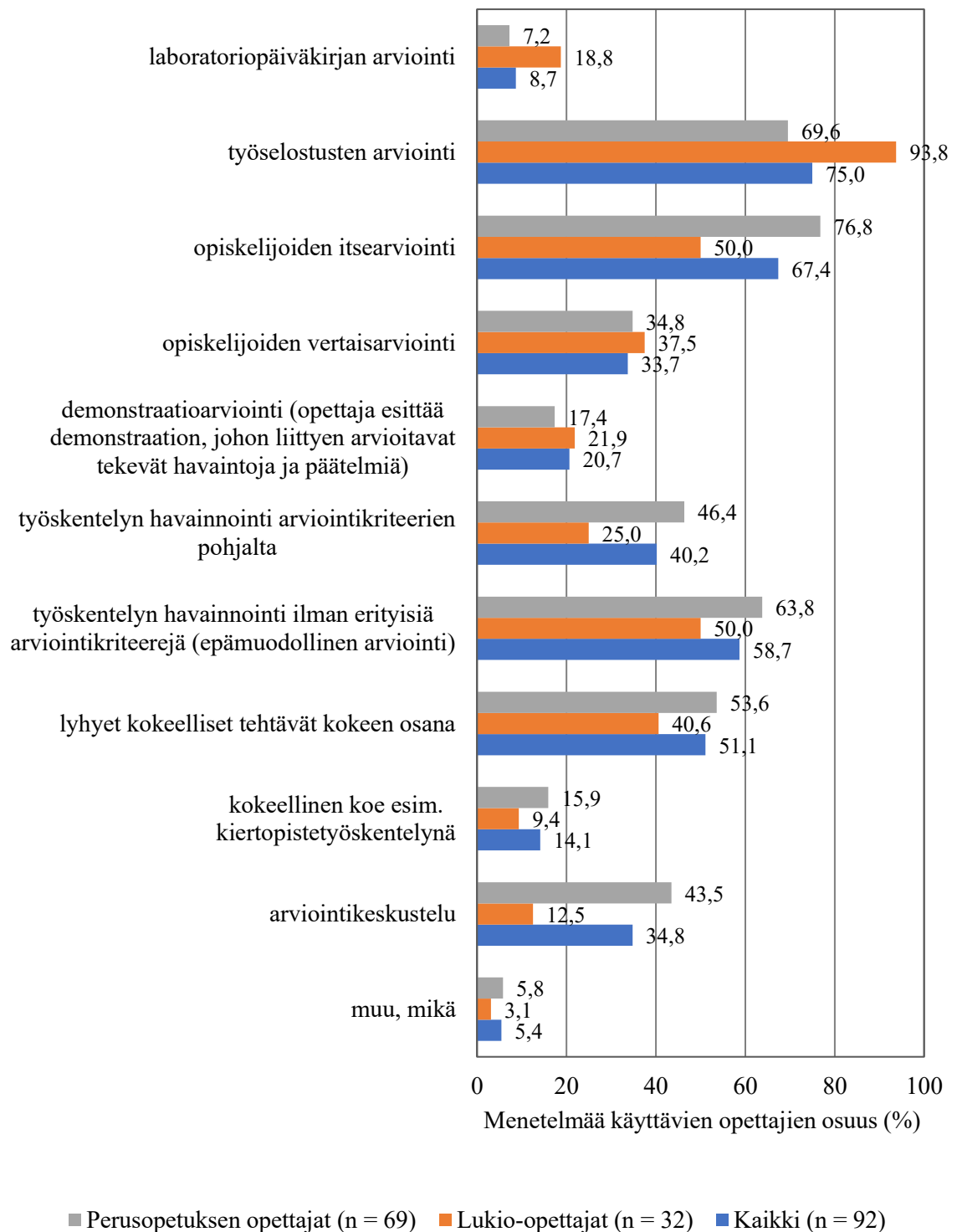
<sup>a</sup> Tähän kysymykseen vastasi vain 68 yläkouluopettajaa.

Toisessa tutkimuskysymyksessä haluttiin vastata, millaisia arvioinnin tapoja opettajat käyttävät ja eroavatko lukion ja yläkoulun käytännöt. Tutkimusaineiston perusteella lukion ja yläkoulun välillä on selkeitä painotuseroja. Lukiossa kirjalliset tuotokset painottuvat tilastollisesti merkitsevästi ( $\chi^2 = 21,794$ ;  $p < 0,001$ ) enemmän kuin yläkoulussa. Vastaavasti itse työskentely huomioidaan enemmän yläkoulussa kuin lukiossa ( $\chi^2 = 19,313$ ;  $p = 0,001$ ).

Molemmilla kouluasteilla annetaan suullista palautetta runsaasti, eikä tässä ole tilastollisesti merkitsevää eroa ( $\chi^2 = 0,437$ ;  $p = 0,979$ ). Aineiston perusteella näyttää siltä, että lukiossa kirjallinen palaute ( $\chi^2 = 7,359$ ;  $p = 0,118$ ) ja numeroarviointi ( $\chi^2 = 8,788$ ;  $p = 0,067$ ) ovat yläkoulua yleisempiä, mutta tässä ei ole havaittavissa tilastollisesti merkitsevää eroa. Tarvitaan jatkotutkimusta, jotta voitaisiin varmistua siitä, että lukiossa todella kuvatut arviointitavat ovat peruskoulua yleisempiä. Erityisesti numeroarviointi on melkein tilastollisesti merkitsevä, joten voisi esittää hypoteesin, että kokeellisuuden numeroarviointi todella on lukiossa suuremmassa roolissa kuin yläkoulussa.

Yläkoulussa kokeellisuuden arviointi on tilastollisesti merkitsevästi ( $\chi^2 = 19,892$ ;  $p = 0,001$ ) luonteeltaan enemmän formatiivista kuin lukiossa. Vastaavasti lukiossa summatiivinen arviointi korostuu tilastollisesti merkitsevästi ( $\chi^2 = 12,836$ ;  $p = 0,012$ ) yläkoulua enemmän. Ryhmää arvioitaessa sama arvosana ryhmän jäsenille annetaan lukiossa tavallisemmin kuin yläkoulussa. Tämäkin ero on tilastollisesti merkitsevä ( $\chi^2 = 30,609$ ;  $p < 0,001$ ).

Edellä kuvattujen yleisen tason kysymysten lisäksi opettajilta kysyttiin heidän käyttämistään arviointimenetelmistä. Opettajia pyydettiin valitsemaan listalta ne arviointimenetelmät, joita opettaja on käyttänyt viimeisen vuoden aikana. Tällä kysymyksenasettelulla pyrittiin rajaamaan pois kertaluontoisiksi jääneet arviointikokeilut, joista on jo saattanut kulua runsaasti aikaa. Vastaukset on koottu kuvaan 7, jossa on esitetty arviointimenetelmittäin menetelmää käyttävien opettajien prosenttiosuudet. Tässäkin vastaukset on esitetty erikseen yläkoulun ja lukion opettajien osalta ja opettajat, jotka opettavat kummallakin kouluasteella, on luettu molempiin luokkiin.



**Kuva 7.** Eri kokeellisuuden arviointimenetelmiä käyttävien opettajien osuudet.

Tutkimusaineiston perusteella eniten käytetyt arviointimenetelmät kaikki vastaajat huomioiden ovat työselostusten arviointi, itsearviointi, työskentelyn epämuodollinen havainnointi ja kokeelliset tehtävät osana koetta. Näitä arviointitapoja käyttävät yli puolet vastaajista. Tavanomaisin arviointimenetelmä on työselostusten arviointi, jota käyttää 75 % kaikista vastaajista. Vähiten käytetyt menetelmät ovat laboratoriopäiväkirjan arviointi

ja kokeellinen koe. Vaihtoehdon ”muu, mikä” valinneiden vastauksista kahdessa mainittiin kokeessa kirjalliset kokeelliset tehtävät, joissa selitetään jonkin kokeellinen tehtävän suoritus. Lisäksi yksi vastaaja kuvasi mallia, jossa on yhdistettynä useita osaluokkia ja yksi vastaaja nosti esiin suoran ohjauksen ja työsuorituksen aikaisen palautteen.

Muutamien arviointimenetelmien kohdalla lukion ja perusopetuksen opettajien vastaukset eroavat selkeästi toisistaan. Tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin työselostusten arvioinnissa ( $\chi^2 = 5,743$ ;  $p = 0,017$ ), opiskelijoiden itsearvioinnissa ( $\chi^2 = 10,479$ ;  $p = 0,001$ ), arviointikriteerien avulla tapahtuvassa arvioinnissa ( $\chi^2 = 4,862$ ;  $p = 0,027$ ) ja arviointikeskustelussa ( $\chi^2 = 10,386$ ;  $p = 0,001$ ). Työselostusten arviointi on selkeästi yleisempi arvioinnin muoto lukiossa kuin peruskoulussa. Opiskelijoiden itsearviointia hyödynnetään sen sijaan enemmän perusopetuksessa. Arviointikriteerien pohjalta tapahtuvaa havainnointia käytetään enemmän perusopetuksessa kuin lukiossa, mikä on samansuuntainen tulos, kuin mikä nähtiin aiempaan Likert-asteikkokysymyksessä. Myös arviointikeskustelu on tavallisempaa perusopetuksessa kuin lukiossa.

Kokeellisuuden arviointikäytänteistä kysyttiin myös kahdessa avoimessa kysymyksessä. Ensimmäisessä kysyttiin kokeellisuuden huomioimisesta numeroarvioinnissa ja toisessa hyväksi havaittuja käytänteitä. Numeroarviointiin liittyvään kysymykseen vastasi 77 opettajaa, joista 49 opettaa yläkoulussa, 19 lukiossa ja 9 molemmilla kouluasteilla. Vastaukset kokeellisuuden huomioimisesta numeroarvosanassa luokiteltiin vastauksen tyyppin perusteella viiteen luokkaan. Luokat ja eri luokkiin luokiteltujen vastausten lukumäärät ja suhteelliset frekvenssit kouluasteittain jaoteltuna on esitetty taulukossa 12.

**Taulukko 12.** Opettajien tavat huomioida kokeellisuus numeroarvioinnissa ja haasteet kouluasteittain luokiteltuna.

Luokka	Vastausten frekvenssit ja suhteelliset frekvenssit			
	yläkoulu (n = 49)	lukio (n = 19)	yläkoulu ja lukio (n = 9)	kaikki (n = 77)
1. Osuus kurssiarvosanasta	24 (49 %)	13 (68 %)	4 (44 %)	41 (53 %)
2. Vaikutus numeroina	7 (14 %)	1 (5 %)	1 (11 %)	9 (12 %)
3. Jatkuvan näytön osana nostava tai laskeva vaikutus	11 (22 %)	1 (5 %)	3 (33 %)	15 (19 %)
4. Kuvaus arviointitavoista	18 (37 %)	8 (42 %)	5 (56 %)	31 (40 %)
5. Muut	3 (6 %)	1 (5 %)	1 (11 %)	5 (6 %)

Opettajista suuri osa ilmoitti kokeellisuuden vaikutuksen numeroarviointiin prosenttiosuutena tai esimerkiksi murtolukuna. Annetut osuudet vaihtelivat kymmenestä prosentista yli viiteenkymmeneen prosenttiin. Tavallisimmat painotukset olivat 20 % (n = 8), 25 % (n = 9), kolmasosa (n = 7) ja vähintään puolet (n = 8). Jos vastauksessa ilmoitettiin useita prosenttilukuja esimerkiksi millä välillä painotus tavallisesti on, korkein ilmoitettu painotusprosentti huomioitiin. Jos kokeellisuuden vaikutus arvosanaan ilmaistiin numeroina, tavallisinta (n = 8) oli, että vaikutus oli yhden numeron verran suuntaansa.

Kolmanteen luokkaan luokiteltiin vastaukset, joissa kuvattiin kokeellisuuden arvioinnin olevan osa arvosanan harkintaa. Esimerkiksi kokeiden perusteella muodostetaan lähtöarvosana, jota voidaan kokeellisuuden osaamisen harkinnan perusteella muuttaa suuntaan tai toiseen. Tähän luokkaan luokiteltiin myös vastaukset, joissa kokeellisuus kuvattiin osaksi niin sanottua jatkuvaa näyttöä. Tähän luokkaan annettiin esimerkiksi seuraava vastaus:

*”Ei ole mitään prosenttiosuutta, miten paljon kokeellisuus vaikuttaa. Lasken isojen kokeiden keskiarvon ensin, sitten mietin kuinka hyvää kokeellinen työskentely tunnilla on ja mietin numeroa uudelleen.”*  
(Jatkuva näyttö, yläkouluopettaja)

Neljänteen luokkaan luokiteltiin vastaukset, joissa kuvailtiin, miten kokeellisuuden arviointia käytännössä toteutetaan. Vastauksissa kuvattiin erilaisia kurssin pisteytysmalleja ja myös kokeellisuuden arviointikriteerejä. Seuraavassa on annettu esimerkkejä tähän luokkaan kuuluvasta vastauksesta.

*”Arviointikeskustelussa pohdimme yhdessä oppilaan kanssa, mikä on hänen arvosanansa kokeellisuudesta ja arvosanansa muutenkin.”*  
(Arviointitavan kuvaus, yläkouluopettaja)

*”Kurssiini arviointiasteikko on 70 pistettä, josta 12 pistettä tulee työselostuksen perusteella. Muu kokeellinen työskentely on mukana lähinnä lisäansiopisteinä tuntiosaamisen mukana, josta annan 6 pistettä yhteensä. Annan kyllä suullista palautetta töiden aikana. On vaikea miettiä kokeellisuuden painoarvoa, koska sitä ei ole määritelty opsissa.”*  
(Arviointitavan kuvaus, yläkouluopettaja)

Muiden vastausten luokkaan luokiteltiin vastaukset, joita ei voitu sijoittaa muihin luokkiin. Näissä vastauksissa korostui eniten (n = 3) arvioinnin vähyys tai toive siitä, että saisi huomioitua kokeellisuutta paremmin osana arviointia. Seuraavassa on esitetty esimerkkivastaus:

*”Liian vähän, mutta yritän koko ajan kehittää arviointiani.”* (Muut vastaukset, yläkouluopettaja)

Toisessa avoimessa kysymyksessä kysyttiin, millaisia hyväksi havaittuja kokeellisuuden arviointimenetelmiä opettajat ovat löytäneet kokeellisuuden arviointiin. Tähän kysymykseen vastasi yhteensä 66 opettajaa, joista 42 oli yläkouluopettajia, 19 lukio-opettajia ja 9 molemmilla kouluasteilla työskenteleviä opettajia. Vastaukset luokiteltiin teoriaosan kokeellisuuden arviointimenetelmien mukaan luokkiin. Luokat ja eri luokkiin luokiteltujen vastausten lukumäärät kouluasteiden mukaan jaoteltuna on esitetty taulukossa 13.

**Taulukko 13.** Opettajien hyväksi havaitsemat arviointimenetelmät kouluasteittain luokiteltuna.

Luokka	Vastausten frekvenssit ja suhteelliset frekvenssit			
	yläkoulu (n = 42)	lukio (n = 19)	yläkoulu ja lukio (n = 9)	kaikki (n = 66)
<b>Suorat käytännön työskentelyn arviointimenetelmät (DAPS)</b>				
1. Havainnointi	22 (52 %)	3 (16 %)	3 (33 %)	28 (42 %)
2. Kokeellinen koetehtävä tai kokeellinen koe	10 (24 %)	2 (11 %)	0 (0 %)	12 (18 %)
<b>Epäsuorat käytännön työskentelyn arviointimenetelmät (IAPS)</b>				
3. Kirjallinen tuotos, kuten työselostus, laboratoriopäiväkirja tai vihkot	15 (36 %)	12 (63 %)	4 (44 %)	31 (47 %)
4. Kirjallinen kokeellisuuteen liittyvä koetehtävä	2 (5 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	2 (3 %)
5. Itse- ja/tai vertaisarviointi	7 (17 %)	1 (8 %)	1 (11 %)	9 (14 %)
6. Arviointikeskustelu (opetuksen lomassa kysyminen tai keskustelu oppilaan kanssa arvioinnista)	4 (10 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	4 (6 %)
7. Demonstraatioarviointi, valmiin datan tulkinta tai visuaalisen aineiston tehtävät	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
8. Muut	7 (17 %)	3 (16 %)	1 (11 %)	11 (17 %)

Luokat 1 ja 2 ovat osittain päällekkäisiä, koska kokeellinen koe voi sisältää havainnointia. Luokkaan 1 tulkittiin vastaukset, joissa kuvattiin oppitunneilla tapahtuvaa havainnointia joko arviointikriteereitä käyttäen tai ilman arviointikriteereitä. Tähän luokkaan on laskettu kuuluvaksi näyttötehtävät, joita ei suoriteta kokeen omaisesti. Lisäksi luokkaan on luettu arviointityökaluja, kuten arviointimatriiseja tai lomakkeita, kuvailevat vastaukset, joiden voidaan olettaa sisältävän havainnoimalla arvioitavia osuuksia. Luokkaan 2 sen sijaan luetaan koetilanteessa suoritettavat havainnointipohjaiset menetelmät, vaikka ne olisivat luonteeltaan muuten luokan 1 tyyppisiä.

Vastausten perusteella kaksi parhaiten toimivaa arviointimenetelmää molemmat kouluasteet huomioiden ovat havainnointi ja kirjallisten tuotosten arviointi. Perusopetuksessa toimivaksi koetaan erityisesti havainnointi, kun taas lukiossa kirjalliset

tuotokset korostuvat. Erityisesti perusopetuksen puolella hyväksi koettiin myös kokeelliset koetehtävät tai kokeelliset kokeet sekä itse- ja vertaisarviointi. Seuraavassa on esitetty poimintoja näistä neljästä vastausluokasta:

*”Arvioin kullakin tunnilla jotain tiettyä asiaa jokaiselta oppilaalta. Esim. kaasupolttimon käyttö, oikean mittavälineen löytyminen, työohjeen noudattaminen itsenäisesti.... näistä merkitsen vaan itselleni yleensä rastin sarakkeeseen.”* (Havainnointi, yläkouluopettaja)

*”Seuraan oppilaiden kokeellisten töiden tuntityöskentelyä josta muodostuu 5% arvosanasta ja 20% tulee kokeellisen työskentelyn koekeesta, joka suoritetaan yksilönä erillisessä tilassa opettajan ohjaamana. Kokeellisen työskentelyn koekeessa oppilas lukee työohjetta, jonka perusteella suorittaa työn käyttäen pyydettyjä välineitä ja mittoja. Oppilas kirjaa vastauslomakkeeseen havaintonsa ja mittaustulokset, joiden pohjalta oppilas tekee lopuksi johtopäätökset. Myös työturvallisuus ja jätteenkäsittely on oppilaan tehtävänä, mutta tietenkin opettaja ohjeistaa, jos meinaa mennä pieleen. Kokeen arvosanaan vaikuttaa siis työturvallisuus, välineiden tunnistus ja oikea käyttötapa, työn suoritus, havaintojen teko, johtopäätösten teko ja jätteen käsittely.”* (Kokeellinen koe, yläkouluopettaja)

*”Työselostus on opiskelijoiden itsensä mielestä kaikista luotettavin arviointitapa.”* (Kirjallinen tuotos, lukion opettaja)

*”Sama sähköinen lomake itselle, kaverille ja opelle.”* (Itse- ja vertaisarviointi, yläkoulun ja lukion opettaja)

Demonstraatioarviointia, valmiin datan käsittelyä tai visuaalisen aineiston arviointitehtäviä ei esiintynyt vastauksissa lainkaan. Näitä menetelmiä opettajat eivät ole siis ottaneet omikseen. Luokkaan muut luokiteltiin vastaukset, jotka eivät soveltuneet muihin luokkiin. Näissä vastauksissa korostui erityisesti jatkuva arviointi ja suullinen tai sanallinen palaute. Lisäksi kahdessa vastauksessa koettiin, että hyviä arviointitapoja ei ole löytynyt.

## 7.4. Arvioinnin ongelmakohdat ja haasteet

Opettajilta kysyttiin avoimella kysymyksellä kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohtia ja haasteita. Kysymykseen vastasi kaikkiaan 75 opettajaa, joista 49 oli yläkoulun opettajia, 18 lukio-opettajia ja 8 molemmilla kouluasteilla työskenteleviä opettajia. Vastaukset luokiteltiin kuuteen luokkaan aineiston ja teoriaosan kokeellisuuden arvioinnin haasteisen perusteella. Luokat ja eri luokkiin luokiteltujen vastausten lukumäärät kouluasteiden mukaan jaoteltuna on esitetty taulukossa 14.

**Taulukko 14.** Opettajien kokemat kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohdat ja haasteet kouluasteittain luokiteltuna.

Luokka	Vastausten frekvenssit ja suhteelliset frekvenssit			
	yläkoulu (n = 49)	lukio (n = 18)	yläkoulu ja lukio (n = 8)	kaikki (n = 75)
1. Arvioinnin luotettavuus	7 (14 %)	0 (0 %)	1 (13 %)	8 (11 %)
2. Ryhmäkoot	18 (37 %)	11 (61 %)	2 (25 %)	32 (43 %)
3. Ryhmädynamiikka	11 (22 %)	4 (22 %)	1 (13 %)	16 (21 %)
4. Arviointikriteerit	4 (8 %)	3 (17 %)	2 (25 %)	9 (12 %)
5. Ajankäyttö	19 (39 %)	1 (6 %)	1 (13 %)	21 (28 %)
6. Muut	5 (10 %)	5 (28 %)	3 (38 %)	13 (17 %)

Arvioinnin luotettavuuden luokkaan on luokiteltu vastaukset, joissa viitataan arvioinnin objektiivisuuteen tai oikeudenmukaisuuteen. Ryhmäkokojen luokkaan luokiteltiin vastaukset, joissa mainittiin ryhmäkoot suoraan tai esitettiin, että kaikkia oppilaita on vaikeaa arvioida. Ryhmädynamiikan kategoriaan luettiin vastaukset, joissa pohdittiin ryhmän jäsenten keskinäisiä suhteita tai sitä, miten yksilön suoritus tulee näkyviin ryhmässä. Arviointikriteerien luokkaan luokiteltiin vastaukset, joissa kuvattiin arviointikriteerien laadintaa vaikeaksi tai kerrottiin, että arviointikriteerit puuttuvat. Ajankäytön kategoriaan luokiteltiin vastaukset, joissa viitattiin aikaan. Esimerkiksi jos

todettiin, että kaikkia oppilaita ei ehdi arvioida, vastaus luokiteltiin ajankäytön alle erotuksena ryhmäkokojen luokitukseen, paitsi jos suuri ryhmäkoko oli vastuksessa selkeästi erikseen mainittu.

Vastausaineiston perusteella kaikki opettajat huomioiden keskeisimmät kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohdat ovat ryhmäkoot, ryhmädynamiikka ja ajankäyttö. Ajankäyttöä ongelmakohtana korostivat erityisesti yläkouluopettajat, kun taas lukio-opettajat näkivät ryhmäkoot haasteena. Ryhmädynamiikkaan liittyviä vastauksia oli molempien kouluasteisen opettajien vastauksissa myös kohtuullisen paljon. Yläkouluopettajat olivat myös huolissaan arvioinnin luotettavuudesta. Näistä neljästä tärkeimmästä luokasta on poimittu seuraavat esimerkkivastaukset:

*”En osaa olla kovin johdonmukainen ja järjestelmällinen, että toimisin aina samalla tavoin. Havainnointi riippuu tosi paljon tunnista, miten hyvin pystyn keskittymään havainnoimaan.”* (Luotettavuus, yläkouluopettaja)

*”Suuressa ja vilkkaassa ryhmässä, jossa on myös paljon oppimisen tuen tarvetta, kaikki energia menee siihen, että pidän huolta luokan työturvallisuudesta. En ole kyennyt panostamaan juuri ollenkaan kokeellisuuden arviointiin, vaikka sitä haluaisinkin kehittää.”* (Ryhmäkoot, yläkouluopettaja)

*”Osa on todella arkoja toimimaan toisten kanssa, joten heille vaikuttaa paljon millainen pari on. On tärkeää, ettei arvioisi luonnetta.”* (Ryhmädynamiikka, yläkouluopettaja)

*”Itse työskentelyn arvioinnista puuttuu kirjoitettu kriteeristö.”* (Arviointikriteerit, lukio-opettaja)

Luokkaan muut kuuluvissa vastauksissa nousi esille monia asioita yksittäisissä vastauksissa. Vastauksissa nostettiin esiin muun muassa kokeellisen kokeen tilankäyttö ja järjestelyt, töihin tottumattomien opiskelijoiden arvioinnin vaikeus, jatkuvan arvioinnin stressaavuus oppilaan kannalta sekä arviointi samaan aikaan, kun kokeellisia taitoja vasta opetellaan.

## 8. Johtopäätökset ja yhteenveto

### 8.1. Yhteenveto ja päätulokset

Kyselytutkimuksella haettiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen, jotka olivat 1. Mihin kokeellisuuden osa-alueisiin arviointi painottuu? 2. Millaisia kokeellisuuden arviointitapoja opettajat käyttävät? ja 3. Mitkä asiat opettajat kokevat kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohdiksi? Samalla haluttiin erityisesti tehdä vertailua yläkoulun ja lukion opettajien arviointikäytäntöjen ja kokemusten eroista. Seuraavassa nostetaan esiin tutkimuskysymyksittäin tutkimuksen päätulokset ja yritetään etsiä perusteluja havaituille ilmiöille.

Kokeellisuuden osa-alueiden painottumisen selvittämiseksi opettajia pyydettiin valitsemaan valmiista listasta kolme yleisintä käyttämäänsä arviointitapaa. Kysymyksenasettelu nostaa selvästi esille keskeisimmät menetelmät, mutta toisaalta vähemmän valittujen vaihtoehtojen yleisyydestä ei sinänsä voi tehdä johtopäätöksiä. Vastausaineiston perusteella keskeisimpinä arviointikohteina korostuivat turvallinen työskentely, työn käytännön suoritus, tulosten esittäminen ja johtopäätösten tekeminen. Doranin *et al.*<sup>27</sup> luokituksessa arviointi painottuu siis toteuttamisen ja analysoinnin luokkiin. Sen sijaan suunnittelu ja soveltaminen eivät mahdu opettajien kolmen yleisimmän arviointikohteen joukkoon.

Verrattaessa lukion ja yläkoulun opettajien vastauksia havaittiin, että perusopetuksessa painottuvat työn käytännön suoritukseen kytkeytyvä työturvallisuus ja varsinainen työskentely, kun taas lukiossa tulosten esittäminen ja käsittely olivat perusopetusta suuremmassa roolissa. Havaitut erot voivat selittyä opetussuunnitelmien<sup>1, 2</sup> painotuseroilla. Kokeellisuuden yleiset tavoitteet ovat sinänsä hyvin samansisältöiset molemmissa opetussuunnitelmissa, mutta kokeellisuuden arviointi käsitellään perusopetuksen opetussuunnitelmassa selvästi lukion opetussuunnitelmaa yksityiskohtaisemmin. Lukion opetussuunnitelmassa kokeellisuuden arvioinnista puhutaan hyvin yleisellä tasolla toteamalla, että työskentelyn lisäksi voidaan arvioida työskentelyn eri vaiheita. Perusopetuksen puolella on eritelty työturvallisuus, taitotehtävät sekä suljetut ja avoimet tutkimukset. Lisäksi päättöarvioinnin kriteereissä kuvataan kokeellisen työskentelyn taitoja. Näistä painotuseroista johtuen perusopetuksen opettajat voivat tuntea olevansa enemmän velvoitettuja nimenomaan käytännön työskentelyn arviointiin.

Kokeellisuuden arviointitapoja kartoitettiin useilla kysymyksillä. Kun opettajat valitsivat valmiilta arviointimenetelmien listalta viimeisen vuoden aikana käyttämänsä

kokeellisuuden arviointimenetelmät, tärkeimpinä esille nousivat työselostusten arviointi, opiskelijoiden itsearviointi, työskentelyn havainnointi ilman arviointikriteereitä ja lyhyet kokeelliset tehtävät kokeen osana. Avoimessa kysymyksessä kysyttiin hyväksi havaittuja arviointimenetelmiä. Tässäkin selkeästi erottuivat työskentelyn havainnointi ja kirjalliset tuotokset, joista havainnointi on suoraa käytännön työn arviointia (DAPS) ja tuotokset epäsuoraa arviointia (IAPS).<sup>4</sup> Itsearvioinnin ja havainnoinnin yleisyyttä voidaan perustella opetussuunnitelmilla.<sup>1, 2</sup> Havainnointi mainitaan osana kokeellisuuden arviointia ja itsearviointi korostuu sekä lukion että yläkoulun opetussuunnitelmissa selkeästi. Selostusten arviointi sen sijaan on todennäköisesti helpoin tapa lähestyä kokeellisuuden arviointia ja on siksi yleinen.

Valmiilta listalta valittujen arviointimenetelmien osalta suurimmat erot perusopetuksen ja lukion opettajien välillä olivat työselostusten arvioinnissa, itsearvioinnissa, havainnoinnissa kriteerien pohjalta ja arviointikeskustelussa. Lukiossa työselostusten arviointi korostuu selkeästi perusopetusta enemmän. Perusopetuksessa sen sijaan itsearviointi, havainnointi ja arviointikeskustelut ovat lukiota yleisempiä. Selkeä tulos on, että lukiossa kokeellisuuden arviointi on painottuneesti epäsuoraa (IAPS), kun yläkoulun puolella myös suoralla arvioinnilla (DAPS)<sup>4</sup> on oma selkeä osuutensa. Tätä tulosta tukevat myös Likert-asteikkokysymysten vastaukset. Tätäkin havaintoa voidaan perustella sillä, että perusopetuksen opetussuunnitelmassa<sup>2</sup> kokeellisuuden arviointia on kuvattu tarkemmin kuin lukion opetussuunnitelmassa.<sup>1</sup> Lisäksi kokeellisuuden arvioinnin haasteita käsittelevässä kysymyksessä lukio-opettajat nostivat esiin ryhmäkokojen ongelman, jolla on varmasti osuutta havainnoinnin yleisyyteen.

Kyselyn vastausten pohjalta toinen keskeinen tulos kokeellisuuden arvioinnin tapojen eroista yläkoulun ja lukion välillä on arvioinnin formatiivisessa ja summatiivisessa luonteessa. Perusopetuksessa korostuu formatiivinen ja lukiossa summatiivinen arviointi. Tämä havainto on kohtuullisen suoraviivaisesti perusteltavissa opetussuunnitelmia<sup>1, 2</sup> katsomalla. Perusopetuksen opetussuunnitelmassa formatiivista arviointia painotetaan erityisen paljon ja lukiossa puolestaan kurssien numeroarviointi pakottaa summatiiviseen arviointiin aina kurssin päättyessä.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä oltiin kiinnostuneita siitä, mitkä asiat opettajat kokevat kokeellisuuden arvioinnin ongelmakohtiksi. Ongelmakohtia kysyttiin avoimella kysymyksellä, jonka vastauksien perusteella opettajien mielestä keskeisimmät kokeellisuuden arvioinnin haasteet liittyvät ryhmäkokoihin, ryhmädynamiikkaan ja ajankäyttöön. Ryhmäkoot ja ryhmädynamiikka nostettiin myös Saunamäen *et al.*<sup>36</sup>

artikkelissa arvioinnin ongelmakohdiksi, kun taas ajankäyttö näyttäytyi ongelmana Nurmela<sup>37</sup> pro gradu -tutkielman perusteella.

Verrattaessa lukion ja perusopetuksen opettajien vastauksia havaitaan, että lukiossa ongelmana on erityisesti ryhmäkoot ja perusopetuksessa puolestaan ajankäyttöön liittyvät ongelmat. Nämä kaksi asiaa kietoutuvat kuitenkin toisiinsa, joten tätä ei voi sinänsä pitää massiivisena erona. Jos ryhmäkoko kasvaa, arviointiinkin kuluu enemmän aikaa. Tämä yhteys näkyi myös vastauksissa ja luokittelu ei näiden kahden luokan välillä ollut aina yksiselitteistä. Kuitenkin lukioissa ryhmäkoot ovat usein suurempia kuin yläkouluissa, joten siinä mielessä havaittua eroavuus on järkevä.

Tutkimuksen tuloksena saaduiksi päätuloksiksi tutkimuskysymyksittäin voidaan tiivistää seuraavat.

1. Kokeellisuuden arviointi painottuu toteuttamisen ja analysoinnin kategorioihin,<sup>27</sup> perusopetuksessa erityisesti toteuttamiseen ja lukiossa analysointiin.
2. Käytetyimmät kokeellisuuden arviointimenetelmät ovat työselostusten arviointi, opiskelijoiden itsearviointi, työskentelyn havainnointi ilman arviointikriteereitä ja lyhyet kokeelliset tehtävät kokeen osana. Lukiossa arviointi on painottuneesti epäsuoraa käytännön työn arviointia (IAPS) ja luonteeltaan summatiivista. Perusopetuksessa kokeellisuutta arvioidaan suoraan (DAPS)<sup>4</sup> ja formatiivisesti.
3. Keskeisimmät kokeellisuuden arvioinnin haasteet liittyvät ryhmäkokoihin, ryhmädynamiikkaan ja ajankäyttöön. Lukiossa korostuu ryhmäkokojen haasteet ja perusopetuksessa ajankäytön haasteet.

## 8.2. Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuutta rajoittavat monet erilaiset tekijät. Tässä luvussa pohditaan luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ja pohditaan millä rajoituksilla saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Ensimmäinen luotettavuuteen vaikuttava kokonaisuus on vastaajajoukon koko ja ominaisuudet. Kyselyyn vastauksia saatiin yhteensä 92, mikä antaa mahdollisuuksia tehdä myös yleistettäviä päätelmiä. Kuitenkaan tämä ei ole erityisen suuri aineisto ja tutkimuksen luotettavuutta parantaisi, jos vastaajia olisi ollut enemmän. Erityisesti lukio-opettajien alhainen määrä vaikeuttaa perusopetuksen ja lukion luotettavaa vertailua.

Taustatietokysymysten avulla pyrittiin saamaan käsitys siitä, kuinka hyvin vastaajajoukon voi olettaa edustavan kaikkia suomalaisia kemian opettajia. Vastaajien ikä, opetuskokemus ja opiskelutausta olivat siinä määrin tasaisesti jakautuneet, että

vastaajajoukon voi olettaa edustavan hyvin erilaisia opettajia. Naisten osuus sen sijaan on aineistossa hieman ylikorostunut, joten tutkimus kertoo hieman paremmin nais- kuin miesopettajiin liittyvää tietoa.

Vastausten keruutapa vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen. Parhaiten yleistettävissä tulokset olisivat siinä tapauksessa, että vastaajajoukko olisi valittu satunnaisotantaa hyödyntäen. Sen sijaan tässä tutkimuksessa kyselyn jakelu tapahtui kemian opettajien Facebook-ryhmän, kohdennettujen sähköpostien ja MAOL:n viikkokirjeen kautta. Kysely on ollut saatavilla merkittävällä osalla kemian opettajista, joten tässä mielessä tuloksia voi pitää riittävän luotettavina. Kuitenkin esimerkiksi Facebook-ryhmä, joka oli ensisijainen jakelukanava, välttämättä hieman vääristää vastaajajoukkoa, koska kaikki opettajat eivät kuulu Facebookiin tai kyseessä olevaan Facebook-ryhmään.

On hyvä huomata, että kyselyihin vastaaminen on aina vapaaehtoista, joten vastaajajoukko edustaa opettajia, jotka haluavat osallistua tutkimukseen. Sillä osalla lukio-opettajista, jotka eivät ole olleet kiinnostuneita vastaamaan, voi olla hyvin erilaisia näkemyksiä, mutta heistä ei voida saada kuitenkaan tietoa tällaisella tutkimuksella. Luonnollisesti myös vastausten totuudenmukaisuutta voi jossain määrin epäillä. Opettaja voi esimerkiksi vastata, miten haluaisi toimia sen sijaan, miten todellisuudessa toimii. Kuitenkin opettajien vastauksia voi pitää pääosin rehellisinä.

Avointen kysymysten osalta luokittelun tekeminen osoittautui melko haasteelliseksi. Vastaukset olivat hyvin moninaisia, eikä niiden yksikäsitteinen luokittelu ollut helppoa. Luokittelussa tuli vastaan tilanteita, joissa vastaus olisi voinut sopia lähes yhtä hyvin kahteen eri luokkaan. Tässä pyrittiin tekemään luokitus hyvin systemaattisesti, mutta rajatapauksissa myös virheen mahdollisuus kasvaa. Tästä syystä avointen kysymyksien vastausten määriä kannattaa pitää mieluummin suuntaa antavina kuin eksakteina totuuksina. Luokittelun luotettavuutta olisi mahdollista arvioida, jos luokittelua suorittaisi rinnakkain vähintään kaksi henkilöä. Tällöin luokitteluja voisi verrata toisiinsa ja siten saada tietoa luokittelun reliabiliteetista. Jos kaksi toisistaan riippuvaa henkilöä tekee luokittelun samalla tavalla, sitä voidaan myös pitää luotettavana.

### **8.3. Pohdintaa**

Tutkimuksenteon aikana heräsi joitakin mielenkiintoisia kysymyksiä, joita voisi edelleen lähteä tutkimaan. Tässä tutkimuksessa esitettiin muutamia keskeisiä tuloksia ja pohdittiin myös mahdollisia perusteluja havaituille ilmiöille. Kiinnostavaa olisi selvittää, mistä syystä opettajat toimivat tietyllä tavalla. Esimerkiksi voitaisiin selvittää, miksi lukio-

opettajat painottavat kirjallisten tuotosten arviointia ja perusopetuksen opettajat käytännön työtä. Tämän tutkimuksen puitteissa pohdittiin myös näitä kysymyksiä, mutta luotettavan tiedon saamiseksi tarvittaisiin lisää tutkimusta.

Yksi mahdollinen jatkotutkimuksen aihe olisi selvittää oppilaiden kokemuksia kokeellisuuden arvioinnista. Olisi mielenkiintoista tietää, mitä kokeellisuuden arvioinnin tapoja oppilaat tai opiskelijat pitävät hyvinä ja oikeudenmukaisina. Kokevatko oppilaat esimerkiksi kokeellisen työskentelyn havainnoinnin stressaavaksi ja kokevatko oppilaat voivansa antaa kokeellisen työskentelyn kautta näyttöä osaamisestaan? Kokeellisuuden arvioinnin vaikutus oppimistuloksiin olisi myös kiinnostava tutkimuskohde. Onko esimerkiksi arvioinnin tavoilla, määrällä tai kohteilla merkitystä kokeellisten taitojen kehittymiseen? Kokeellisuuden arviointia ei ainakaan Suomessa ole tutkittu liikaa, joten nämä jatkotutkimusaiheet voisivat olla hyvä vaihtoehto edetä tutkimuksessa.

Tässä pro gradu -tutkielmassa kartoitettiin suomalaisten kemian opettajien kokeellisuuden arvioinnin käytäntöjä. Tutkimuksessa saatiin selkeitä tuloksia, joten tutkimuksessa tuotettiin uutta tietoa. Tämä tutkimus antaa arvokasta tietoa kokeellisuuden arvioinnin tilanteesta Suomessa. Tulosten perusteella kokeellisuuden arvioinnin tilanne näyttää kokonaiskuvana hyvältä. Opettajat ovat ottaneet käyttöön kohtuullisen suuren joukon erilaisia menetelmiä. Erityisesti perusopetuksessa myös itse työskentelyä arvioidaan jo melko paljon. Lukion puolella arviointi painottuu edelleen kirjallisiin tuotoksiin, mihin olisi tarvetta kiinnittää huomiota. Kokeellisen työskentelyn arvioinnin korostaminen tulevissa lukion opetussuunnitelmissa voisi olla tehokas tapa lisätä havainnointipohjaista suoraa kokeellisuuden arviointia. Lukio-opettajien esittämä suurten ryhmäkokojen haaste antaa aiheita pohtia, kannattaisiko kemian kursseilla ryhmien kokoja rajoittaa valtakunnallisella sääntelyllä. Kokeellisuus ja sen arviointi on kemiassa oleellista, eikä se saa olla liikaa kiinni resursseista.

Erikoistyössä kehitettiin yksi arvioitava työ. Tämän kaltaista oppilastöiden ja lyhyempien arviointitehtävien kehitystyötä kaivattaisiin lisää. Kokeellisuuden arviointi ei ole yhtä suoraviivaista kuin kirjallisten kokeiden arviointi ja se teettää opettajalta lisätyötä. Opettajien työmäärä olisi syytä pitää inhimillisenä, joten valmista arviointimateriaalia pitäisi olla saatavilla. Kokeellisuuden arviointikäytäntöjen yhtenäistämiseksi voitaisiin laatia valtakunnallisia ohjeellisia arviointiperusteita. Erikoistyö- ja pro gradu -tutkimuksen perusteella suuri osa opettajista on ottanut kokeellisuuden arvioinnin vakavasti. Kuitenkin aihepiirin tutkimus, arviointimallien kehittäminen ja valtakunnalliset käytännöt voisivat parantaa kokeellisuuden arviointia Suomessa ja myös tehdä siitä opettajillekin helpompaa toteuttaa.

## Lähteet

1. Opetushallitus: Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015.  
[https://www.oph.fi/download/172124\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015.pdf](https://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf) (viitattu 15.8.2018).
2. Opetushallitus: Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2015.  
[https://www.oph.fi/download/163777\\_perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.pdf](https://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf) (viitattu 2.9.2018).
3. Gott, R.; Duggan, S. *Cambridge Journal of Education* **2002**, 32, 183–201.
4. Reiss, M.; Abrahams, I.; Sharpe, R. *A report on the assessment of practical work in school science* **2012**. Saatavilla:  
<https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/improving-the-assessment-of-practical-work-in-school-science.pdf> (Viitattu 2.4.2019).
5. Atjonen, P. *Hyvä, paha arviointi*. Tammi; Helsinki, 2007.
6. Ahtee, M.; Pehkonen, E. *Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan*. Edita; Helsinki, 2000.
7. Krathwohl, D. R. *Theory Into Practice* **2002**, 41, 212–218.
8. Johnstone, A. H. *J. Comput. Assisted Learn.* **1991**, 7, 75–83.
9. Mahaffy, P. J. *Chem. Educ.* **2006**, 83, 49–55.
10. Tikkanen, G. *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*, Väitöskirja, Helsingin yliopisto, 2010.
11. Aksela, M.; Tikkanen, G.; Kärnä, P. Mielekäs luonnontieteiden opetus: Miten tukea oppilaiden ajattelua ja ymmärtämistä. Kirjassa *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita*. Kärnä, P., Houtsonen, L. and Tähkä, T., Toim. Opetushallitus; Helsinki, 2012; s. 9–28.
12. Uusikylä, K.; Atjonen, P. *Didaktiikan perusteet*. 3. uud. p.; WSOY; Porvoo; Helsinki, 2005.

13. Lavonen Jari; Meisalo Veijo; et al. Arvioinnin monipuolistaminen.  
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/arviointi/index.htm> (viitattu 2.3.2019).
14. Keurulainen, H. Pelisääntöjä arviointipäätösten tekemistä varten. Kirjassa  
*Oppimisen arvioinnin kontekstit ja käytännöt*. Räisänen, A., Toim. Opetushallitus;  
2013; s. 37–60.
15. Brian Noonan *Practical Assessment, Research & Evaluation* **2005**, *10*, 1–8.
16. Stokking, K.; van der Schaaf, M.; Jaspers, J.; Erkens, G. *British Educational  
Research Journal* **2004**, *30*, 93–116.
17. Millar, R. Practical work. Kirjassa *Good Practice in Science Teaching: What  
Research Has to Say*. 2. painos Osborne, J., Dillon, J., Toim. McGraw-Hill  
Education; Maidenhead, 2010; s. 108–134.
18. Lavonen, J.; Meisalo, V.; et al. Kokeellisuuden työtavat.  
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/index.htm> (viitattu 1.9.2018).
19. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, *88*, 28–54.
20. Abrahams, I.; Millar, R. *International Journal of Science Education* **2008**, *30*,  
1945–1969.
21. Domin, D. S. *J. Chem. Educ.* **1999**, *76*, 543–547.
22. Wheeler, L.; Bell, R. *Science Teacher* **2012**, *79*, 32–39.
23. Banchi, H.; Bell, R. *Science and Children* **2008**, *46*, 26–29.
24. Näsäkkälä, E.; Flinkman, M.; Aksela, M. *Luonnontieteellisen tutkimuksen  
tekeminen koulussa*. Opetushallitus; Helsinki, 2001.
25. Lewthwaite, B. *Chemistry Education Research and Practice* **2014**, *15*, 35–46.
26. Tomperi, P.; Aksela, M. Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat. Kirjassa  
*Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää VI Valtakunnalliset  
kemian opetuksen päivät -symposiumkirja*. Aksela, M., Perna, J. and Happonen,  
M., Toim. Opetushallitus; Helsinki, 2011; s. 84–95.

27. Doran, R.; Chan, F.; Tamir, P. *Science Educator's Guide to Laboratory Assessment*. National Science Teachers Association; Arlington, 2002.
28. Erätuuli, M.; Meisalo, V. *Fysiikan ja kemian oppilastöiden evaluaatio. 2, Luonnontutkimustehtävät fysiikan ja kemian kokeissa*. Helsingin yliopisto; Helsinki, 1985.
29. Erätuuli, M.; Meisalo, V. *Luonnontutkimustehtävien analyysi fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteiden näkökulmasta : teorian jatkokehittelyä ja peruskoulun oppilaiden saamien tulosten analyysi*. Helsingin yliopisto; Helsinki, 1991.
30. Ahtineva, A. *LUMAT (2013–2015 Issues)* **2014**, 2, 113–123.
31. Chabalengula, V. M.; Mumba, F.; Hunter, W. F.; Wilson, E. *Problems of Education in the 21st Century* **2009**, 11, 28–36.
32. Erätuuli, M.; Meisalo, V. *Fysiikan ja kemian oppilastöiden evaluaatio : lähtökohtia peruskoulun yläasteen fysiikan ja kemian oppilastöiden evaluaatiomenetelmien kehittämiseksi*. Helsingin yliopisto; Helsinki, 1982.
33. Moskal, B. M. *Practical Assessment, Research & Evaluation* **2000**, 7(3). Saatavilla: <https://pareonline.net/getvn.asp?v=7&n=3> (Viitattu 31.3.2019).
34. Niemelä, M.; Kaila, L.; Suni, S.; Perämäki, P. Laboratorioharjoitusten arviointia kehittämällä kohti parempia oppimistuloksia. Kirjassa *Tutkiva lähestymistapa kemia opetukseen: V Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja*. Aksela, M., Pernaa, J. and Rukajärvi-Saarela, M., Toim. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto; Helsinki, 2010; s. 146–156.
35. Rhodes, M. M. *J. Chem. Educ.* **2010**, 87, 613–615.
36. Saunamäki, I.; Teittinen, H.; Viitasuo, M. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education* **2017**, 2(2). Saatavilla: <https://www.lumat.fi/index.php/lumat-b/article/view/282> (Viitattu 31.3.2019).

37. Nurmela, A. *Kokeellisen työskentelyn arviointi lukion kemian opetuksessa*, Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto, 2018.
38. Pyysalo, M. *Kokeellisuus kemian ylioppilastehtävissä vuosina 1985–2004*, Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, 2005.
39. Hanson, D. J. *J. Chem. Educ.* **2000**, *77*, 120–130.
40. Wenzel, T. J. *J. Chem. Educ.* **2007**, *84*, 182–186.
41. Ruiz-Primo, M.; Furtak, E. M. *J. Res. Sci. Teach.* **2007**, *44*, 57–84.
42. Deese, W. C.; Ramsey, L. L.; Walczyk, J.; Eddy, D. J. *J. Chem. Educ.* **2000**, *77*, 1511–1516.
43. Pierce, D. T.; Pierce, T. W. *J. Chem. Educ.* **2007**, *84*, 1150–1155.
44. Ylioppilastutkintolautakunta: Koejärjestelmässä käytettävissä olevat ohjelmat.  
<https://www.ylioppilastutkinto.fi/ylioppilastutkinto/digitaalinen-ylioppilastutkinto/koejarjestelman-ohjelmat> (viitattu 22.8.2018).

# Liitteet

## Liite 1: Kyselylomake (6 sivua)

### Kokeellisen työskentelyn arviointi

#### I Taustatiedot

##### 1. Sukupuoli \*

- mies
- nainen

##### 2. Ikä \*

- alle 26 vuotta
- 26 - 35 vuotta
- 36 - 45 vuotta
- 46 - 55 vuotta
- yli 55 vuotta

##### 3. Opetuskokemus \*

- 0 - 2 vuotta
- 3 - 5 vuotta
- 6 - 10 vuotta
- 11 - 15 vuotta
- 16 - 20 vuotta
- yli 20 vuotta

##### 4. Kemian yliopisto-opinnot \*

- pääaine
- sivuaine
- ei pätevyyteen oikeuttavaa opintokokonaisuutta kemiasta

##### 5. Kouluaste, jolla opetat kemiaa (voit valita myös molemmat) \*

- peruskoulu
- lukio

## Taustatiedot - Perusopetus

**6. Arvioi, kuinka usein käytät demonstraatioita opetuksessasi perusopetuksessa.**

- harvemmin kuin kerran kuukaudessa
- kerran kuukaudessa
- kerran kahdessa viikossa
- kerran viikossa
- lähes kaikilla oppitunneilla

**7. Arvioi, kuinka usein oppilaat tekevät itse kokeellisia töitä perusopetuksessa.**

- harvemmin kuin kerran kuukaudessa
- kerran kuukaudessa
- kerran kahdessa viikossa
- kerran viikossa
- lähes kaikilla oppitunneilla

## Taustatiedot - Lukio-opetus

**8. Tarjotaanko lukiossanne opiskelijoille erillinen työkurssi?**

- kyllä
- ei

**9. Arvioi, kuinka usein käytät demonstraatioita opetuksessasi valtakunnallisilla kemian kursseilla (kurssit 1 - 5).**

- harvemmin kuin kerran kuukaudessa
- kerran kuukaudessa
- kerran kahdessa viikossa
- kerran viikossa
- lähes kaikilla oppitunneilla

**10. Arvioi, kuinka usein opiskelijat tekevät itse kokeellisia töitä valtakunnallisilla kemian kursseilla.**

- harvemmin kuin kerran kuukaudessa
- kerran kuukaudessa
- kerran kahdessa viikossa
- kerran viikossa
- lähes kaikilla oppitunneilla

## II Arvioinnin kohteet kokeellisuuden arvioinnissa

**11. Valitse seuraavista tutkimusprosessin osa-alueista korkeintaan kolme (3), joihin arviointisi tavallisimmin kohdistuu.**

- tutkimusongelman muotoileminen
- hypoteesin muotoileminen
- oman työskentelyn suunnittelu
- turvallinen työskentely
- työn käytännön suorittaminen (esim. välineiden ja kemikaalien käsittely, mittausten tekeminen)
- tulosten esittäminen (kirjallisesti, taulukoimalla, graafisina esityksinä ym.)
- tulosten tulkitseminen
- johtopäätösten tekeminen
- tutkimusmenetelmän arviointi (esim. virhetarkastelun suorittaminen)
- muu, mikä?

Valitse enintään 3 vaihtoehtoa

Valitut vaihtoehdot: 0

## III Kokeellisuuden arvioinnin tavat

Kysymyksissä 13 - 20 on esitetty kokeellisuuden arviointiin liittyviä väitteitä, joihin vastataan viisiportaisella Likert-asteikolla. Valitse ajatuksiasi parhaiten kuvaava vaihtoehto.

**12. Kokeellisuuden arviointini painottuu kirjallisten tuotosten arviointiin.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**13. Kokeellisuuden arvioinnissa huomioin myös itse työskentelyn.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**14. Annan kokeellisesta työskentelystä suullista palautetta.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**15. Annan kokeellisesta työskentelystä kirjallista palautetta.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**16. Annan kokeellisesta työskentelystä numeroarvosanan.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**17. Suorittamastani kokeellisuuden arvioinnista suurin osa on formatiivista (jatkuva arviointia ja palautteen antamista).**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**18. Suorittamastani kokeellisuuden arvioinnista suurin osa on summatiivista (oppikokonaisuuden jälkeen suoritettava arviointia).**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**19. Arvioin kokeellista työskentelyä arvioimalla työparin tai ryhmän suoritusta ja annan kaikille saman arvioinnin (arvosanan tai palautteen) ryhmän kokonaissuoritukseen perustuen.**

- täysin eri mieltä
- osittain eri mieltä
- ei samaa eikä eri mieltä
- osittain samaa mieltä
- täysin samaa mieltä

**20. Valitse seuraavista kokeellisuuden arviointitavoista ne, joita olet käyttänyt arvioinnissasi viimeisen vuoden aikana.**

- laboratoriopäiväkirjan arviointi
- työselostusten arviointi
- opiskelijoiden itsearviointi
- opiskelijoiden vertaisarviointi
- demonstraatioarviointi (opettaja esittää demonstraation, johon liittyen arvioitavat tekevät havaintoja ja päätelmiä)
- työskentelyn havainnointi arviointikriteerien pohjalta
- työskentelyn havainnointi ilman erityisiä arviointikriteerejä (epämuodollinen arviointi)
- lyhyet kokeelliset tehtävät kokeen osana
- kokeellinen koe esim. kiertopistetyöskentelynä
- arviointikeskustelu
- muu, mikä

### **Avoimet kysymykset**

**21. Miten huomioit kokeellisuuden opintokokonaisuuden (esim. kurssin) numeroarvioinnissa? Kuinka paljon kokeellisuus vaikuttaa arvosanaan?**

**22. Millaisia hyväksi havaittuja käytännön toteutustapoja olet löytänyt kokeellisuuden arviointiin?**

**23. Millaisia ongelmakohtia tai haasteita kokeellisuuden arviointiin mielestäsi liittyy?**

### **Yhteystiedot**

**24. Voit antaa yhteystietosi tähän, jos haluat, että sinuun voidaan olla yhteydessä esimerkiksi haastattelua varten. Kyselyn vastaukset käsitellään nimettömästi.**

## Sähkönjohtavuus happo-emästitrauksessa

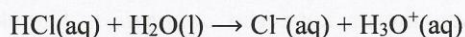
### Työn tarkoitus

Työssä suoritetaan vahvan ja heikon hapon titraus, joista laaditaan kuvaajat (titrauskäyrät) liuoksen pH:sta ja sähkönjohtavuudesta lisätyn titrantin tilavuuden funktiona.

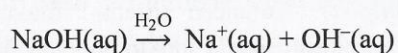
### Työn tausta

#### Hapot ja emäkset

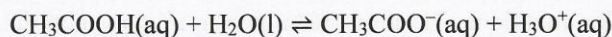
*Happo* määritellään aineeksi, joka luovuttaa protonin eli vetyionin  $H^+$  ja *emäs* aineeksi, joka vastaanottaa protonin. Yksinkertaisemmin voidaan määritellä, että happo on aine, joka tuottaa vesiliuokseen oksoniumioneja  $H_3O^+$ . Esimerkiksi suolahappo reagoi vedessä seuraavasti:



Emäs voidaan puolestaan määritellä aineeksi, joka tuottaa vesiliuokseen hydroksidi-ioneja  $OH^-$ . Esimerkkinä natriumhydroksidin reaktio vedessä:



*Vahvat* hapot ja emäkset hajoavat vedessä ionimuotoon käytännössä täysin. Edellä esitetyt suolahappo ja natriumhydroksidi ovat esimerkkejä vahvasta haposta ja emäksestä. *Heikon* hapon ja emäksen tapauksessa reaktio ei mene loppuun asti, vaan on luonteeltaan tasapainoreaktio. Esimerkiksi etikkahappo on heikko happo ja sen reaktiota vedessä esittää seuraava reaktioyhtälö:



#### Vesiliuoksen pH

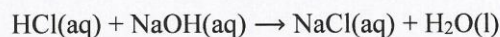
Vesiliuoksen pH määritellään oksoniumionikonsentraation  $[H_3O^+]$  avulla seuraavasti:

$$pH = -\lg[H_3O^+]$$

Koska logaritmi on aidosti kasvava funktio, voidaan päätellä, että oksoniumionikonsentraation kasvaessa pH pienenee. Siis mitä happamampi liuos on, sitä pienempi on liuoksen pH.

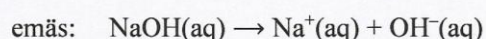
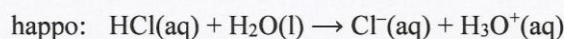
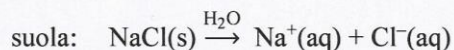
#### Neutraloituminen

Kun hapon ja emäksen vesiliuoksia yhdistetään, tapahtuu neutraloitumisreaktio. Neutraloitumisessa tuotteena muodostuu suolaa ja vettä. Esimerkiksi natriumhydroksidin ja suolahapon välisessä reaktiossa muodostuu natriumkloridia ja vettä.



## Liuoksen johtavuus eli konduktiivisuus

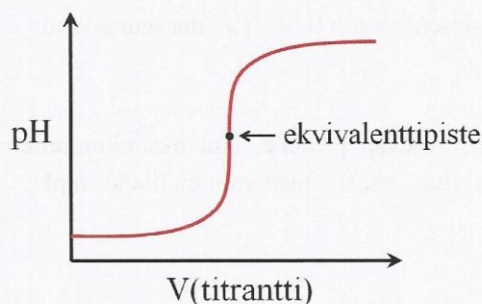
Liuoksen sähkönjohtavuus eli *konduktiivisuus*  $\kappa$  (kappa) kuvaa liuoksen kykyä johtaa sähköä. Sähkönjohtavuuden SI-yksikkö on S/m, mutta tavallisemmin käytetään yksikköä  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sähköä johtavia liuoksia sanotaan *elektrolyyttiliuoksiksi*. Liuoksen sähkönjohtavuus perustuu siinä oleviin positiivisiin ja negatiivisiin ioneihin. Liuoksen sähkönjohtavuus on sitä suurempi, mitä enemmän liuoksessa on ioneja. Elektrolyyttiliuoksia ovat suolojen vesiliuokset sekä happojen ja emästen vesiliuokset. Esimerkiksi



## Happo-emästitraus

*Happo-emästitraus* on analyysimenetelmä, jossa hyödynnetään hapon ja emäksen välistä neutraloitumisreaktiota. Titrauksessa tutkittavaa liuosta kutsutaan *analytyiksi*. Titrauksen aikana analyytin sisältävää liuosta sekoitetaan (esim. magneettisekoittajalla) ja liuoksen joukkoon lisätään *byretistä* valuttamalla vähitellen mittaliuosta eli *titranttia*, jonka pitoisuus tunnetaan tarkasti. Jos tutkittava aine on happo, käytetään titranttina emästä ja päinvastoin. Kun neutraloitumisreaktio on tapahtunut loppuun, on saavutettu ns. *ekvivalenttipiste*. Kuluneen titrantin tilavuus ekvivalenttipisteessä on *ekvivalenttikohhta*. Ekvivalenttipiste voidaan todeta jonkin sopivan *indikaattorin* avulla tai tulkita titrauskäyrältä.

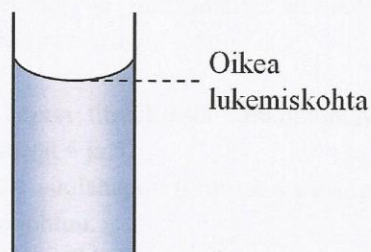
*Titrauskäyrä* on graafinen esitys, jossa jokin titrauksen aikana muuttuva suure esitetään lisätyn titrantin tilavuuden funktiona. Tavanomainen happo-emästitrauskäyrä on liuoksen pH titrantin tilavuuden funktiona. Tässä työssä määritetään myös titrauskäyrä, jossa esitetään liuoksen konduktiivisuus titrantin tilavuuden funktiona. Titrauskäyrään otetaan mittapisteitä runsaasti myös ekvivalenttikohdan jälkeen. Titrauskäyrää määritettäessä on kannattavaa suunnitella ekvivalenttipiste kuvaajan keskivaiheille. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä vahvan hapon titrauskäyrä.



Kuva 1. Vahvan hapon titrauskäyrä

## Byretin käyttö

Byretti on käytännössä hanalla varustettu mittapipetti, jossa asteikko luetaan ylhäältä alaspäin. Titrausta varten byretti ensin huuhdellaan ja sitten täytetään titrantilla hieman yli nollan merkin. Jos byretin hanan alapuolelle jää ilmakupla, se pitää poistaa. Ennen titrauksen aloittamista liuoksen yläraja säädetään tarkasti nollan merkkiin. Titrauksen aikana byretin asteikolta voidaan lukea kuluneen titrantin tilavuus. Byretin oikeaoppinen lukemistapa on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Byretin oikeaoppinen lukeminen

## Mitta-anturien ja Logger Pro -ohjelman käyttö

Työssä käytetään Vernierin pH- ja johtokykyantureita. Mittaustapahtumasta on erilliset ohjeet. **Käsittele erityisesti pH-anturia varovasti, sillä mittarin lasinen elektrodi voi rikkoutua!** pH-mittaria säilytetään säilytysliuoksessaan pystyasennossa, kun sillä ei tehdä mittausta. Lasinen elektrodi ei saa päästä kuivahtamaan. Anturi on syytä huuhdella tislatusvedellä ja kuivata ulkopuolelta (ei lasiosaa) ennen tutkittavaan liuokseen laittamista. Samoin menetellään, kun elektrodi laitetaan takaisin säilytysliuokseensa. Tässä työssä johtokykyanturissa käytetään asetusta 0–20 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , jonka saa valittua anturissa olevasta kytkimestä.

## Arviointiperusteet

Tämä työ on tarkoitettu arvioitavaksi kokeelliseksi työksi. Työssä arvioidaan mittausjärjestelyjen suunnittelua, laitteiston kokoamista, mittausten suorittamista, turvallista työskentelyä ja tulosten analysointia.

## Työturvallisuus

Työssä käytettävät happo- ja emäsluokset ovat syövyttäviä, joten työn aikana on **syytä pitää sekä suojalaseja että työtakkia**. Työssä käytettävät liuokset voidaan huuhtoa viemäriin työn päätyttyä.

## Tarvittavat välineet ja aineet

### Välineet

- statiivi, kouria, kaksoispuristimia
- magneettisekoitin
- keitinlaseja (100 ml ja 250 ml)
- byretti
- suppilo
- mittalasi tai mittapipetti
- mitta-anturit: pH ja sähkönjohtavuus
- LabQuest mini -yksikkö
- tietokone, jossa Logger Pro -ohjelma

### Aineet

- 0,20 M suolahappoliuos
- 0,20 M etikkahappoliuos
- 0,20 M natriumhydroksidiliuos
- tislattu vesi

## Työohje

### 1. Suunnittelu

Suunnittele laitteisto ja mittaukset, kun tavoitteena on kaksi titrauskäyrää (pH ja sähkönjohtavuus titrantin tilavuuden funktiona) suolahapon tai etikkahapon titrauksesta natriumhydroksidilla. Opettaja kertoo, kumpaa happoa käytät. Kumpikin titrauskäyrä mitataan samanaikaisesti.

Suunnitelmasta pitää ilmetä

- 1) tarvitsemasi laitteisto kuvan tai sanallisen selityksen muodossa
- 2) analyytti- ja titrantiliuosten käyttö,
- 3) millä titrantin kulutuksen arvoilla yksittäiset mittaukset suoritetaan.

Voit käyttää suunnitelman tukena erillistä mittausohjetta. **Hyväksytä suunnitelmasi opettajalla ennen työn toteuttamisvaihetta!**

### 2. Laitteiston kokoaminen

Kokoa tarvitsemasi mittauslaitteisto valmiiksi siten, että voisit aloittaa mittausten suorittamisen. Käytä johtavuusanturin asetusta 0–20 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . **Hyväksytä laitteistosi opettajalla ennen mittausten aloittamista!**

### 3. Mittaukset

Suorita tarvittavat mittaukset suunnitelmasi mukaisesti.

#### 4. Tulosten käsittely

Tarkastele määrittämiäsi titrauskäyriä ja tee seuraavat tulosten käsittelyyn liittyvät tehtävät 1–3:

- 1) Tunnista sekä pH- että sähkönjohtavuuskuvaajista titrauksen ekvivalenttikohta. Miten ekvivalenttikohta ilmenee kuvaajilta?
- 2) Lue kuvaajilta ekvivalenttikohdan pH ja sähkönjohtavuus.
- 3) Laske teoreettinen ekvivalenttikohta käyttämäsi hapon määrän perusteella. Eroavatko teoreettinen ja mittaamalla selvitetty ekvivalenttikohta toisistaan? Mistä eri tekijöistä mahdollinen ero voi johtua?

Saat toisen hapon titrauksesta sähkönjohtavuuskuvaajan vastaavat koetulokset opettajalta. Tee seuraavat tehtävät 4 ja 5.

- 4) Kuvaile suolahapon titrauksen sähkönjohtavuuskäyrää. Selitä mikrotasolla, mistä kuvaajan muoto johtuu.
- 5) Kuvaile etikkahapon titrauksen sähkönjohtavuuskäyrää. Miten se eroaa suolahapon titrauksesta. Mistä erot johtuvat?

### Liite 3: Logger Pro -ohje (3 sivua)

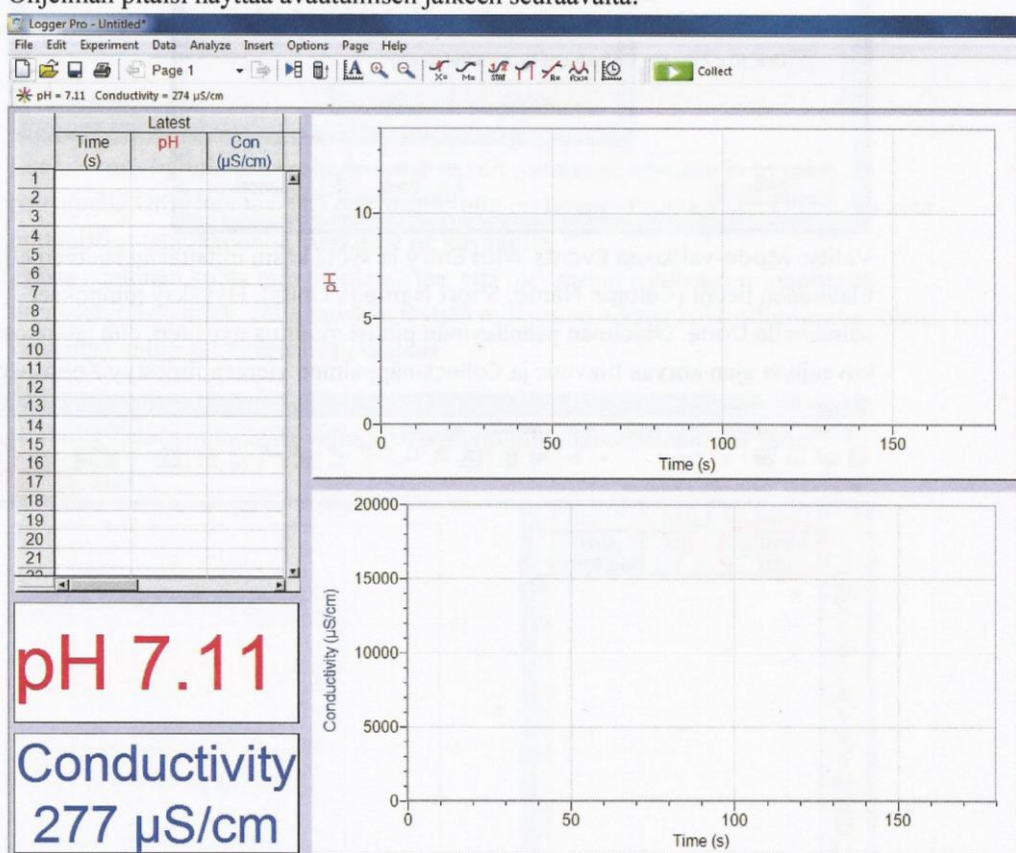
#### Sähköjohtavuuden ja pH:n mittaaminen tilavuuden funktiona Logger Pro -ohjelman ja mitta-anturien avulla

##### Valmistelut

1. Kytke mitta-anturit LabQuest mini -yksikköön (paikkoihin CH1 ja CH2) ja LabQuest mini tietokoneeseen (USB).
2. Aseta anturit tutkittavaan liuokseen siten, että pH-anturin lasinen pallopinta on liuoksessa ja sähkönjohtavuusanturin metallinen anturiosa osuu liuokseen.
3. Avaa Logger Pro -ohjelma työpöydän kuvakkeesta.



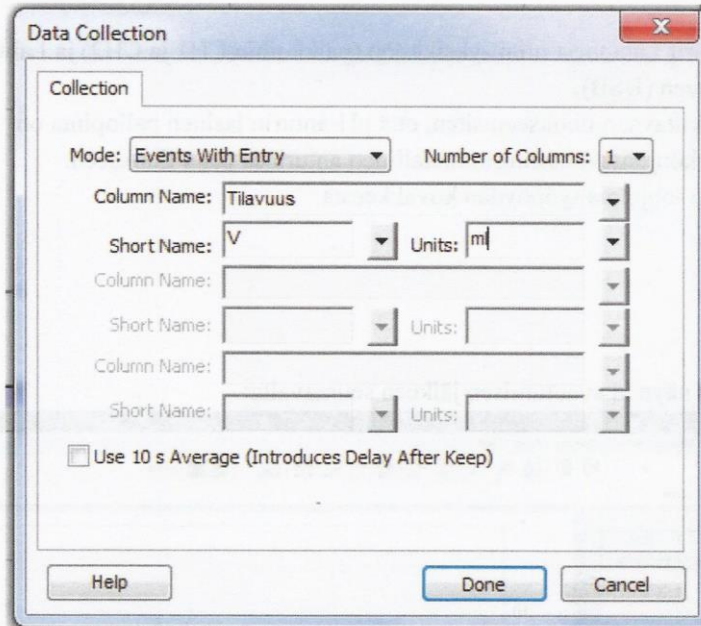
4. Ohjelman pitäisi näyttää avautumisen jälkeen seuraavalta:



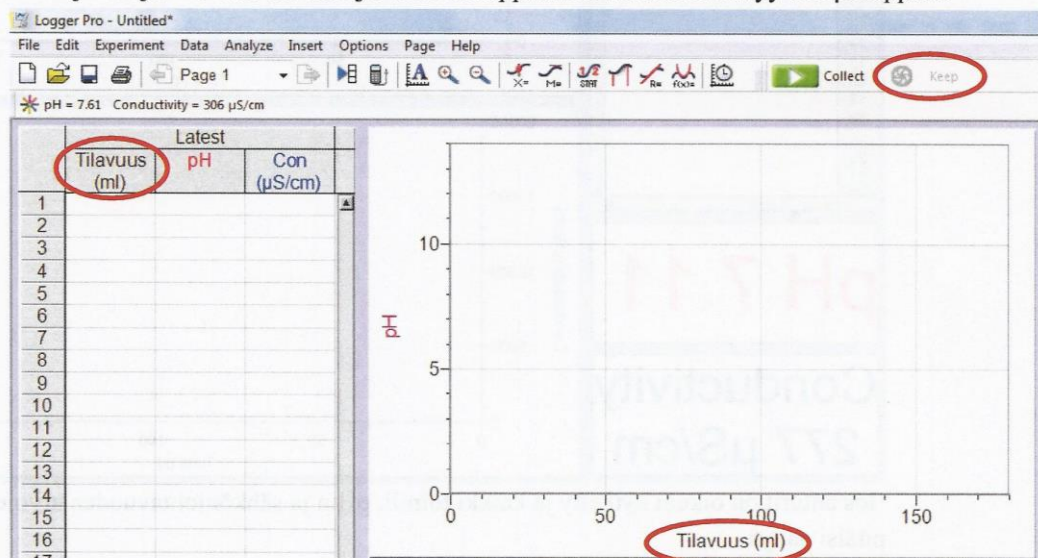
Jos anturit on oikein kytketty ja kaikki toimii, pH:n ja sähkönjohtavuuden arvojen pitäisi näkyä.

## Mittausasetusten muuttaminen

5. Valitse ylävalikosta Experiment ja edelleen Data Collection, jolloin avautuu seuraava ikkuna:

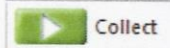


Valitse Mode-valikosta Events With Entry ja syötä käsin mitattavan suureen eli tilavuuden tiedot (Column Name, Short Name ja Units). Hyväksy muutokset painamalla Done. Ohjelman päänäkymän pitäisi muuttua nyt siten, että taulukossa ja kuvaajissa ajan korvaa tilavuus ja Collect-näppäimen viereen ilmestyy Keep-näppäin.



### Mittausten suorittaminen

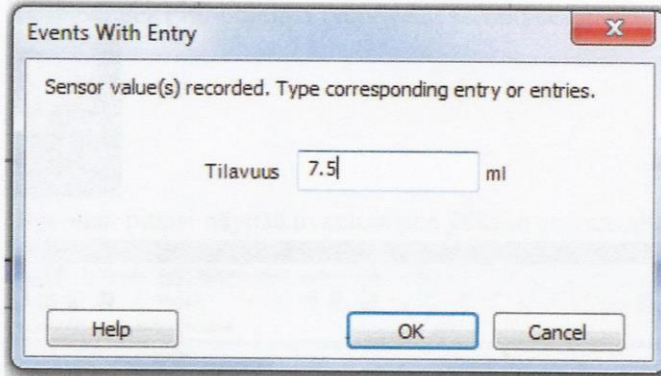
6. Kun olet valmis aloittamaan mittaukset, paina Collect-näppäintä.



7. Saat mitattua pH:n ja sähkönjohtavuuden tietyssä tilavuudessa seuraavasti: Paina Keep-näppäintä:



Avautuu ikkuna:



Lue tilavuus byretin asteikolta ja syötä se sille varattuun kenttään ja hyväksy painamalla OK. Huomaa, että desimaalierotin on Logger Prossa piste. Ohjelma kirjaa mittapisteet taulukkoon ja merkitsee ne kuvaajille.

8. Toista edellinen kohta niin monta kertaa, että olet saanut riittävästi mittapisteitä titrauskäyräsi varten. Jotta kuvaaja täyttää mittauksen aikana koko sille varatun tilan, kannattaa valita automaattinen skaalaus:



9. Kun olet saanut mittaukset valmiiksi, pysäytä mittaukset painamalla Stop.



## Liite 4: Työn suorituksen kuvaus arviointikriteerien täydennykseksi (4 sivua)

### Työsuorituksen kuvaus vaiheittain

Seuraavassa on kuvattu työn eri arviointivaiheisiin liittyviä huomioita, jotka täydentävät arviointikriteerien käyttöä. Seuraavia kuvauksia voi hyödyntää arvioitaessa, täyttääkö oppilaan suoritus eri vaiheissa arviointikriteerit täysin (2 p.), osittain (1 p.) vai ei lainkaan (0 p.). Työturvallisuuden osalta erotellaan vain asianmukainen (1 p.) ja puutteellinen toiminta (0 p.).

### Työn suunnittelu

1. Laitteiston kuvaus: Selvitetty, millaisella laitteistolla ja koejärjestelyllä mittaukset on tarkoitus suorittaa. Pitäisi huomioida analyytin astia, magneettisekoitin, statiiviin kiinnitetyt anturit ja byretti sekä anturien kytkennät.
2. Käytettävä analyytin määrä: Analyytin sopiva määrä on suunniteltu. Analyyttiä on oltava pienempi ainemäärä kuin titranttia. Noin 10 ml on hyväksi havaittu määrä. Tätä liuosta pitää laimentaa tislattulla vedellä siten, että anturit ylettyvät liuokseen.
3. Käytettävä titrantin määrä: Titranttia on suunniteltu järkevä määrä. Tässä kannattaa hyödyntää koko byretin tilavuutta. Mittausten kannalta käytettävän titrantin määränä esim. 15...25 ml on sopiva. Tilavuuden olisi hyvä olla sellainen, että ekvivalenttipiste osuu kuvaajan keskivaiheille.
4. Mittapisteiden suunnittelu: Suunniteltu, kuinka tiheästi ja mihin tilavuuteen asti otetaan mittapisteitä. Sopiva mittaustaajuus on n. 1 ml välein, mutta ekvivalenttikohdan lähellä tiheämpi mittaussväli siistii kuvaajaa. Mittapisteitä on suunniteltu riittävästi myös ekvivalenttipisteen jälkeen.

### Työturvallisuus

5. Rauhallinen liikkuminen ja työskentely: Työskentely on huolellista ja kiireetöntä. Liikkuminen on rauhallista.
6. Suojavälineiden käyttö: Suojalasit ja työtakki ovat käytössä koko kokeellisen osuuden ajan.

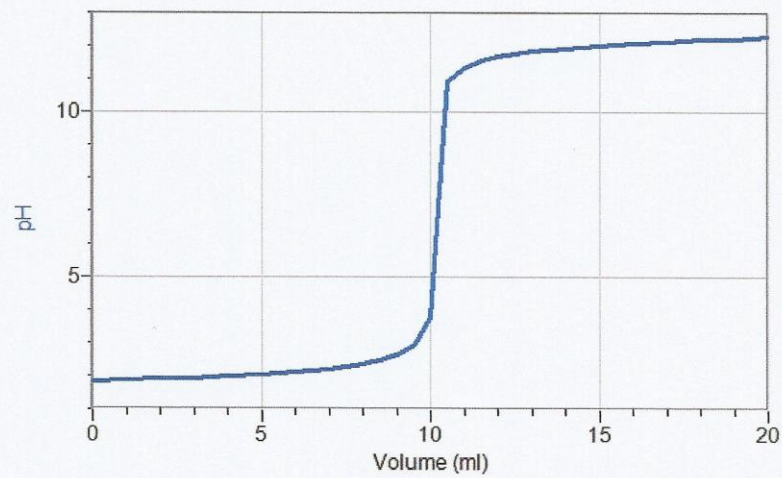
### Laitteiston kokoaminen

7. Antureiden valmistelu: Anturit yltävät liuokseen asti ja ovat tukevasti kiinnitetty esimerkiksi statiiviin. Anturit on asetettu siten, että magneettisekoitus onnistuu, toisin sanoen magneettirae mahtuu pyörimään anturien alla niihin osumatta.
8. Byretin valmistelu: Byretti on sijoitettu laitteistoon siten, että siitä valutettava titrantti osuu titrausastiaan. Byretissä ei ole ilmakuplia ja nestepinta on asetettu oikein suunnitelman mukaiseen tilavuuteen.
9. Kytkennät ja ohjelman valmistelu: Anturit on kiinnitetty LabQuest mini -yksikköön ja yksikkö tietokoneeseen. Logger Pro -ohjelma on avattu ja tarvittavat muutokset asetuksiin on tehty.

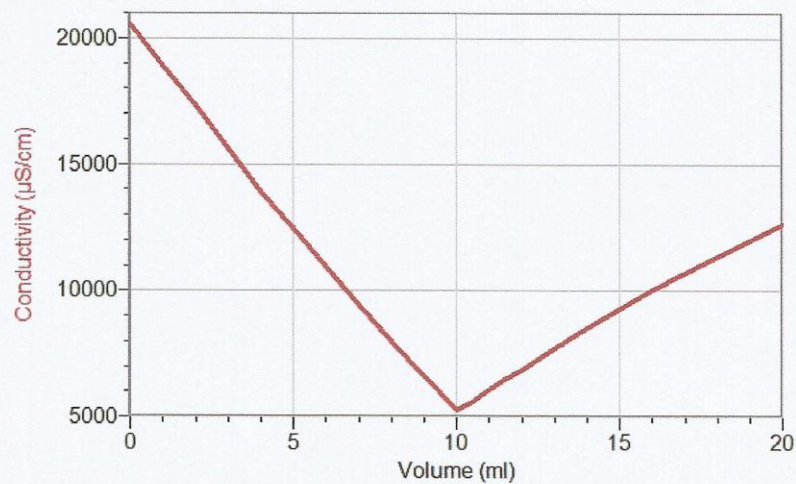
### Mittaukset

10. Työskentelyn varmuus: Opiskelijan odotetaan suoriutuvan työn suorituksesta pääasiassa itsenäisesti. Hyvässä suorituksessa opiskelija tarvitsee vain vähän ohjausta, mutta kysyminen ei laske automaattisesti pisteitä.

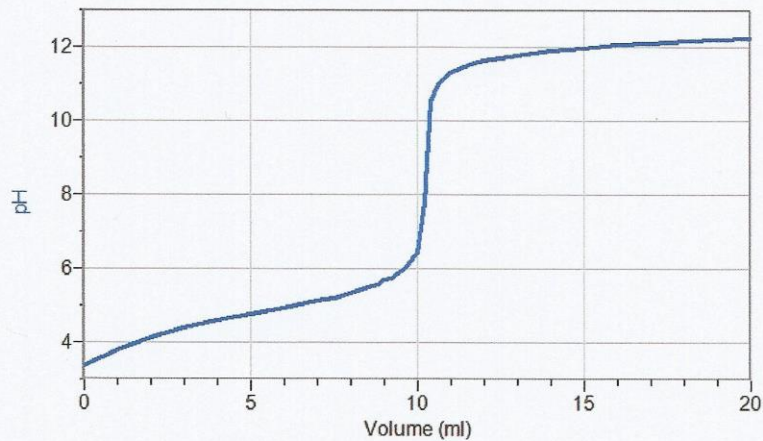
11. Mittaustulokset: Mittaustuloksina saadun titrauskäyrän tulisi olla ulkomuodoltaan siisti. Kuvaajassa ei esimerkiksi näy pisteiden selviä poikkeamia käyrän perusmuodosta. Esimerkki tuloksena saatavista kuvaajista on esitetty kuvissa 1–4.



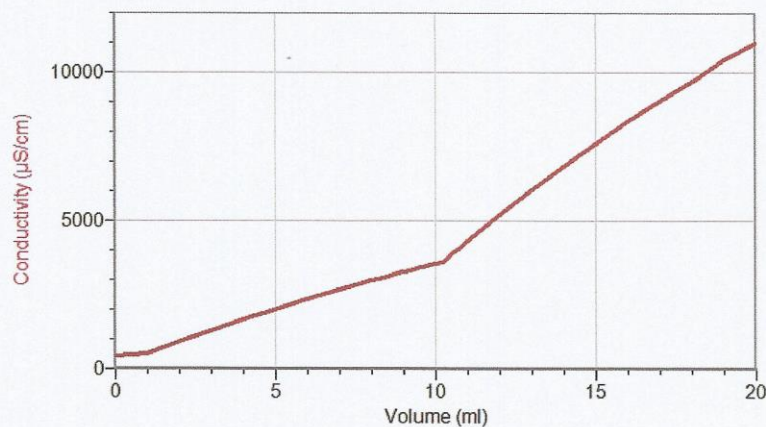
**Kuva 1.** pH-kuvaaja vahvan hapon titrauksesta



**Kuva 2.** Sähkönjohtavuuskuvaaja vahvan hapon titrauksesta



Kuva 3. pH-kuvaaja heikon hapon titrauksesta



Kuva 4. Sähkönjohtavuuskuvaaja heikon hapon titrauksesta

#### Tulosten käsittely

12. Ekvivalenttikohdan tunnistaminen kuvaajilta: Tunnistettu ekvivalenttikohta kummaltakin kuvaajalta ja selitetty, että pH-käyrällä havaitaan ekvivalenttikohdassa voimakas pH:n kasvu ja että sähkönjohtavuuskuvaajalla havaitaan sähkönjohtavuuden minimi (kärki).
13. Ekvivalenttikohdan pH ja sähkönjohtavuus: Kysytyt suureet luettu oikein kuvaajilta.
14. Teoreettinen ekvivalenttikohta ja virhetarkastelu: Laskettu teoreettinen ekvivalenttikohta. Titrausreaktion yhtälön  $\text{HA}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaA}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  mukaan  $n(\text{HA}) = n(\text{NaOH})$  ja edelleen  $c(\text{HA})V(\text{HA}) = c(\text{NaOH})V(\text{NaOH})$ . Koska  $c(\text{HCl}) = c(\text{NaOH}) = 0,20 \text{ M}$ , myös  $V(\text{HA}) = V(\text{NaOH})$ . Siis teoreettinen ekvivalenttikohta on sama tilavuus, kuin  $0,20 \text{ M}$  HA-liuosta mitattiin titrausastiaan. Todennäköisesti mittaustulos eroaa hieman lasketusta tilavuudesta. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että liuosten pitoisuudet eivät ole aivan tarkkoja. Myös mittavälineisiin ja tilavuuden arvojen lukemiseen liittyy virhettä.

15. Kuvaajan muodon kuvaileminen ja selitys: Tätä tehtävää varten opettaja antaa valmiit mittaustulokset, siitä titrauksesta, jota oppilas ei ole tehnyt.
- a) Vahva happo: Vahvan hapon tapauksessa liuoksen sähkönjohtavuus laskee lineaarisesti ekvivalenttikohtaan asti, minkä jälkeen sähkönjohtavuus kasvaa lineaarisesti. Ekvivalenttipisteeseen asti lisätystä natriumhydroksidista peräisin olevat hydroksidi-ionit neutraloivat oksoniumionit, jolloin ionien kokonaiskonsentraatio liuoksessa vähenee. Ekvivalenttipisteen jälkeen natriumhydroksidin hydroksidi-ionit eivät enää kulu neutraloitumiseen, vaan ne lisäävät liuoksen ionien määrää, jolloin myös liuoksen sähkönjohtavuus kasvaa.
- b) Heikko happo: Heikon hapon tapauksessa sähkönjohtavuus nousee ekvivalenttipisteeseen asti loivasti ja ekvivalenttipisteen jälkeen jyrkemmin. Eroina vahvaan happoon alun pienempi sähkönjohtavuus ja kuvaajan kasvavuus ennen ekvivalenttipistettä. Koska kyseessä on heikko happo, aluksi liuoksessa ei ole juurikaan ioneja. Neutraloitumisreaktion seurauksen liuokseen muodostuu asetaatti-ioneja, mikä aiheuttaa sähkönjohtavuuden kasvun alusta asti.