

KEMIAN LAITOS  
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

**Oppimateriaalit ja monilukutaito  
kemian oppimisen tukemisessa**

Pro gradu -tutkielma  
Jyväskylän yliopisto  
Kemian laitos  
14.4.2022  
Laura Laato



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

## TIIVISTELMÄ

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin oppimateriaaleja ja monilukutaitoa kemian oppimisen tukemisessa sekä selvitettiin kemian opettajien käytännön kokemuksia aiheesta. Teoriaosassa kokonaiskuvaa muodostettiin tarkastelemalla ensin oppimateriaalien ja monilukutaidon määritelmiä ja luokittelua. Erilaisia oppimateriaaleja hyödyntävälle monilukutaidolle muotoiltiin kokonaisuksi. Tässä monilukutaidon kehyksessä tarkastelua syvennettiin edelleen kemian lukutaitoon, josta tarkasteltiin erityisesti kemian tiedon luonnetta sekä erilaisia esitystapoja, menetelmiä ja välineitä, joiden avulla kemian monilukutaitoista oppimista voidaan oppimateriaaleilla tukea.

Oppimateriaalit määriteltiin erilaisten sisältöjen, välineiden ja pedagogisten menetelmien muodostamana kokonaisuutena, painottaen oppimisprosessin eri vaiheiden huomioimista. Monilukutaito puolestaan määriteltiin yksilöllisenä ja yhteisöllisenä taitona tarkastella erilaisia ilmiöitä asiaankuuluvilla menetelmillä, erilaisia esitystapoja ja välineitä hyödyntäen sekä erilaisissa tilanne- ja kulttuurisidonnaisissa konteksteissa. Kemian oppimisen tukemisessa tässä tutkielmassa tarkasteltiin laajimmin erityisesti kemian tiedon luonnetta ja menetelmistä päättelyä, representaatioista verbaalisia, visuaalisia ja symbolisia tekijöitä sekä välineistä digitaalisia tekijöitä.

Tutkimusosassa selvitettiin kyselytutkimuksena kemian opettajien käytännön kokemuksia oppimateriaalien monilukutaitoisesta hyödyntämisestä kemian oppimisen tukemisessa. Tutkimukseen vastasi seitsemän kemian aineenopettajaa. Kvantitatiivisesti selvitettiin, kuinka usein oppitunneilla hyödynnetään erilaisia kemian esitystapoja. Kvalitatiivisesti selvitettiin lisäksi, millaiset esitystavat ovat opettajien näkemysten mukaan oppijoille helppoja ja mitkä vaikeita tulkita ja tuottaa. Lisäksi kartoitettiin opettajien tapoja tukea oppijoita oppimateriaalien tulkitsemisessa ja tuottamisessa sekä oppimateriaaleihin ja monilukutaitoon liittyviä tarpeita kemian oppimisen tukemiseksi.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kemian opettajat tukevat oppijoiden monilukutaitoista kemian oppimista hyödyntämällä monipuolisesti oppimateriaalien erilaisia esitystapoja ja ovat avoimia hyödyntämään niitä vielä monipuolisemmin. Erityisesti visuaalisten oppimateriaalien ja eriyttävien oppimateriaalien tarve nousi esiin. Oppimisen tukemisessa opettajat hyödynsivät useita eri tapoja.

## ESIPUHE

Tämä tutkielmaprojekti toteutettiin Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen opettajankoulutuksessa matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan myöntämällä lisäajalla – kiitos opiskelijalähtöisyydestä sekä monipuolisesta opetuksesta opintojen eri vaiheissa.

Yliopistonopettaja, FT, KM Jouni Välisaari toimi tämän tutkielman ohjaajana – suuri kiitos kärsivällisestä ohjauksesta, ideoista, kannustavasta palautteesta ja viisaista neuvoista koko projektin aikana ja sen eteenpäin viemiseksi. Professori Jan Lundellia kiitän teoriaosan näkökulmia avartavasta palautteesta ja kirjallisuusvinkeistä, sekä kemian oppimista käsittelevien kokoomateosten lainaamisesta sopivien lähteiden löytämiseksi – kiitos myös eteenpäin auttavista kysymyksistä. Tutkimusosan tutkimukseen vastanneille opettajille kiitokset antamastanne ajasta ja vastauksista, jotka osaltaan motivoivat jatkamaan eteenpäin.

Suuri kiitoksen aihe on myös kaikki se tuki, jota olen läheisiltäni saanut tutkielman tekemisen taustalla – kiitos sitkeästä taustatuesta, kannustuksesta ja kärsivällisyydestä kaikissa vaiheissa. Erityisesti tahdon kiittää vanhempiani. Kiitos, kun kerta toisensa jälkeen olen saanut teiltä arvokkaan esimerkin siitä, mitä on kärsivällisyys hyvän odottamisessa ja sen eteen työskentelyssä. Sitä esimerkkiä opetellen olen saanut tutkielmani viimein tähän vaiheeseen. Paljon on vielä opittavaa, mutta tästä on nyt hyvä jatkaa eteenpäin.

Kiittäen,

*Laura*

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	i
ESIPUHE .....	ii
SISÄLLYSLUETTELO .....	iii

## TEOREETTISIA LÄHTÖKOHTIA 1

1 JOHDANTO .....	2
2 OPPIMATERIAALIN MÄÄRITELMIÄ JA LUOKITTELUA .....	4
2.1. Oppimateriaalin määritelmiä tutkimuskirjallisuudessa .....	4
2.2. Oppimateriaalien valikoima ja luokittelua .....	6
2.3. Oppimateriaalin määritelmä ja luokittelu tässä tutkielmassa .....	12
3 MONILUKUTAIDON MÄÄRITELMIÄ, LUOKITTELUA JA KÄYTÄNTÖJÄ .....	13
3.1. Monilukutaidon määritelmiä ja luokittelua .....	14
3.2. Monilukutaidon pedagoginen malli .....	18
3.3. Monilukutaito opetuksen ja sen järjestämisen näkökulmasta .....	21
3.4. Monilukutaidon määritelmä, luokittelu ja tarkastelu tässä tutkielmassa .....	22
4 OPPIMATERIAALIT JA MONILUKUTAITO KEMIAN OPPIMISEN TUKEMISESSA	23
4.1. Kemian lukutaito monilukutaidon kehyksessä .....	23
4.2. Kemian tiedon luonne .....	25
4.3. Kemian oppimateriaalit ja oppija: monilukutaitoista kemian oppimisen tukemista .....	28
4.3.1. Kemian ajatteluprosessien oppimista tukevia tekijöitä oppimateriaaleissa .....	28
4.3.1.1. Kemian tiedon rakentaminen kemian ydinideoista .....	28
4.3.1.2. Kemian teoreettiset käytännöt päättelyyn perustuen .....	29
4.3.1.3. Kemian kokeelliset käytännöt .....	31
4.3.2. Kemian esitystapojen oppimista tukevia tekijöitä oppimateriaaleissa .....	32
4.3.2.1. Verbaaliset esitystavat .....	33
4.3.2.2. Visuaaliset esitystavat .....	37
4.3.2.3. Symboliset esitystavat .....	40
4.3.2.4. Matemaattiset esitystavat .....	41
4.3.2.5. Konkreettiset materiaaliset esitystavat .....	41
4.3.2.6. Esitystapojen yhdistelmät .....	42
4.3.3. Kemian välineellisiä oppimista tukevia tekijöitä materiaaleissa .....	43

4.3.3.1. Digitaalisuus ja oppimisen tukeminen oppimateriaaleissa .....	43
4.3.3.2. Digitaalisuus ja oppimisen tukeminen kemian oppimateriaaleissa.....	46
4.4. Kemian oppimateriaalit ja opettaja: kemian opetusta tukevia tekijöitä materiaaleissa..	46
4.4.1. Kemian opettajien käyttämiä valintaperusteita eri oppimateriaaleille .....	47
4.4.2. Kemian opettajien tapoja hyödyntää oppimateriaaleja oppimisen tukemiseen ..	49
4.5. Opetussuunnitelmien näkökulma kemian oppimateriaaleihin ja monilukutaitoon .....	50
<b>TUTKIMUS MONILUKUTAITOISESTA OPPIMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMISESTÄ KEMIAN OPETTAJIEN NÄKÖKULMASTA</b>	<b>52</b>
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	53
6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	54
6.1. Tutkimusmenetelmät.....	54
6.1.1. Tutkimusaineiston hankintamenetelmä .....	54
6.1.2. Tutkimusaineiston analyysimenetelmät.....	55
6.2. Tutkimusaineisto.....	56
7 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYYSI .....	57
7.1. Tutkimuksen tulokset analysoituna.....	57
7.1.1. Vastaajien taustatiedot .....	57
7.1.2. Oppimateriaalien erilaisten esitystapojen hyödyntäminen kemian opetuksessa. 57	
7.1.2.1. Esitystapojen hyödyntämisen yleisyys kemian oppitunneilla – kvantitatiiviset tulokset ja niiden analyysia .....	58
7.1.2.2. Esitystapojen hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä – kvalitatiivisia tuloksia ja niiden analyysia.....	64
7.1.3. Oppimateriaalien monilukutaitoinen hyödyntäminen kemian oppimisen tukemisessa – kvalitatiivisia tuloksia ja niiden analyysia .....	67
7.1.3.1. Opettajien havainnot oppijoiden oppimisesta eri esitystapoja hyödynnettäessä.....	67
7.1.3.2. Opettajien tavat tukea oppijoiden oppimista eri oppimateriaaleja hyödynnettäessä.....	74
7.2. Tutkimustuloksien yhteenveto .....	78
<b>TEORIAOSAN JA TUTKIMUSOSAN SOVELTAMINEN</b>	<b>79</b>
8 YHTEENVETO.....	80
8.1. Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus .....	80
8.2. Vastaukset tutkimuskysymyksiin.....	83

8.3. Pohdinta .....	85
8.4. Jatkotutkimusaiheita.....	88
9 KIRJALLISUUS.....	91

## LIITTEET

## **TEOREETTISIA LÄHTÖKOHTIA**

# 1 JOHDANTO

Oppimisen yksi merkittävimmistä vaikuttavista tekijöistä on tämän tutkielman kirjoittajalla aina ollut oppimateriaalit. Ne ovat parhaimmillaan olleet kiinnostuksen ja motivaation käynnistäjiä, milloin millekin oppimisprosessille sekä tarpeellisia välineitä oppimisprosessien etenemisen aikana, mutta myös apuvälineitä silloin, kun oppimisessa on ollut haasteita ja eteneminen vaikeaa. Ne ovat tarjonneet tapoja jäsentää ja hahmottaa kokonaisuuksia sekä asioiden välisiä merkityssuhteita, ja samalla myös tutustuttaneet mielenkiintoisiin yksityiskohtiin. Ne ovat perehdyttäneet perusasioihin ja auttaneet niiden kertaamista ja mieleen painamista. Loogisuudellaan, sidosteisuudellaan ja tietosisällöillään ne ovat edelleen auttaneet syventämään ymmärrystä monista ihmeellisistä asioista. Taitavasti koottu sisältö, kuvitus ja tehtävät, sekä onnistunut taitto ja väriyty ovat tuoneet oppimiseen iloa ja saattaneet yllättäen innostaa aivan uudella tavalla asioiden pariin. Lisäksi ne ovat jättäneet uteliaisuuden myös niille asioille, joita oppimateriaaleihin ei ole sisällytetty tai joita ei vielä ehkä edes tiedetä.

Toki joskus on käynyt myös niin, että oppimateriaali ei olekaan tarjonnut sitä, mitä oppimiseen ja asioiden ymmärtämiseen olisi tarvinnut. Näin on voinut käydä esimerkiksi silloin, kun kokonaisuuden rakenne ei ole hahmottunut oppimateriaalista, kun oppimateriaalin kieli on vaihtunut äidinkielestä vieraaseen kieleen, tai silloinkin kun omalla äidinkielellä ilmaistujen käsitteiden merkitys on jäänyt epäselväksi. Tällöin oppimisprosessin eteneminen on joko pysähtynyt kokonaan tai sitten hidastunut. Oppiminen on tämän jälkeen jatkunut, kun oppimateriaalin tapa esittää asioita on selvinnyt tai kun asiaan on löytynyt selvyys oppimisprosessin muilta osapuolilta, kuten opettajalta tai kanssaoppijoilta, tai oman tiedonhaun tuloksena.

Oppimateriaalit ovat toisaalta tarjonneet myös aikaa ymmärtää asioita, joita opetuksen kautta ei ole ehtinyt oppia, tai joihin opetustilanteessa on ollut vaikea keskittyä. Myös mahdollisuus tutustua oppimateriaaleihin hyvissä ajoin ennen opetusta on tarjonnut hyvän lähtökohdan opittavien asiasisältökokonaisuuksien hahmottamiselle. Tämä kokonaisuuksien hahmottamisen merkitys ja esittäminen on osoittautunut tärkeäksi erityisesti valmistautuessa oppijana opetustilanteisiin. Joskus kokonaisuuksien hahmottaminen materiaalista on ollut helpompaa, joskus vaikeampaa. Toisaalta kokonaisuuksien hahmottaminenkin on taito, jota on voinut matkan varrella harjoitella, ja oppia muilta.



Oppimateriaaleja koskeva käsitys kokonaiskuvasta on laajentunut matkan varrella, mutta tämä käsitys on perustunut pitkälti omakohtaisiin kokemuksiin oppijana. Aloittelevan opettajan rooliin siirtyminen johtaa etsimään kuitenkin myös kattavampia näkökulmia ja kysymyksiä oppimateriaaleihin liittyen. Mitä oppimateriaalit oikeastaan ovat? Millaisia erilaisia oppimateriaalivaihtoehtoja on olemassa ja miten jäsentää tätä kokonaisuutta? Mihin tekijöihin kiinnittää huomiota oppimateriaalien valintoja tehdessä, tai omaa materiaalia valmistaessa? Mitkä ovat oppimateriaalien hyviä ominaisuuksia oppijan oppimisen kannalta? Mitä tekijöitä tulisi huomioida oppimateriaalien hyödyntämisessä opetus- ja oppimisprosesseissa? Mihin asioihin kokeneemmat opettajat kiinnittävät huomiota? Miten koulussa käsitellään ilmiötä nimeltä oppimateriaalit? Miten ohjeistaa oppilaita oppimateriaalien ymmärtämisessä ja myös niiden tuottamisessa? Mihin tekijöihin kannattaisi kiinnittää huomiota oppimateriaaleja tarkasteltaessa? Millaisia opetus- ja oppimisprosessia tukevia ja huomioivia asioita toivottaisiin löytyvän oppimateriaalista? Nämä kysymykset olivat innoittajana tämän tutkielman teoriaosan kokoamiselle ja tutkimusosan tekemiselle.

Tällä pro gradu -tutkielmalla on kolme tavoitetta. Ensimmäinen tavoite on kartoittaa tutkimuskirjallisuuden pohjalta teoreettista taustamateriaalia oppimateriaaleista ja niiden osallisuudesta opetus- ja oppimisprosesseissa ensin yleisesti ja sitten erityisesti kemian oppimisen ja opetuksen näkökulmasta. Toinen tavoite on selvittää tutkielman tutkimusosassa sitä, mitä kokemuksia ja näkökulmia suomalaisilla kemian opettajilla on oppimateriaalien hyödyntämisestä kemian opetuksessa, ja mitä tarpeita heillä on oppimateriaaleihin liittyen. Kolmas tavoite on koota yhteen näkökulmia siitä, miten teoriaosan tutkimuskirjallisuuden ja tutkimusosan tutkimustuloksia voisi soveltaa arjessa opetustyön valmisteluun, käytäntöön sekä kemian opetuksen kehittämiseen.

## 2 OPPIMATERIAALIN MÄÄRITELMIÄ JA LUOKITTELUA

Tässä luvussa tarkastellaan aluksi oppimateriaalien erilaisia määritelmiä ja niiden luokittelua. Lopuksi muotoillaan määritelmä oppimateriaaleille tutkielman teoriaosan ja tutkimusosan tarkastelua varten.

### 2.1. Oppimateriaalin määritelmiä tutkimuskirjallisuudessa

Mitä oppimateriaalit oikeastaan ovat? Tähän johdannossa esitettyyn kysymykseen löytyy näkökulmia tutkimuskirjallisuudesta. Oppimateriaalin perinteisin määritelmä suomalaisessa tutkimuskirjallisuudessa on Hirsjärven (1978) määritelmä:

**Määritelmä 1:** *”Oppimateriaaleja ovat kaikki ne materiaalit, jotka välittävät oppilaille niitä tietoja, taitoja ja asenteita, jotka normatiivisessa suunnittelussa on asetettu koulutuksen tavoitteiksi”* (Hirsjärvi, 1978).

Tämän määritelmän mukaan koulutukselle annetaan esimerkiksi opetus- tai tuntisuunnitelmassa tavoitteita tietojen, taitojen ja asenteiden suhteen, ja oppimateriaalit välittävät näitä oppilaille. Määritelmässä oppimateriaali vaikuttaa olevan ikään kuin toimija, joka aktiivisesti ”tekee” eli välittää oppilaille tavoitteiksi asetettua oppiainesta. Näin tarkasteltuna määritelmän näkökulma voi johtaa mielikuvaan tiedon kaatamisesta oppijan päähän sekä oppimateriaalikeskeisyydestä opetus- ja oppimisprosessissa.

Vainionpään (2006) määritelmässä puolestaan huomioidaan tietoyhteiskunnan kehityksen vaikutus oppimateriaalikäsitteen laajenemiseen seuraavasti:

**Määritelmä 2:** *”Oppimateriaaliksi voidaankin käsittää kaikki se informaatio, jota oppija käyttää oppimisprosessin aikana. Informaatio voi olla jollakin välineellä tuotettua tai väline itse voi olla oppimista edistävä informaation lähde.”* *”Informaatio tarkoittaa tässä yhteydessä tietoa, tiedottamista ja tiedotustoimintaa”* (Vainionpää, 2006, s. 81).

Tässä määritelmässä oppijan rooli oppimateriaalien käyttäjänä oppimisprosessissa korostuu: oppija on toimija, joka käyttää oppimateriaalia oppimisprosessinsa aikana. Näkökulma on painottunut oppijan oppimisprosessiin ja siinä käytettyyn informaatioon.

Bundsgaard & Hansen (2011) kytkevät oppimateriaalit oppijaa varten valmistettuun oppimissuunnitelmaan (*design for learning*). Näiden käsitteiden määritelmät on tässä tutkielmassa yhdistetty seuraavaksi kaksiosaiseksi määritelmäksi:

**Määritelmä 3:** *a) Oppimissuunnitelma on kokoelma oppimateriaaleja (artifacts which can be called learning materials), jotka jonkun järjestämänä (jossakin tilassa) ja ilmi tuomana (jossakin ajassa) tähtäävät oppijan oppimisen alkamiseen ja tukemiseen.*

*b) Oppimateriaalit (learning materials) ovat siis materiaaleja ja välineitä, joita käytetään oppimissuunnitelmaan yhdistettynä, ja tällöin*

- *kontekstuaalinen oppimissuunnitelma itsessään voi määrittää materiaalien käytön, tai*
- *luontainen oppimissuunnitelma voi olla valmiiksi koodattuna materiaaliin sisälle, tai*
- *oppimissuunnitelmaan voi olla yhdistettynä kummankin edeltävän vaihtoehdon materiaaleja (Bundsgaard & Hansen, 2011, s. 34),*

Tässä määritelmässä on esillä sekä oppimisen suunnittelijan että oppijan rooli oppimateriaalin käyttäjänä opetus- ja oppimisprosessissa. Oppimisen suunnittelija, esimerkiksi opettaja (tai mahdollisesti oppija itse), yhdistää oppimissuunnitelmaan niitä materiaaleja, joiden käytön arvioi edistävän oppijan oppimisen alkamista ja tukemista. Tämän määritelmän näkökulma vaikuttaa olevan suunnittelun kannalta opettajakeskeinen, mutta samalla oppimiseen tähdätessään myös oppijakeskeinen. Opetus- ja oppimisprosessi on huomioitu kokonaisuutena.

Yksinkertaistetumpi ja tiivistetympi versio edellisestä määritelmästä on Hansenin ja Gisselin (2017) määritelmä:

**Määritelmä 4:** *”Oppimateriaaleja ovat kaikki materiaalit ja välineet, joita käytetään apuna, kun tavoitteena on oppiminen opetuksellisessa kontekstissa (educational context)” (Hansen & Gissel, 2017).*

## 2.2. Oppimateriaalien valikoima ja luokittelua

Millaisia erilaisia oppimateriaalivaihtoehtoja sitten on olemassa ja miten jäsentää ja luokitella tätä kokonaisuutta? Tätä johdannossa esitettyä kysymystä selvitetään tässä luvussa. Ensin tarkastellaan erilaisia termejä, joita oppimateriaaleista voidaan käyttää edellä esitettyjen määritelmien pohjalta. Tämän jälkeen siirrytään luokittelemaan oppimateriaaleja, ja samalla luetellaan esimerkkejä erilaisista oppimateriaalivaihtoehdoista.

Edellä esitettyjen oppimateriaalin määritelmien nojalla oppimateriaalit voidaan nähdä laajana joukkona erilaisia kokonaisuuksia. Oppimateriaaleja (*learning materials*) ovat niin opetusmateriaalit (*teaching materials*), ohjausmateriaalit (*instructional materials*), kurssimateriaalit (*curriculum materials, course materials*), rajatut oppimisaihiot (*learning objects*), kuin myös koko joukko muita erilaisia oppimistarkoitukseen tehtyjä oppimateriaaleja, kuten opetusvälineet (*educational media*), oppimisen ja opiskelun resurssit (*learning resources, study resources*), oppimistuotokset (*learning artifacts*), oppimisen ja opettamisen apuvälineet (*teaching and learning aids*). Oppimateriaaleja ovat edellä esitettyjen määritelmien nojalla lisäksi myös ne materiaalit ja välineet, joita ei ole valmistettu varsinaisesti oppimistarkoitukseen, mutta joita käytetään oppimisprosessin aikana tai joiden käyttö on perusteltua oppimista varten valmistetun suunnitelman pohjalta (Bundsgaard & Hansen, 2011).

Määritellessään erilaisia oppimateriaalityyppejä (*types of learning materials*), Bundsgaard & Hansen (2011) luokittelevat oppimateriaaleja seuraavasti:

- ***Funktionaaliset oppimateriaalit eli välineet*** (functional learning materials, tools), joille on ominaista oppimisen ja opettamisen helpottaminen jollakin välineellä, kuten liitu- ja valkotaluilla, tietokonesovelluksilla, projektoreilla ja kännyköillä.
- ***Semanttiset oppimateriaalit eli aineistot/tekstit*** (semantic learning materials, texts), joille on ominaista niiden sisältämä merkitys merkein tai semanttisin viittauksin ilmaistuna, ja tällaisia ovat esimerkiksi filmit, kirjallisuus (literature), kaaviot, kuvat, maalaukset ja muut tekstit ja materiaalit, jotka viittaavat tietyn erityisalan sisältöön.
- ***Didaktisoidut oppimateriaalit*** ("didacticized" learning materials), joille

on ominaista välineiden ja aineistojen yhdistely sekä oppimisen ja opettamisen helpottaminen, ja tällaisia oppimateriaaleja ovat esimerkiksi oppikirjat, verkko-opetusmateriaalit ja oppimispelit. (Bundsgaard & Hansen, 2011, s. 33)

### ***Funktionaaliset oppimateriaalit eli välineet***

Funktionaalisia oppimateriaaleja eli välineitä voidaan luokitella Ellington & Racen (1993) tapaan niiden teknologisen kehitysasteen perusteella printattuihin ja kopioituihin materiaaleihin, visuaalisiin materiaaleihin, auditiivisiin materiaaleihin, audiovisuaalisiin materiaaleihin, ja tähän joukkoon voitaisiin nykyään lisätä myös monimediaiset, digitaaliset materiaalit. Taulukkoon 1 on koottu yhteen tätä jaottelua. Yhdistelemällä näitä oppimateriaaliluokkia eri tavoin keskenään saadaan tehtyä välineellistä luokittelua, esimerkkeinä jako digitaalisiin oppimateriaaleihin ja muihin oppimateriaaleihin, tai jako painettuihin oppikirjoihin ja digitaalisiin oppikirjoihin.

**Taulukko 1.** Erilaisia tietovälitteisiä oppimateriaaleja soveltaen Ellingtonin ja Racen, (1993) ryhmittelyä.

Tietovälitteisiä oppimateriaaleja	<i>Functional Learning Materials</i>
Printti- ja kopiointivälitteiset materiaalit (alustana esim. paperi, liitu- tai valkotaulu)	<i>Printed and Duplicated Materials</i>
Visuaalivälitteiset materiaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>• esitettyä ilman teknologista projektoria (erilaiset välineet, esineet, pelit ja aineet)</li> <li>• esitettyä teknologisen projektorin avulla (alustana esim. videotykki, piirtoheitin, dokumenttikamera)</li> </ul>	<i>Visual Materials</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Non-Projected Display Materials</i></li> <li>• <i>Still Projected Display Materials</i></li> </ul>
Auditiivisvälitteiset materiaalit (alustana äänentoistovälineet)	<i>Audio Material</i>
Audiovisuaalivälitteiset materiaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditiiviset materiaalit yhdistettynä still-kuviin</li> <li>• Videomateriaalit</li> </ul>	<i>Audiovisual Materials</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Linked Audio and Still Visual Materials</i></li> <li>• <i>Video Materials</i></li> </ul>
Digivälitteiset materiaalit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietokonevälitteiset materiaalit</li> <li>• Älylaittevälitteiset materiaalit (alustana älytaulut, tabletit, kännykät)</li> <li>• Oppimisaihiot (alustana esim. jokin virtuaalinen ympäristö)</li> </ul>	<i>Digital Materials</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Computer-Mediated Materials</i></li> </ul>

### ***Semanttiset oppimateriaalit eli aineistot***

Semanttisia oppimateriaaleja eli aineistoja tai tietosisältöjä voitaisiin puolestaan luokitella esimerkiksi nimensä mukaisesti niiden merkitysmuodon perusteella. Taulukkoon 2 on koottu eräitä esimerkkejä semanttisista oppimateriaaleista.

**Taulukko 2.** Erilaisia semanttisia oppimateriaaleja.

Semanttisia oppimateriaaleja	Semantic Learning Materials
Tekstiaineistot (kirjallisuus, kirjat, lehdet...)	<i>Texts</i> ( <i>Literature, Books, Magazines...</i> )
Kuvallinen aineisto (kaaviot, kuvat, maalaukset...)	<i>Visualizations</i> ( <i>Charts, Pictures, Paintings...</i> )
Auditiivinen aineisto (äänitteet)	<i>Audio</i> ( <i>Recordings</i> )
Filmatisoidut aineistot (elokuvat, dokumentit...)	<i>Films</i> ( <i>Movies, Documents...</i> )

### ***Didaktisoidut ja pedagogiset oppimateriaalit***

Didaktisoitujen (tai pedagogisten) oppimateriaalien joukkoa voitaisiin luokitella välineellisesti (funktionaalisesti) tai aineistomuotojen perusteella (semanttisesti), kuten edellä. Muitakin vaihtoehtoja löytyy. Määritellessään oppimateriaaleja (*artifacts*), Bundsgaard & Hansen (2011) luokittelevat oppimateriaalit tutkimuskirjallisuutta soveltaen myös seuraavasti:

- **Primääriset eli havainnoitavat oppimateriaalit** (*perceptual objects*):
  - a) fyysisesti havainnoitavat esineet, välineet ja teknologiat; b) fyysisesti havainnoitava ympäristön järjestely (*layout of the physical environment*); c) tekstien havainnoitava ulkoasu
- **Sekundääriset eli käsitteelliset oppimateriaalit** (*conceptual objects*):
  - a) säännöt (*rules*), kuten luonnonlait, valtion lait, moraaliset lait, tietokonealgoritmit; b) prosessit, kuten sosiaaliset algoritmit siitä mitä on tehtävä ensin, seuraavaksi ja sen jälkeen sosiaalisessa kontekstissa; c) mentaaliset ja sosiaaliset mallit, kuten maailmankuva, ideologia, auktoriteetit ja henkilökohtaiset suhteet
- **Tertiääriset eli kuvitteelliset oppimateriaalit** (*objects of the imagination*): fiktiiviset asiat, joihin voidaan viitata ikään kuin ne olisivat olemassa, esimerkiksi taiteesta ja fiktiosta löytyvät kuvitellut maailmat. (Bundsgaard & Hansen, 2011, s. 34)

Tämä luokittelu primäärisiin, sekundäärisiin ja tertiäärisiin oppimateriaaleihin syventää edelleen ymmärrystä oppimateriaaleista ja niiden luokittelusta. Näin sekundäärisen

määrittelyn pohjalta didaktisten ja pedagogisten oppimateriaalien joukkoa voidaan luokitella myös esimerkiksi oppimisprosessin eri vaiheiden avulla. Seuraavassa tarkastellaankin ensin oppimisprosessin keskeisimpiä piirteitä, ja tähän pohjautuen kuvataan sen jälkeen oppimisprosessin vaihteita.

Oppimisprosessia voidaan tarkastella esimerkiksi konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta, kuten Tynjälä (1999, s. 21–22, 27, 38–39, 57–61) teoksessaan ”Oppiminen tiedon rakentamisena – Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita”. Kansainväliseen tutkimuskirjallisuuteen pohjautuen Tynjälä tarkastelee oppimista kuvaavaa konstruktivismia laaja-alaisena ja monitahoisena tiedon rakentamisen eli konstruoinnin ilmiönä (s. 21–22, 27). Konstruktivismin eri suuntauksia voidaan luokitella kahteen päähaaraan riippuen siitä, onko tutkimuksien tarkastelunäkökulmana ollut yksilöllinen vai sosiaalinen tiedon rakentaminen (s. 38, 58). Yksilökonstruktivismin piiriin kuuluu Tynjälän esittelemän jaottelun mukaan moderni informaationprosessointiteoria (IP-teoria) ja kognitiivinen konstruktivismi, kun taas sosiaalisen konstruktivismin muotoja ovat sosiokonstruktionismi, sosiokulttuuriset lähestymistavat ja symbolinen interaktionismi (s. 38–39, 57). Tynjälä nostaa esiin eri tutkijoiden (Cobb; Salomon & Perkins; Bereiter) havainnot siitä, että jaottelusta huolimatta nämä päähaarat huomioivat implisiittisesti toisiaan ja ovat näin toisiaan täydentäviä (s. 59–60). Oppimisprosessin tapahtuminen nähdään siis *konstruktivismin kokonaisuudessa* niin oppijan aktiivisena tiedon rakentamisena yksilöllisellä tasolla, kuin myös sosiaalisena ja osallistuvana tiedon rakentamisena ryhmän tai yhteisön tasolla (s. 60). Uuden oppimisessa keskeisenä edellytyksenä on oppijan aiempien käsityksien tiedostaminen ja pohtiminen (s. 61).

Oppijan arkikäsitteissä eli aikaisemmissa tiedoissa ja käsityksissä voi kuitenkin olla puutteita ja väärinkäsityksiä. (Tynjälä, 1999, s. 75) Puutteita voi olla esimerkiksi yksittäisten käsitteiden tuntemisessa tai niiden merkityksen ymmärtämisessä, käsitteiden välisten suhteiden havaitsemisessa ja ymmärtämisessä, käsitteiden sijoittamisessa väärin ontologisiin kategorioihin, sekä käsityksien jäsentämisessä jonkun periaatteen mukaan. (Tynjälä, 1999, s. 77–84) Puutteet tai väärinkäsitykset käsiteltävästä asiasta voivat vaikuttaa siihen, ettei oppija pysty tekemään päätelmiä uudesta tiedosta, tai päätelmät ja tulkinnat voivat olla virheellisiä (Kaakinen & Hyönä, 2012, s. 547). Mikäli väärinkäsitykset pysyvät mallissa tieteellisen käsityksen rinnalla, muodostuu synteettinen malli ja mahdollisesti edelleen uusia väärinkäsityksiä (Tynjälä, 1999, s. 75).

Tynjälä (1999, s. 9–10, 75) esitteleekin Vosniadoun näkemyksen siitä, kuinka oppijan omiin kokemuksiin perustuva käsitys tarkasteltavasta ilmiöstä voi muovautua seuraavilla tavoilla uuden tiedon oppimisessa. (s. 9–10, 75) Jos oppijan arkikäsitteet ovat tieteellisen tiedon mukaisia, uusi tieteellinen tieto perusteluineen voi laajentaa, rikastaa ja monipuolistaa oppijan olemassa olevia käsitteellisten järjestelmien muodostamaa mallia. (s. 75) Jos taas oppijan käsitteet eivät ole tieteellisen tiedon mukaisia, eli ne ovat vaihtoehtoisia käsitteitä tai virhekäsitteitä, on oppijan käsitteiden muodostamaa mallia tarkistettava ja muovattava uudelleen tieteellisen tiedon avulla (s. 75). Tynjälä nostaa esiin, että monien tutkijoiden mukaan oppijan mieli voi tällöin joutua käymään läpi saman suuntaisia ”tieteellisiä vallankumouksia” kuin tiedeyhteisö on joutunut historian saatossa käymään samankaltaisten käsitteiden muuttamisessa uusien tarkistettujen tieteellisten tietojen mukaisiksi. (s. 10) Tämän jälkeen uusi tieteellinen tieto perusteluineen voi jälleen laajentaa, rikastaa ja monipuolistaa niin oppijan kuin tiedeyhteisönkin olemassa olevia käsitteitä.

Posnerin mukaillen Tynjälä (1999, 85) kuvaa seuraavat **vaiheet oppimisprosessille** käsitteellisten muutosten edistämiseksi: oppijan arkikäsitteiden aktivointi, tieteellisen tiedon esitleminen, tieteellisen tiedon vertaaminen oppijan arkikäsitteisiin, tieteellisen tiedon uskottavuuden perustelu ja tieteellisen tiedon hyödyllisyyden osoittaminen. Tässä oppimisprosessin vaiheiden kuvauksessa oppijan käsitteet ja tieteellisen tiedon käsitteet ovat siis jatkuvassa vuorovaikutuksessa toisiinsa ja käyvät ikään kuin vuoropuhelua keskenään: käsitteet ilmaistaan, käsitteiden yhteydet ja mahdolliset eroavaisuudet todetaan, käydään läpi käsitteiden perustelut ja uskottavuus ja osoitetaan uuden käsitteiden hyödyllisyys oppijan arjessa. Oppijan aktiivisuutta voidaan tukea koko oppimisprosessin ajan. Kun yhdistetään tämä Tynjälän (1999) esitlemä konstruktivismin oppimisvaiheiden kuvaus Bundsgaardin ja Hansenin (2011) esitlemään oppimateriaalin sekundääriseen määritelmään prosesseista, voidaan tässä tutkielmassa hahmotella pedagogisten oppimateriaalien tai oppimateriaaliosien luokittelua taulukon 3 mukaisesti.



**Taulukko 3.** Erilaisia oppimisprosessin vaiheisiin liittyviä oppimateriaaliosia.

Oppimisprosessin vaihe	Pedagogisoituja oppimateriaaliosia (oppimisprosessiin liittyvää tietoa ja menetelmiä hyödyntäviä oppimateriaaliosia)
<i>Oppijan käsitykset</i>	<i>Oppijan ennakkokäsityksien ja tietojen aktivointi, tiedostaminen ja ilmaiseminen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ennakkojäsentäjät (ajatuskartat, käsitepiirroksiset) (<i>advance organizers</i>) (Mikkilä, 1992, s. 107)</li> <li>• Käsitekartta tai miellekartta (Tynjälä, 1999, s. 88-89)</li> <li>• Ongelmanasettelumateriaalit (<i>problem sets</i>)</li> <li>• Opiskeluohjeet (oppimisstrategiat) (<i>study guides</i>)</li> <li>• Aktivoivat tekstit, tehtävät, lomakkeet (Tynjälä, 1999, s. 85–96)</li> </ul>
<i>Tieteellisen tiedon mukaiset käsitykset</i>	<i>Tieteellinen tieto ja sen käsityksien esittelemineen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiatiedon välittäminen</li> <li>• Tietosisällöt, oppikirjatekstit, opetustekstit käsitteiden ja teorioiden esittelemineen oppimista edistävällä tavalla (Tynjälä, 1999, s. 88–92; Mikkilä, 1992, s. 99–135)</li> </ul>
<i>Käsityksien (oppija ja tieteellinen tieto) vertaileminen</i>	<i>Käsityksien yhteneväisyyksien ja eroavaisuuksien toteaminen, pohtiminen ja reflektointi</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Käsitysten vierekkäin tarkastelun ja vertailun mahdollistaminen (-&gt; kognitiivinen konflikti) (Tynjälä, 1999, s. 85–86, 93, 125)</li> <li>• Taulukot ja lomakkeet (Tynjälä, 1999, s. 85–86)</li> <li>• Tietokonepohjaiset oppimisympäristöt (Tynjälä, 1999, s. 92–93)</li> <li>• Käsitteenmuutostekstit (<i>conceptual change texts, refutational texts</i>) (Tippett, 2010)</li> </ul>
<i>Käsityksien uskottavuuden perustelemineen</i>	<i>Argumentointi ja päättely</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Päättelyn, argumentoinnin, ongelmanratkaisun ja selityksen muodostamisen käytännöt (esim. Cooper &amp; Stowe, 2018, 6063–6064, 6068)</li> <li>• Analogiat (vertaaminen oppijalle tuttuun asiaan) (Tynjälä, 1999, s. 92)</li> <li>• Sosiaalinen vuorovaikutus kognitiivisen konfliktin ratkaisussa: oppija saa käyttöönsä enemmän ideoita ja ratkaisumahdollisuuksia kuin yksin, toisaalta kognitiivinen kuormitus vähenee tehtävän jakautuessa ryhmän kesken (Tynjälä, 1999, 94)</li> <li>• Tutkivan oppimisen lähestymistapa (Tynjälä, 1999)</li> </ul>
<i>Uuden käsityksen hyödyllisyyden osoittaminen</i>	<i>Soveltaminen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppijan kohtaama konteksti (Mikkilä, 1992, s. 131)</li> </ul>

Erilaisia oppimateriaaliosia voi toisaalta hyödyntää myös oppimisen eri vaiheissa, esimerkkinä miellekartan koostaminen oppijan ennakkotiedoista ennen opiskelua ja uuden version koostaminen opiskelun jälkeen (Tynjälä, 1999, s. 88–89).

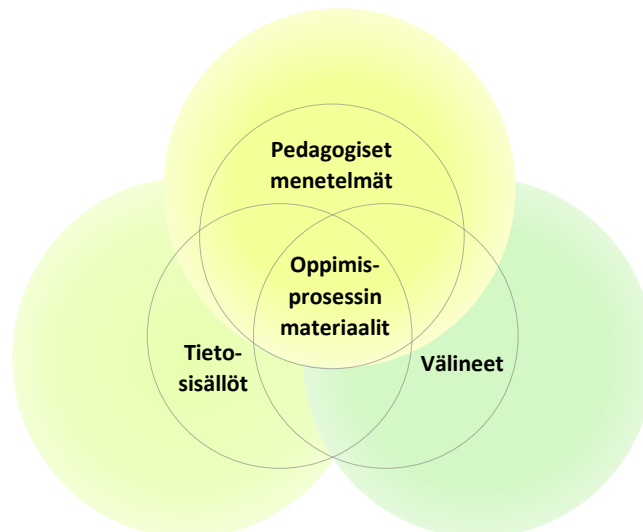
Yhteenvedona pedagogisoitu oppimateriaali on siis sellainen, jossa tietovälitteiselle oppimateriaalialustalle yhdistellään erilaisia tietosisällöllisiä oppimateriaaliosia siten, että tavoitteena on oppimisprosessia edistävä kokonaisuus. Esimerkkejä tällaisista pedagogisoidusti yhdistellyistä materiaaleista ovat tällöin esimerkiksi oppikirjat erilaisine tekstisisältöineen ja tehtävineen, tehtäväkirjat, verkkopohjaiset opetusmateriaalit, opetusvideot, oppimispelit, tehtävät ja ennakkojäsentäjät.

### 2.3. Oppimateriaalin määritelmä ja luokittelu tässä tutkielmassa

Edellä esiteltyjen tutkimuskirjallisuuden määritelmien pohjalta tässä tutkielmassa muotoillaan oppimateriaalin määritelmä, jossa pyritään huomioimaan niin oppimateriaalien laaja valikoima, oppijan oppimisprosessi kuin myös oppijan ja opettajan näkökulmat. Erityisesti Hansenin ja Gisselin (2017) määritelmää soveltaen määritellään seuraavasti:

**Määritelmä 5:** *Oppimateriaaleja ovat kaikki oppimisprosessissa hyödynnetyt tietosisällöt ja välineet yhdistettynä niihin pedagogisiin menetelmiin, jotka on integroitu joko oppimateriaaliin tai oppimistilanteeseen.*

Tähän määritelmään pohjautuen tässä tutkielmassa sovelletaan luokittelua: pedagogiset menetelmät, tietosisällöt ja välineet. Tätä mallia kuvataan seuraavasti:



**Kuva 1.** Oppimateriaalien luokittelua, keskuksena oppimisprosessissa hyödynnetyt oppimateriaalit

Tässä tutkielmassa oppimateriaaleista tullaan tarkastelemaan siis nimenomaan sitä, mitkä pedagogiset, tietosisällölliset ja välineelliset tekijät materiaaleissa tukevat oppimista sekä yleisesti että erityisesti kemian oppiaineessa (luku 4). Tämän lisäksi tarkastellaan sitä, että millaisia tekijöitä hyödyntäen opettaja voi tukea oppijan oppimista oppimateriaalien avulla oppimisprosessin aikana sekä yleisesti että kemian oppiaineessa (luvut 7 ja 8).

### 3 MONILUKUTAIDON MÄÄRITELMIÄ, LUOKITTELUA JA KÄYTÄNTÖJÄ

Edellä määritelty laaja näkemys oppimateriaaleista nousee esiin myös perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa (Opetushallitus, [OPH], 2014, s. 19–23; Opetushallitus, [OPH], 2019). Perusopetussuunnitelman perusteissa ohjeistetaan hyödyntämään ja tarkastelemaan oppimateriaaleina tekstejä, jotka ovat paitsi ilmaisultaan monimuotoisia, niin myös oppilaille merkityksellisiä, autenttisia. (s. 23). Teksteillä tarkoitetaan tietoa, joka on esitetty ”*sanallisten, kuvallisten, auditiivisten, numeeristen ja kinesteettisten symbolijärjestelmien sekä näiden yhdistelmien avulla*” (s. 22). Lisäksi opetettavaan tietoon liittyen säädetään valtioneuvoston asetukseen 422/2012 3§ viitaten, että ”*opetettavan tiedon tulee perustua tieteelliseen tietoon*” (s. 19). Jokaisessa oppiaineessa rakennetaan laaja-alaista osaamista tiedon- ja taidonalansa sisältöjen ja menetelmien mukaisesti (s. 20). Erilaisten välineiden käyttöön puolestaan ohjeistetaan niin perinteisten kuin teknologiaa eri tavoin hyödyntävien monimediaisten oppimisympäristöjen kautta (s. 22). Lukion opetussuunnitelman (OPH, 2019) perusteissa edellä mainittuja asioita ohjataan syventämään edelleen:

*”Opiskelija oppii soveltamaan aiemmin oppimaansa sekä hakemaan, tulkitsemaan, arvottamaan, jakamaan ja tuottamaan tietoa eri muodoissa, ympäristöissä ja erilaisissa yhteisöissä sekä erilaisten välineiden avulla”* (OPH, 2019 s. 61).

Tavoitteena on, että oppilaat tulkitsevat ja tuottavat tekstejä; Perusopetuksessa huomioidaan lisäksi tekstien *käyttämistä ja arvottamista* (OPH, 2014, s. 23, 100), lukio-opetuksessa huomio siirtyy aiemmin opitun *soveltamiseen* sekä tekstien *tutkimiseen* (tekstien hakemista, löytämistä, jakamista, tekstin ja tiedon luotettavuuden arviointia ja arvottamista sekä ratkaisujen etsimistä) (OPH, 2019, s. 58, 61, 63). Lisäksi opetussuunnitelmien perusteissa puhutaan näiden taitojen harjoittamisesta itsenäisesti ja yhteisöllisesti. (OPH, 2014, s. 23; OPH, 2019, s. 58) Tällaista monipuolista, eri välineillä tapahtuvaa erilaisten monimuotoisten tekstien ymmärtämisen ja hyödyntämisen laajaa taitoa kutsutaan opetussuunnitelmien perusteissa käsitteellä **monilukutaito**.

Perusopetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2014) monilukutaito on erotettu omaksi laaja-alaisen osaamisen alueeksi (L4), kun taas lukion opetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2019) monilukutaito on integroitu kolmeen laaja-alaisen osaamisen alueeseen:

vuorovaikutusosaamiseen, monitieteiseen ja luovaan osaamiseen sekä globaali- ja kulttuuriosaamiseen. Lisäksi monien oppiaineiden kuvauksissa tarkastellaan erikseen monilukutaitoa tai muita lukutaitoja.

Suomalaisissa opetussuunnitelmien perusteissa monilukutaito on vielä melko uusi laaja-alaisen osaamisen käsite (Luukka, 2019, s. 33, 43; Harmanen ja Hartikainen, 2019, s. 5). Opetushallitus onkin julkaissut loppuvuonna 2019 teoksen ”Monilukutaitoa oppimassa”, jossa selvitetään tarkemmin muutamien suomalaisten asiantuntijoiden näkökulmista monilukutaidon taustaa ja määrittelyä, sekä esitellään erilaisia näkökulmia monilukutaidon käytännön opetukseen, kasvatukseen ja monilukutaidon pedagogiikan kehittämiseen. Käsitteen uutuudesta johtuen on perusteltua koota kyseisestä teoksesta kokonaiskuvaa siitä, mitä monilukutaidolla suomalaisessa kontekstissa tarkoitetaan nykyisissä opetussuunnitelmien perusteissa.

### 3.1. Monilukutaidon määritelmiä ja luokittelua

Tässä luvussa esitellään ensin erilaisia lähestymistapoja monilukutaidon määrittelylle, ja tämän jälkeen esitellään kaksi monilukutaidon määritelmää ja niiden pohjalta aukeavaa luokittelua. Monilukutaidolle löytyy kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa lukuisia eri määritelmiä (Luukka, 2019; Palsa ym., 2019). Palsa ym. esittelevät (2019, s. 44–45) tutkimuskirjallisuuden pohjalta neljä erilaista näkökulmaa monilukutaidon määritelmien tarkastelulle:

1. Monilukutaito *sateenvarjoterminä*, jonka jäseniä ovat lukuisat eri lukutaidot käytäntöineen. Tässä tavassa monilukutaito nähdään ikään kuin yläkäsitteenä, ryhmänä, jonka alta voidaan tunnistaa lukematon joukko eri lukutaitoja käytäntöineen.
2. Monilukutaito *yksittäisenä lukutaitona käytäntöineen*. Tässä tavassa monilukutaito nähdään alakäsitteenä, ryhmän jäsenenä, osana monien eri lukutaitojen ryhmää. Näin sille voidaan antaa myös eksplisiittisesti ilmaistut ja määritellyt sisällöt.
3. Monilukutaito *pedagogiikkana*, jota määrittää pedagoginen ajattelutapa ja toimintamalli: ”*tekstitaltojen rinnalla pedagogiikkana, jossa tähdätään toimijuuden kehittämiseen muuttuvassa ja moninaisessa yhteiskunnallisessa toimintaympäristössä*”.

4. Monilukutaito *yleisnimityksenä* mille tahansa lukutaitojen ryhmän jäsenille, erityisesti laaja-alaisen tekstikäsitteilyn kontekstiin kuuluville lukutaidoille. Monilukutaito toimii siis ikään kuin määrittävänä käsitteenä sille, että kukin yksittäinen lukutaito voi pitää sisällään monia eri lukutaitoja. (Palsa ym., 2019).

Palsa ym. (2019) nostavat esiin, että suomalaisissa opetussuunnitelmien perusteissa monilukutaitoon on yhdistetty sekä yksittäisen lukutaidon että sateenvarjotermin määritelmien piirteitä. *Sateenvarjotermin tapaan* perusopetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2014) mainitaankin, että monilukutaitoon kuuluu useita eri lukutaitoja, joista erikseen mainitaan monilukutaidon osaamisalueiden yhteydessä kulttuurinen lukutaito; kuvanlukutaito; kriittinen lukutaito; analyttinen lukutaito, katsomuksellinen lukutaito, ympäristölukutaito, numeraalinen lukutaito, medialukutaito; erittelevä lukutaito. (OPH, 2014, s. 22, 86, 100, 157, 283, 292). Lukion opetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2019) puhutaan lisäksi myös luonnontieteellisestä lukutaidosta fysiikan ja kemian kuvausten yhteydessä (OPH, 2019, s. 249, 258). *Yksittäisen lukutaidon tapaan* perusopetussuunnitelman perusteissa puolestaan määritellään monilukutaidon sisältö tiedon eri muotojen, käytäntöjen, tilanteiden ja välineiden avulla (s. 22). Tämän tutkielman kirjoittamisen yhteydessä havaittiin lisäksi, että myös monilukutaidon *yleisnimityksellinen puoli* on esillä: lukion äidinkielen oppiaineen yhteydessä puhutaan paitsi kriittisestä ja kulttuurisesta lukutaidosta niin myös kriittisestä ja kulttuurisesta *monilukutaidosta* (s. 67, 68); myös uskontoja käsittelevän kokonaisuuden yhteydessä puhutaan uskontoihin ja katsomuksiin liittyvästä *monilukutaidosta* (s. 296).

Räsänen (2014) muotoilee perusopetussuunnitelman perusteita mukaillen monilukutaidon määritelmää seuraavasti:

**Määritelmä 6.** ”*Monilukutaito määritellään taidoksi tulkita, tuottaa ja arvottaa erilaisia viestejä. Se tarkoittaa kykyä hankkia, muokata, esittää ja arvioida tietoa erilaisissa oppimisympäristöissä ja -tilanteissa. Määritelmä tukeutuu laaja-alaiseen tekstikäsitteilyyn, jonka mukaan tietoa voidaan tuottaa ja esittää sanallisten, kuvallisten, auditiivisten, numeeristen ja kinesteettisten symbolijärjestelmien sekä näiden yhdistelmien avulla*”. ... ”*Monilukutaito kehittyy arkikielestä kohti eri tiedonalojen käsitteellisen kielen ja esitystapojen hallintaa*” (Räsänen, 2019, s. 19–20). (vrt. OPH, 2014, s. 22)

Luukka (2019) määrittelee monilukutaidon seuraavasti:

**Määritelmä 7.** *Monilukutaito määritellään ”tekstuaalisten käytänteiden hallinnaksi, johon kuuluu taito käyttää, tulkita ja tuottaa (monimodaalisia) tekstejä erilaisissa (monimediaisissa, tilanne- ja kulttuurisidonnaisissa) toimintaympäristöissä tiedollisia ja sosiaalisia tarpeita varten”* (Luukka, 2019, s. 36–37).

Räsänen (2019) ja Luukan (2019) määritelmien esiin nostamien piirteiden avulla voidaan hahmotella rakennetta monilukutaidon luokittelulle. Esimerkiksi Luukka avaa tarkemmin käsitteen taustaa ja luokittelua monilukutaito-termin liitteiden avulla: Etuliitteen ”*moni-*” (”*multi-*”) sisältöä voidaan tarkastella Luukan mukaan **monimodaalisesta, monimediaisesta, monitilanteisesta ja monikulttuurisesta** näkökulmasta käsin. Keskimmäisen liitteen, ”*-luku-*”, voidaan katsoa viittaavan teksteihin liittyviin **erilaisiin toimintoihin**. Näitä ovat esimerkiksi edellä mainituista määritelmistä ja opetussuunnitelmien perusteista löytyvät tulkitseminen ja tuottaminen, mutta myös joustava toiminta, ajattelu ja tiedonhallinta, jotka ovat Luukan mukaan keskeisiä ja yhdistäviä näkemyksiä englanninkielisissä monilukutaidon (*multiliteracy*) määritelmissä. Luukka mainitsee edellisten lisäksi käyttämisen ja Räsänen arvottamisen. Nämä löytyvät myös perusopetussuunnitelman perusteista (OPH, 2014). Opetussuunnitelmien perusteisiin on sisällytetty lisäksi lukuisa joukko muitakin eri toimintoja monilukutaitoon liittyen: tulkinnan ja tuottamisen lisäksi mukana on esimerkiksi käyttäminen, tutkiminen, hankkiminen, yhdistäminen, muokkaaminen, tuottaminen, esittäminen ja arvioiminen, kehittyminen, osallistuminen, vaikuttaminen, syventyminen (OPH, 2014; OPH, 2019). Luokitteluun liittyen monilukutaidon loppuosaa ”*-taito*” voidaan tarkastella vielä Luukan mukaan sekä **yksilöllisenä**, kuten kognitiivisena taitona, että varsinkin **yhteisöllisinä**, yhteistoiminnallisina ja sosiaalisina käytänteinä ja valmiuksina toimia eri tekstien kanssa eri tilanteisiin ja eri kulttuureihin liittyen. (Luukka, 2019, s. 34–37)

**Monimodaalinen** eli multimodaalinen eli monimuotoinen tarkoittaa tietosisältöjen monia eri muotoja eli modaliteetteja, joilla todellisuutta voidaan lähestyä, rakentaa ja ilmaista merkityksellisesti. (Luukka, 2019, s. 34, 36; Räsänen, 2019, s. 20) Näitä ovat esimerkiksi sanalliset, kuvalliset, auditiiiviset, numeeriset ja kinesteettiset symbolijärjestelmät sekä näiden yhdistelmät (Räsänen, 2019, s. 19; OPH, 2014, s. 22); konkreettisemmin esimerkiksi verbaalinen kieli, symbolit, numerot, graafiset esitykset, kuvat, liikkuva kuva, ääntä käyttävät tekstit ja merkityksien tuottaminen näiden avulla.

(Luukka, 2019, s. 36). Tällaisesta tekstien monimuotoisuudesta käytetään nimitystä laaja-alainen tekstikäsitys (Räsänen, 2019; Luukka, 2019). Laaja-alainen tekstikäsitys tarjoaa Räsänen (2019, s. 17) mukaan toisiaan täydentäviä näkökulmia ilmiöihin, kun jokaisen oppiaineen keskeisiä esitystapoja ja toimintatapoja täydennetään myös muilla symbolijärjestelmillä.

**Monimediainen** puolestaan tarkoittaa monia eri välineitä ja ympäristöjä, joiden välityksellä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi käyttäen, tulkiten tai tuottaen. Välineiden hyödyntäminen edellyttää ymmärrystä niiden toimintatavoista, mahdollisuuksista ja rajoista tietosisältöjen esittämisessä. Media ymmärretään monilukutaidon yhteydessä hyvin laaja-alaisena välineisiin ja ympäristöihin liittyvänä käsitteenä, eikä pelkästään tiedotusvälineisiin liittyvänä terminä. (Luukka, 2019, s. 36)

Mediakasvatuksen ja medialukutaidon yhteydessä vaikuttaa siltä, että modaaliteetteja ja medioita tarkastellaan tiiviisti rinnakkain. Kupiainen (2019, s. 28–29) puhuu esimerkiksi media- ja populaarikulttuurin teksteistä, merkeistä ja sisällöistä sekä multimodaalisesta mediasta. Myös Palsa ym. (2019, s. 46–47) puhuvat mediateksteistä. Mikkonen (2013, s. 298–300) huomauttaakin multimodaalin ja multimedian käsitteiden rinnakkaisesta ja osin vaihdettavastakin käytöstä. Samassa yhteydessä hän kytkee kummankin termin myös **moniaistisuuden** käsitteeseen. Hänen mukaansa multimodaalisuuden teoria

*”korostaa usein merkityksen välittymisen riippuvuutta aistikanavista, aistien yhteistoiminnasta ja ihmisen ruumiillisuudesta.”* (Mikkonen, 2013, s. 299)

Myös Kupiainen (2019) huomauttaa monilukutaidon opetukseen liittyen, että pedagogiikan

*”tulisi tietoisesti huomioida kaikki aistisuuden alueet kehollisuutta unohtamatta”* (Kupiainen, 2019, s. 30).

**Monitilanteinen** tarkoittaa Luukan (2019, s. 36) mukaan erityisesti eri tilanteisiin liittyvien tavoitteiden vaikutusta siihen, millaisien eri tekstikäytäntöjen kautta tekstejä hyödynnetään.

**Monikulttuurinen** puolestaan tarkoittaa monilukutaidon kontekstissa Luukan (2019) ja Kupiaisen (2019, s. 25) mukaan sitä, että tekstikäytänteisiin vaikuttaa myös monet eri kulttuurit, joissa kulloinkin toimitaan. Tällainen monikulttuurisuus pohjautuu laajaan käsitykseen kulttuurista. Yksilöllisellä tasolla tämä tarkoittaa Räsänen (2019 s. 18–19) mukaan sitä, että jokaisella on oma yksilöllinen kulttuuri-identiteettinsä, joka kattaa hänen mukaansa asuinpaikan, etnisyyden, iän, kielen, kyvyt, maailmankatsomuksen, sosiaalisen aseman sekä sukupuolen. Näistä muodostuu edelleen laajempia viiteryhmiä mikro-, makro-, ja globaalitasolla (Räsänen, 2019, s. 18–19). Jokaisella kouluyhteisön jäsenellä on siis omat yksilölliset erot ja lähtökohdat tarkastella uutta tietoa ja kokemusta, ja tämä tulisi Räsänen (2019, s. 17) ja Kupiaisen (2019, s. 26) mukaan ottaa huomioon niin opetuksen sisällöissä kuin toimintatavoissa. Yhteisöllisellä tasolla, kuten esimerkiksi koulussa kohdataan toisaalta myös tiedonalakohtaisia kulttuureita: eri oppiaineilla on omat kulttuuriset lähtökohtansa käyttää kieltä, kuvata asioita ja määritellä käsitteitä (Luukka. 2019, s. 36). Kulttuurin laajassa käsityksessä sen kaikilla osa-alueilla on siis omat kulttuuriset lähtökohdat tekstikäytänteisiin – niin yksilön tasolla (Kupiainen, 2019, s. 26), kuin myös yhteisön tasolla (Kupiainen, 2019, s. 26; Luukka, 2019, s. 36).

### 3.2. Monilukutaidon pedagoginen malli

Kupiainen (2019) ei määrittele monilukutaitoa taitona tai kompetenssina, vaan kuvaa sitä ennemminkin pedagogiikkana perustuen kansainvälisiin käsityksiin monilukutaidosta:

*”Monilukutaito on itsessään pedagoginen ajattelutapa, joka ammentaa oppijan omasta kokemusmaailmasta ja jonka avulla työestetään kriittisesti uutta tietoa ja kokemusta”* (Kupiainen, 2019, s. 23)

Kupiainen (2019) esitteleekin tutkimuskirjallisuuden pohjalta monilukutaidon pedagogiikan käytäntöjä monilukutaidon pedagogisen mallin avulla, jota kutsutaan myös tiedon prosessiksi. Malli pohjautuu alun perin The New London Group -kokoonpanon [NLG] julkaisuun monilukutaidon pedagogiikasta, jonka tavoiteajatuksina on esitetty yksilön mahdollisuuksien kehittäminen, aktiivinen kansalaisuus ja osallisuus sekä sosiaalinen oikeudenmukaisuus teknologisoituvassa ja globalisoituvassa ympäristössä (Kupiainen, 2019, s. 28–29; Palsa ym., 2019, s. 45). Monilukutaidon pedagogiikka tähtää siis toiminnallisten, yhteisöllisten ja vaikuttavuuden käytäntöjen kautta oppijoiden osallisuuden ja toimijuuden tukemiseen oppimistilanteessa, niin että se harjaannuttaisi



tulevaisuuden yhteiskunnalliseen osallisuuteen (Kupiainen, 2019, s. 29, 30) Keskeistä monilukutaidon pedagogisessa mallissa onkin oppijoiden aktiivisen toimijuuden tukeminen tiedon prosessoinnissa. (Kupiainen, 2019, s. 29) Monilukutaidon pedagogiikan haasteista Kupiainen mainitsee ideologioihin ja arvoihin liittyvät haasteet tekstien valinnassa, haasteet multimodaalisten tekstien arvioinnin tuomisessa kirjallisten tuotosten rinnalle, sekä haasteet teknologiaan liittyvien välineiden ja niiden käyttäjätuen saamisessa oppimisympäristöön (Kupiainen, 2019, s. 29–30).

Tiedon prosessoinnin neljänä aktiviteettina Kupiainen (2019) esittelee kokemuksellistamisen (*experiencing*), käsitteellistämisen (*conceptualising*), analysoimisen (*analysing*) ja soveltamisen (*applying*). **Kokemuksellistamisessa** oppijoita aktivoidaan toisaalta tarkastelemaan ja jakamaan oppimistilanteessa heille jo tuttuja autenttisia näkökulmia, kokemuksia, ajatuksia, tietoja, kommunikointitapoja sekä intressejä, ja toisaalta oppijoita aktivoidaan uppoutumaan ja osallistumaan jonkun uuden ja vieraamman tarkasteluun. **Käsitteellistämisessä** oppijoita aktivoidaan paitsi valmiiden tieteenalakohtaisten käsitteiden käyttämiseen, niin myös itse harjoittelemaan käsitteellistämistä ja teorioiden tuottamista yleistämällä. **Analysoimisessa** aktivoidaan oppijoita tarkastelemaan tietosisältöä sekä *funktionaalisesti*, eli tutkimaan loogisia yhteyksiä, syitä ja seurauksia, että *kriittisesti*, eli arvioimalla tietosisältöjen tekijöiden ja vastaanottajien näkökulmia, intressejä ja motiiveja – myös omakohtaisesti. **Soveltamisessa** aktivoidaan oppijoita käyttämään ja kokeilemaan tietoaan erilaisissa autenttisissa tai simuloituissa tilanteissa paitsi asianmukaisesti johonkin määrättyyn tilanteeseen liittyen, niin myös luovasti kokeilemaan omien innovatiivisten näkökulmien soveltamista tai tiedon siirtämistä toiseen kontekstiin. Myös suunnittelun, tuotannon, jakamisen ja tulkinnan käsitteet ovat mukana monilukutaidon prosessissa. Malli ei edellytä lineaarista etenemistä (kokemuksellistamisesta käsitteellistämisen ja analysoimisen kautta soveltamiseen), eikä tasapainoa näiden eri aktiviteettien välillä. Opetuksessa voidaankin lähteä liikkeelle esimerkiksi käsitteistä ennen kuin siirrytään kokemuksellistamiseen, tai opetuksessa voidaan painottaa esimerkiksi käsitteellistä työstämistä, mikäli opetettava aines sitä edellyttää. (Kupiainen, 2019, s. 25–27)

Kupiainen (2019) kokoaa yhteen lukutaidon perustasoina operationaalisen lukutaidon, kriittisen lukutaidon ja kulttuurisen lukutaidon näihin liittyvine kykyineen ja kompetensseineen.

Näistä operationaalinen lukutaito tarkoittaa kykyä

*”hallita kirjoitus- ja merkkijärjestelmää niin, että pystyy tuottamaan tekstiä ja kommunikoimaan erilaisissa yhteyksissä ja eri medioita ja moodeja käyttäen. Kykenee hakemaan tietoa ja pääsee informaation äärelle”* (Kupiainen, 2019, s. 25).

Kulttuurinen lukutaito tarkoittaa kykyä

*”ymmärtää sosiokulttuurisia keinoja, joilla merkityksiä luodaan niin, että pystyy suunnittelemaan kommunikoinnin tapansa ja tyylinsä suhteessa yleisöön ja viestintäympäristöön, ymmärtää merkityksen rakentumisen prosesseja ja kielen, kuvien ja äänen keinoja”* (Kupiainen, 2019, s. 25).

Kriittinen lukutaito puolestaan tarkoittaa kykyä

*”ymmärtää, että kaikki sosiaaliset käytännöt, kuten teksti, ovat sosiaalisia konstruktioita, jotka sisältävät arvoja, valtasuhteita, luokitteluja, tarkoituksia, sääntöjä, standardeja ja perspektiivejä, ja sulkevat toisia pois. Kykenee arvioimaan ja tuottamaan tekstejä omiin tarkoituksiin”* (Kupiainen, 2019, s. 25)

Opetussuunnitelmien perusteissa (OPH, 2014; OPH, 2019) ei mainita edellä kuvailtua operationaalista lukutaitoa, mutta sen piirteet tulevat suoraan esiin monilukutaidon kuvauksissa ja määritelmässä. Operationaalisen lukutaidon sijaan perusopetussuunnitelman perusteissa mainitaan kriittisen ja kulttuurisen lukutaidon rinnalla analyyttinen lukutaito, jota ei kuitenkaan tarkemmin kuvata. Myöskään Monilukutaitoa oppimassa -teos ei eksplisiittisesti mainitse tai kuvaa analyyttisen lukutaidon käsitettä, mutta implisiittisesti siihen mahdollisesti viitataan, kun Kupiainen kuvaa monilukutaidon ”tiedon prosessin” analysointivaihetta, joka koostuu funktionaalista ja kriittisestä tarkastelusta (Kupiainen, 2019, s. 27). Kupiaisen esittelemässä ”Tiedon prosessissa” loogisten yhteyksien sekä syiden ja seurauksien ymmärtäminen on erotettu kriittisestä tarkastelusta funktionaalisen tarkastelun puolelle. Kriittinen tarkastelu puolestaan nähdään tässä mallissa sosiaalisena konstruktiona tai näkökulmien, intressien ja motiivien tarkasteluna (Kupiainen, 2019, s. 25, 27) Näin ollen vaikuttaisi siltä, että opetussuunnitelmissa huomioidaan analyyttisen lukutaidon myötä

siis myös loogisten yhteyksien sekä syiden ja seurauksien ymmärtäminen eräänä keskeisenä lukutaidon perustasona.

### 3.3. Monilukutaito opetuksen ja sen järjestämisen näkökulmasta

Luukka (2019) muotoilee osuvasti monilukutaidon monitahoisuutta oppimisen ja opetuksen näkökulmasta:

*”Oppilaat eivät osaa luonnostaan itsekseen suunnitella tiedonhakuja, arvioida lähteitä, eritellä ja tulkita tekstejä, avata käsitteitä ja ymmärtää niiden välisiä suhteita, organisoida työskentelyään, tuottaa tekstejä, valita kuhunkin tilanteeseen tarkoituksenmukaisia ilmaisutapoja ja -välineitä, antaa ja ottaa vastaan palautetta ja muokata tuotoksiaan sen perusteella ja niin edelleen. Muun muassa näiden asioiden ohjattu opiskelu on monilukutaidon opiskelua kaikissa oppiaineissa. ... Kieli- ja tekstitietoisuutta tarvitsevat siis paitsi oppilaat myös opettajat.”* (Luukka, 2019, s. 39)

Opetuksessa ja sen järjestämisessä voidaankin huomioida esimerkiksi seuraavia toimenpiteitä:

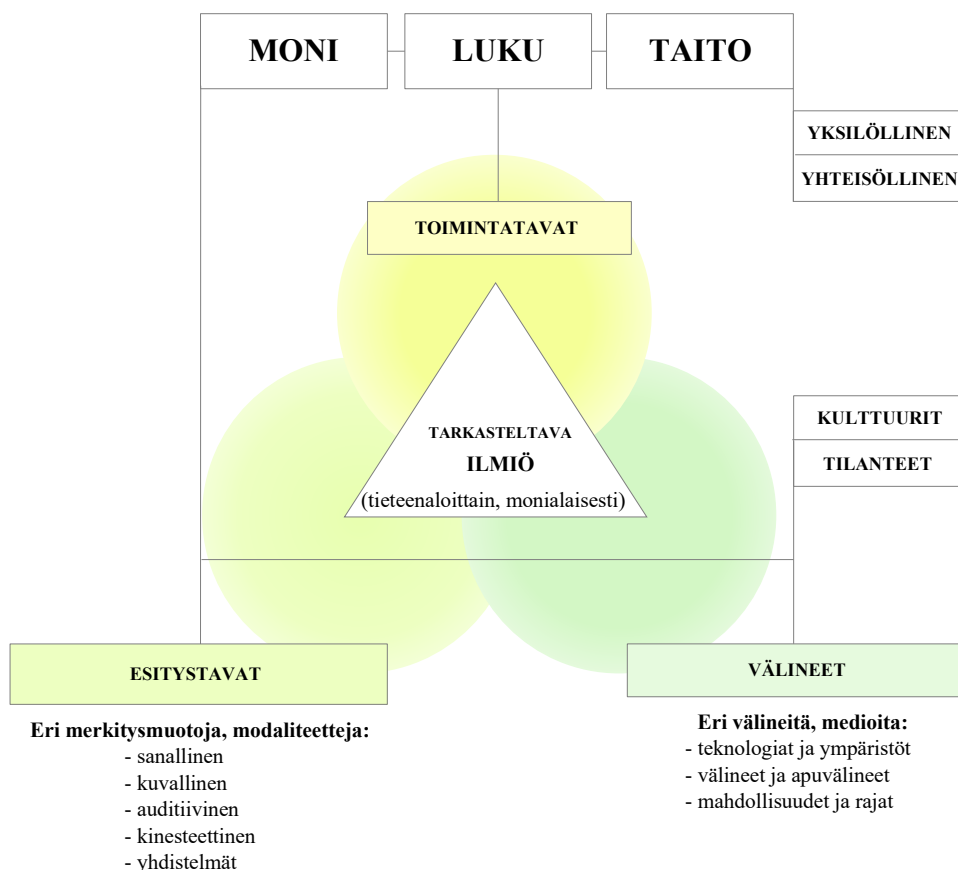
- Monipuolistaa opetuksen tekstimaailmaa ja toimintaympäristöjä (Luukka, 2019, s. 38)
- Arvioida valinnoissa eri sisältöjen ja menetelmien hyötyä oppimiselle kasvatuksellisten ja opetuksellisten tavoitteiden saavuttamisessa (Palsa ym., 2019, s. 47–48)
- Opettaa ja mallintaa monilukutaidon valmiuksia eksplisiittisesti (Luukka, 2019, s. 38)
- Huomioida oppimisen arvioinnissa monilukutaidon pedagogisten käytänteiden muutos eli *”siirtymä sisältöjen hallinnan korostamisesta toiminnan ja käytänteiden harjaannuttamiseen ja yksin opiskelusta yhteistoiminnallisuuteen”* (Luukka, 2019, s. 38) esimerkiksi hyödyntämällä monilukutaidon mallia arvioinnissa *”dokumentoimalla aktiviteetteja, prosesseja ja episteemistä liikettä”* (Kupiainen, 2019, s. 27)

### 3.4. Monilukutaidon määritelmä, luokittelu ja tarkastelu tässä tutkielmassa

Edellä esitettyjä monilukutaidon määritelmiä hyödyntäen, erityisesti Luukan (2019) määritelmää mukaillen ja huomioiden luvussa 2 esitelty Tynjälän (1999) mukailema konstruktivismin kokonaisnäkökulma, muotoillaan seuraavaksi tässä tutkielmassa käytettävä monilukutaidon määritelmä:

**Määritelmä 8.** *Monilukutaito on yksilöllistä ja yhteisöllistä taitoa tarkastella ilmiötä asiaankuuluvilla toimintatavoilla, monin eri esitystavoin ja välinein, sekä erilaisissa tilanne- ja kulttuurisidonnaisissa konteksteissa.*

Tässä tutkielmassa monilukutaidon luokittelua hahmotellaan tarkemmin edellä koottua teoriakatsausta tulkiten muotoilemalla monilukutaidon kokonaismalli (Kuva 2):



**Kuva 2.** Monilukutaidon kokonaismalli

Monilukutaidon kokonaismallin toimintatavat, esitystavat ja välineet sisältävät ja nivovat yhteen oppimateriaalien määritelmän pedagogiset menetelmät, tietosisällöt ja välineet. Niinpä näistä monilukutaidon alueista puhuttaessa puhutaan samalla oppimateriaaleista.

## 4 OPPIMATERIAALIT JA MONILUKUTAITO KEMIAN OPPIMISEN TUKEMISESSA

Tässä luvussa tarkastellaan edellä esiteltyä monilukutaidon kokonaismallia hyödyntäen kokonaiskuvaa kemian oppimisen kentästä, sekä sitä miten eri oppimateriaaleilla voidaan tukea kemian oppimista. Tarkastellaan kemian tiedon luonteen pohjalta erityisesti kemian ajattelutaitojen, esitystapojen, hyödynnettyjen välineiden näkökulmasta.

### 4.1. Kemian lukutaito monilukutaidon kehyksessä

Kun ilmiötä aletaan tarkastella kemian ilmiönä, siirrytään monilukutaidon kehyksessä kemian tieteenalan tapoihin tarkastella ilmiötä tutkivan luonnontieteen menetelmillä. Keskeisiä pääkohtia ovat tutkivan luonnontieteen näkökulmasta tällöin Gilbertin ja Treagustin (2009) mukaan:

- prosessit, joiden avulla löydetään ja tuotetaan kemian tietoa
- kemian tieto yleisinä käsitteinä ja yksityiskohtaisina faktoina
- sovellukset, jotka hyödyntävät kemiallista tietoa maailman ymmärtämisessä ja muuttamisessa
- sovelluksien vaikutukset yksilöihin ja yhteiskuntiin. (Gilbert & Treagust, 2009a)

Prosesseista eli toimintatavoista Sevian ja Talanquer (2014) painottavat luonnontieteelliseen lukutaitoisuuteen liittyvän kemiallisen **ajattelun taitoja**: kemian ydintiedon hyödyntämistä, uuden tiedon teoreettista päättelyä ja kokeellisten käytäntöjen strategioita erilaisten ongelmien ymmärtämisessä ja ratkaisemisessa. Nämä kemiallisen ajattelun taidot ovat heidän mukaansa keskeisiä sekä kemian alan ammattilaisille että myös heille, jotka eivät suuntaudu kemian alan työtehtäviin, vaan kohtaavat kemiaan liittyviä kysymyksiä muutoin arjessaan. (Sevian & Talanquer, 2014) Näitä kemiallisen ajattelun taitoja tarkastellaan lähemmin luvussa 4.3.1.

Kemian tietoon liittyen Gilbert ja Treagust (2009a, s. 3) painottavat kemian tiedon lukutaidossa eri **representaatioita**, eli esitystapoja. He kuvaavat kemian lukutaitoa sekä kykynä tarkastella kemiallisia ilmiöitä mittakaavallisesti, eli edeten näkyvältä makrotasolta näkymättömälle submikrotasolle, että myös kielellisenä kykynä edetä konkreettisesta ja tutusta kielestä kemian abstraktiin ja alakohtaiseen symboliseen kieleen

(Gilbert & Treagust, 2009b, s. 347, kuva 14.1). Kemian tiedon eri tasoja tarkastellaan tässä tutkielmassa lähemmin luvussa 4.2. Esitystapojen tarkastelussa luvussa 4.3.2 huomioidaan paitsi kemialle tyypilliset esitystavat, niin myös yleisiä tekijöitä eri esitystavoissa, joiden avulla kemian tiedon oppimista voidaan oppimateriaaleissa tukea monilukutaitoisuutta hyödyntäen.

Erilaiset sovellukset ja niiden vaikutukset yksilöihin ja yhteiskuntiin nousevat puolestaan esiin Mahaffyn (2004) näkemyksessä humanista tekijästä, joka huomioi niin yksilölliset kuin yhteisöllisetkin näkökohdat. Hänen mukaansa luonnontieteelliseen lukutaitoon liittyvissä kysymyksissä on syytä huomioida myös ne **autenttiset kontekstit**, joissa ihmiset hyödyntävät kemiaa arjessaan. Kemian sisältöjä tulee tällöin tarkastella tilanteen mukaan paitsi yksilön näkökulmasta oppijana, niin myös yhteisön näkökulmasta joko kemiallisten sovellusten luoja tai näitä sovelluksia hyödyntävänä kulttuurina (Mahaffy, 2004). Kun Mahaffyn tulkintaa humanista tekijästä vertaa monilukutaidon kokonaismalliin edellisessä luvussa (kuva 2), niin Mahaffy nivoo humani tekijä - käsitteellään yhteen eri osia monilukutaidon yksilöllisestä ja yhteisöllisestä näkökulmasta, tilanteista ja kulttuureista sekä näissä hyödynnetyistä eri välineistä kemiallisen tiedon tarkastelussa. Tässä tutkielmassa yksilöllistä oppijan näkökulmaa on tarkasteltu yleisellä tasolla oppimisprosessin ja sen vaiheiden kautta taulukossa 3 (luku 2.2). Oppijan näkökulma nivoutuu mukaan myös seuraavissa luvuissa (luvut 4.2 ja 4.3). Yhteisön näkökulmaa tarkastellaan puolestaan tässä tutkielmassa erityisesti kemian yhteisön tapoina tarkastella kemian tietoa (luku 4.2) sekä tapoina tuottaa tietoa erilaisten ajatteluprosessien kautta (luku 4.2.1). Lisäksi tarkastellaan myös oppimateriaalikontekstiin liittyen välineellisyyttä oppimisen tukemisessa (luku 4.2.3).

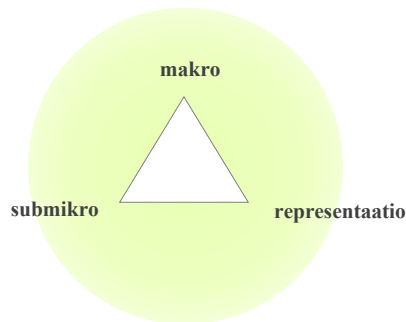
Kaikkien ei ole tarkoituksenmukaista hallita kemian lukutaitoa samalla laajuudella, kuten Gilbert ja Treagust (2009a) toteavat. Schwartzia, Ben-Zvia ja Hoffsteinia soveltaen he nimeävätkin kemiallisen lukutaidon (*chemical literacy*) seuraaviin kolmeen taitotasoon:

- **Käytännöllinen kemian lukutaito:** Jokapäiväiseen elämään liittyvien kemian tietojen ja taitojen hallinta, esimerkiksi ruokaan, terveyteen ja suojautumiseen liittyen
- **Yhteiskunnallinen kemian lukutaito:** Kemiaan ja kemian teknologiaan liittyviin keskusteluihin osallistuminen tietoon perustuen

- **Kulttuurinen kemian lukutaito:** Kemian arvostaminen tärkeänä osana luonnontieteellisiä pyrkimyksiä sekä kyky käydä ammatillista dialogia kemistien kanssa. (Gilbert & Treagust, 2009a, s. 2–3)

#### 4.2. Kemian tiedon luonne

Kemian tiedon luonne (*nature of chemistry*) muodostuu Johnstonen (2000) mallin mukaan kolmesta tasosta: makrotasosta (aistein havaittava taso), submikrotasosta (atomit, molekyylit, ionit ja rakenteet) sekä representaatiotasosta (symbolit, kemialliset kaavat, reaktioyhtälöt, molaarisuus, matemaattiset manipulaatiot, kaaviot). Kemian tieto erilaisina käsitteinä ja ydinideoina voidaankin ilmaista näiden tasojen avulla. Tätä kemian tiedon kolmitasomallia havainnollistetaan usein kuvan 3 mukaisena kolmiona. (Johnstone, 2000)



**Kuva 3.** Kemian tiedon kolmitasomalli Johnstonen (2000) mukaan.

Aistein tehtyjä havaintoja kemian ilmiöistä kuvaillaan siis makrotasolla, ja käytettyjä kemian käsitteitä voivat tällöin olla esimerkiksi alkuaineet, yhdisteet tai seokset yhdessä niiden havaittavien ominaisuuksien kanssa (kuten massa, tiheys, konsentraatio, happamuus, lämpötila) (Gilbert & Eilam, 2014). Myös esimerkiksi kemialliset reaktiot tai laitteiston kokoamisohjeet voivat olla makrotason kuvauksia (Taber, 2013). Tehtyjä havaintoja makrotasolta puolestaan selitetään submikrotasolla, ja käytettyjä käsitteitä voivat tällöin olla atomit, ionit, molekyylit, vapaat radikaalit sekä näiden erilaiset rakenteet ja kokonaisuudet sähköisten vuorovaikutuksien johdosta (Gilbert & Eilam, 2014, s. 323). Myös esimerkiksi energiatasot ja jakaumat voivat olla submikrotason selityksiä makrotasolle (Taber 2013). Symbolisen esitystavan avulla esimerkiksi reaktioyhtälöstä voidaan tunnistaa makrotasolla lähtöaineet ja tuotteet, submikrotasolla puolestaan voidaan tunnistaa erilaiset molekyylit ja niiden suhteet ennen ja jälkeen muutoksen (Taber, 2013)

Representaatiotasoa kutsutaan usein symboliseksi tasoksi kemian tiedon erilaisissa kolmitasomalleissa. (Gilbert & Treagust, 2009a, s. 5) Symbolit ovatkin kemian erityiskieltä, sillä niitä on kehitetty kemian tiedeyhteisön käyttöön ilmaisemaan lyhyesti ja pelkistetyksi laajojakin toisiinsa yhteydessä olevia kemian käsitteitä. (Gilbert & Treagust, 2009b, s. 347) Kuitenkin symboleista puhuessaan Gilbert ja Treagust (2009b) sekä Cheng ja Gilbert (2009) luokittelevat symbolit myös omaksi moodikseen (Gilbert & Treagust, 2009b, s. 347; Cheng & Gilbert, 2009, s. 57), eli osaksi representaation eri moodien joukkoa, laajempaa representaatiomoodien (*modes of representation*) joukkoa (Cheng & Gilbert, 2009, s. 55). Kemian representaatiot eli esitystavat muodostuvat siis eri moodeista. Näitä on eritelty taulukkoon 4, ja niitä tarvitaan Chengin ja Gilbertin (2009, s. 55) mukaan tavallisesti useampia, kun esitetään yksittäisiäkin kemian käsitteitä. Tästä syystä tässä tutkielmassa päädyttiin Johnstonen (2000) kemian tiedon kolmitasomalliin, joka huomioi representaatiotason myötä monia eri representaatiomoodeja. Näin on mahdollista tarkastella myös eri representaatiomoodien yleisiä ja arjestakin tuttuja muotoja, joiden avulla kemian oppimista voidaan tukea kohti kemian tiedeyhteisön käyttämiä muotoja. Esimerkiksi sekä Taber (2013) että Gilbert ja Treagust (2009b, s. 347) nostavat esiin, että kemian ilmiöiden oppimisessa tapahtuu siirtyminen konkreettisesta arkikielestä kohti kemian tieteenalalle ominaista abstraktimpaa kieltä, käsitteitä ja merkintöjä. Tässä tutkielmassa käytetään jatkossa representaatiosta ja representaatiomoodeista tiiviimpää termiä: esitystavat.

**Taulukko 4.** Erilaisia kemian esitystapoja, representaatiomoodeja, ja niiden esimerkkejä.

Kemian esitystapa	Esimerkkejä	Lähteet
verbaalinen	teksti, puhe, analogiat, metaforat	a, b, d
visuaalinen	kuvat, kaaviokuvat, animaatiot	a, b, d
symbolinen	alkuainesymbolit ja niistä koostetut kemialliset kaavat, sähköiset varaukset, olomuotoja kuvaavat kirjainlyhenteet; sekä näiden avulla koostetut kemialliset reaktioyhtälöt, molaarisuus	a, b, c, d
matemaattinen (symbolinen)	numerot, yhtälöt (esim. Arreniuksen yhtälö tasapainovakion laskemiselle)	a, d
materiaalinen	pallo-tikku-mallit	a, d
yhdistelmät	animaatiot, simulaatiot, videot	a

a. De Jong, Blonder & Oversby (2013) mukaillen Boulter ja Buckleyta (2000)

b. Cheng ja Gilbert (2009)

c. Gilbert ja Treagust, 2009a, s. 6

d. Gilbert ja Eilam, 2014, s.316–319



Yhteenvedon Johnstonen kemian kolmitasomallia voitaisiinkin tulkita Gilbertiä ja Treagustia (2009b) soveltaen seuraavasti: Kemian tieteenalalla tietoa tarkastellaan erityisesti kahdessa eri kokoluokassa, makrotasolla ja submikrotasolla, ja näiden tasojen esittämisessä käytetään representaatiotasoa, josta voidaan valita kemian tiedon tarkasteluun erilaisia esitystapoja eri abstraktisuusasteilla (Gilbert & Treagust, 2009b, s.347), ohjaten oppijaa erityisesti kemialle ominaiseen symbolisen tason hyödyntämiseen (Taber, 2019). Chengin ja Gilbertin (2009, s. 55, 59) mukaan menestyksekkäs kemian oppiminen edellyttääkin: 1) kykyä ymmärtää näitä eri tasojen esitystapoja hyödyntäen, 2) kykyä siirtyä tasolta toiselle eri esitystapoja hyödyntäen ja myös 3) kykyä tuottaa tietoa tarkoituksenmukaisesti eri tasojen esitystapoja hyödyntäen.

Kemian tiedon monitahoisuus voi kuitenkin aiheuttaa vaikeuksia kemian oppimiselle (Johnstone, 2000; Cheng & Gilbert, 2009; Taber, 2013). Johnstonen mukaan kemian oppimisen vaikeuksia voidaan selittää informaatioprosessointiteorian avulla: kaikkien tasojen samanaikainen käsittely kuormittaa oppijan työmuistia liikaa, ja lisäksi oppijalla ei myöskään välttämättä ole pitkäkestoisessa muistissa sopivia tietorakenteita eri tasojen omaksumiseksi ja muistamiseksi. Niinpä tieto kolmitasomallista saattaa mukautua olemassa olevien tietorakenteiden mukaan erilaisiksi virhekäsitykseksi oppijan mieleen (Johnstone, 2000). De Jongin ym. (2013) mukaan oppimateriaalit voivat osaltaan aiheuttaa vaikeuksia ymmärtää kemian kolmitasomallin mukaisesti tietoa, mikäli tietoa siitä, millä tasolla kulloinkin liikutaan ei avata riittävästi oppijan tasolle, tai mikäli ei huomioida oppijan vaihtoehtoisia käsityksiä. De Jong ym. (2013) esittelevät eräänä perustrategiana etenemisen kemiallisen ilmiön tarkastelussa kokeellisen työn makrotason kuvaamisen kautta submikrotason selitykseen, pelkistäen selitystä edelleen symboliseksi reaktioyhtälöksi. Taber (2013) antaa myös seuraavia yleisiä ohjeita. Oppimateriaalissa kannattaa:

- rajoittaa samalla kertaa esitettävän uuden informaation määrää
- auttaa oppijoita yhdistämään uusi tieto olemassa olevaan
- vahvistaa oppimista pitkällä aikavälillä (viikkojen ja kuukausien aikana), jolloin hyödynnetään luonnollisia prosesseja tiedon omaksumisessa
- mallintaa kemistien tapaan kahta eri tiedon tasoa symbolisella kielellä
- tarjota sopivaa tukea (Taber, 2013)

### 4.3. Kemian oppimateriaalit ja oppija: monilukutaitoista kemian oppimisen tukemista

#### 4.3.1. Kemian ajatteluprosessien oppimista tukevia tekijöitä oppimateriaaleissa

Sevian ja Talanquer (2014) hahmottelevat kemiallisen ajattelun (*chemical thinking*) kolmiosaisena kokonaisuutena:

1. kemian tiedon rakentaminen kemian ydinideoista (*core chemistry ideas*)
2. kemian teoreettiset käytännöt (*theoretical practices*) eli päättely (*reasoning*)
3. kemian kokeelliset käytännöt (*experimental practices*).

(Sevian & Talanquer, 2014)

Sevian ja Talanquer (2014) huomauttavat, että joskus esimerkiksi kontekstuaalisessa oppimisessa tarkastelun kohteena oleva ongelma ja siihen liittyvät kemialliset käsitteet saavat päähuomion. Vähemmälle huomiolle jää tällöin se, että näistä käsitteistä edettäisiin ongelman ratkaisemiseen pyrkivään kemialliseen ajatteluun. Tämä kemiallinen ajattelu on heidän mukaansa sitä, että analysoidaan, keskustellaan ja reflektoidaan niin kemiallista tietoa käsitteineen, kuin myös hyödynnetään kemialliseen tietoon pohjautuvaa päättelyä ja kokeellisia menetelmiä kyseisen ongelman ratkaisujen keksimisessä. Siksi kemian opetuksessa on heidän mukaansa syytä kiinnittää huomiota yhtenäiseen kemialliseen ajatteluun, eli kaikkiin edellä kuvattuihin kolmeen ajattelun osa-alueeseen. Pedagogisista näkökulmista keskeisimpinä Sevian ja Talanquer (2014) näkevät tutkimisen (*investigation*), suunnittelun (*design*) ja arvioinnin (*evaluation*), jotka refleктоivat edellä mainittuja kemian keskeisimpiä käytäntöjä ja sisältöjä. Seuraavissa kolmessa alaluvussa tarkastellaankin enemmän edellä mainittuja kemian ajatteluprosesseja sekä niitä tekijöitä, joita oppimateriaaleissa voidaan huomioida kemian oppimisen tukemiseksi.

##### 4.3.1.1. Kemian tiedon rakentaminen kemian ydinideoista

Miten kemian tietoa voidaan rakentaa tietorakenteiksi asiantuntijoiden tapaan kemian ydinideoista? Cooper ja Stowe (2018, s. 6062) ovat verranneet listoja kemian ydinideoista, ja todenneet niiden olevan hyvin samanlaisia keskenään. Seuraavassa esitelläänkin Atkinsin (2005) kemian ydinideat Gilbertiä ja Treagustia (2009a, s. 3) mukailten ja jäsentelyä hieman tiivistäen. Nämä ydinideat ovat:

- Kaikki aine luonnossa on eri hiukkasmuodoissa
- Alkuaineet osoittavat jaksollisuutta fyysisten ja kemiallisten ominaisuuksien mukaan tarkasteltuna
- Yhdisteet sisältävät kahta tai useampaa alkuainetta; sekä koostuvat osista, jotka ottavat tunnistettavia geometrisiä muotoja vuorovaikutuksessa toisiinsa
- Kemiallinen reaktio tapahtuu energian säilyttäen, entropiaa lisäten ja jollakin neljästä reaktiotyypistä: protonin siirto, elektronin siirto, elektronin jakaminen ja elektroniparin jakaminen; sekä riippuen energia- ja geometriaesteistä (Gilbert & Treagust, 2009a, s. 3)

Cooperin ja Stowen (2018, s. 6057, 6063) mukaan keskittymällä laajoihin käsitteellisiin alueisiin, ydinideoihin, voidaan tukea oppijaa rakentamaan tietoa asiantuntijoiden tapaan johdonmukaisemmin (koherenttimmin) ja paremmin toisiinsa liittäen (linkittäen), kuin vain irrallisiin sisältöihin keskittymällä. Tällaiset koherentit tietorakenteet edistävät uuden tiedon oppimista tehokkaasti, ja myös sen käyttämistä eri tavoin.

Cooper ja Stowe (2018) toteavat, että

*”monet kemian opetuksen ja oppimisen haasteista voidaan käsitellä auttamalla oppijoita rakentamaan asiantuntijamaisia tietorakenteita, jotka yhdistävät Johnstonen esittämät kolme ajattelun tasoa”* (Cooper & Stowe, 2018, s. 6059).

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tällaisten asiantuntijoille ominaisten tietorakenteiden muodostumisen tukemista oppimateriaalien esitystapoja hyödyntäen.

#### *4.3.1.2. Kemian teoreettiset käytännöt päättelyyn perustuen*

Cooper ja Stowe (2018) ovat koonneet yhteen tutkimuskirjallisuuden antia teoreettisista käytännöistä, joista he nostavat esiin mallintamisen, ongelmanratkaisun, argumentoinnin sekä selityksen muodostamisen käytännöt. Näitä käytäntöjä käsitellään tässä luvussa heidän katsauksensa pohjalta (Cooper & Stowe, 2018, s. 6063–6064).

**Mallintaminen** sekä kykyä hyödyntää että tuottaa malleja, on nähty yhtenä kemiallisen ajattelun keskeisimmistä taidoista, kuten Cooper ja Stowe (2018) nostavat esiin. Justia ja

Gilbertiä lainaten he perustelevat mallintamisen keskeistä roolia sillä, että mallintaminen kohdistuu erilaisia esitystapoja hyödyntäen niin makrotasolla havaittuihin kemian ilmiöihin kuin niihin submikrotason ideoihin, joiden avulla ilmiötä yritetään selittää. Mallintaminen on siis aivan kemian tiedon luonteen ytimessä, sillä se auttaa havainnollistamaan abstraktejakin selityksiä, suunnittelemaan tarkoituksenmukaisemmin laboratoriokokeita sekä tukemaan päättelyprosesseja ja tiedon rakentamista. (Cooper & Stowe, 2018, s.6064)

**Ongelmanratkaisua** kemian tieteenalalla ei voida Cooperin ja Stowen (2018) mukaan tarkastella yhtenä yksittäisenä menetelmänä. Kemistien työ voi nimittäin pitää sisällään esimerkiksi numeerista ongelmanratkaisua annettua kaavaa käyttäen, orgaanisen synteessin esittämistä annetuista yhdisteistä, reaktiomekanismien muodostamista, kemiallisen ilmiön laskennallista mallintamista, tuntemattoman yhdisteen tunnistamista spektroskooppisten ominaisuuksien perusteella, tai esimerkiksi datan ominaisuuksien tunnistamista ja deduktiivisen päättelyn tekemistä siitä. Nämä kaikki edellyttävät erilaisia ajattelutapoja, taustatietoja, taitoja ja todistusaineistoja ratkaisun selvittämiseksi. Cooper ja Stowe kuitenkin huomauttavat, että ongelmat voidaan karkeasti jakaa avoimiin (useita järkeviä ratkaisuvaihtoja) ja suljettuihin (vain yksi oikea ratkaisu) ongelmiin. Heidän mukaansa monissa tutkimuksissa on osoitettu, että usein oppijat hallitsevat hyvin suljettuihin numeerisiin ongelmiin vastaamisen, mutta eivät osaa yhdistää vastauksia laajempaan käsitteelliseen ymmärrykseen siitä, mitä oikeastaan ovat laskemassa ja miksi. (Cooper & Stowe, 2018, s.6063–6064)

**Argumentoinnin käytäntönä** Cooper ja Stowe (2018) esittelevät tavoitteen edetä perustelujen avulla ennalta tuntemattomaan johtopäätökseen. Erduranin tapaan he määrittelevät argumentoinnin niin todistusaineiston kuin teorian koordinaationa joko tukea tai kieltää selitetty johtopäätös, malli tai oletus. Paljon tutkittuna argumentoinnin käytäntönä Cooper ja Stowe nostavat esiin Toulminin argumentaatiomallin, joka koostuu seuraavista vaiheista: lähtötieto/data (oppijoiden keräämänä tai tarjottuna), data-analyysistä nousevat väitteet (*warrants*/perusteet ja *backing*/taustatuki) joita analysoidaan (data-analyysi), lopputuloksena johtopäätös tai väite, joka on johdonmukainen datan kanssa. Oppimateriaalien suunnittelussa voidaankin Cooperin ja Stowen mukaan hyödyntää niitä tietoja, joita tutkimuksissa on saatu oppijoiden argumentointiin ja sen muodostamiseen liittyen. Esimerkiksi heidän mukaansa puutteelliset taustatiedot ja virheelliset perusteet aiheuttivat eräässä tutkimuksessa

suurimman osan oppijoiden virheistä. Lisäksi he nostavat esiin, että eräässä toisessa tutkimuksessa puolestaan havaittiin menestyksekkäämpien oppijoiden käyttävän enemmän vastaväitteitä (*rebuttals*), kun taas heikommin menestyvillä oli vaikeuksia arvioida todistuksen uskottavuutta. (Cooper & Stowe, 2018, s. 6064) Toisaalta argumentoinnin opetuksessa voidaan hyödyntää myös tarkoituksenmukaisesti muotoiltuja esitystapoja, kuten esimerkiksi kumoavaa tekstityyppiä (*refutation text*), jonka on havaittu olevan eräs tehokkaimmista keinoista muokata oppijan virhekäsityksiä (Tippet, 2010). Tämän tekstityypin periaate esitelläänkin tarkemmin verbaalisten esitystapojen tarkastelussa (luku 4.3.2.1).

**Selityksen muodostamisen käytäntönä** Cooper ja Stowe (2018) puolestaan mainitsevat käytännön, jossa sitä, miksi tai miten jokin kemian ilmiö tapahtuu, selitetään tieteellisten käsitysten avulla. Tällöin oppija muodostaa selityksen sen pohjalta mitä hän jo asiasta tietää. Cooper ja Stowe nostavat esiin tutkimuksen, jonka mukaan oppijat nojautuvat usein epäsuoraan tietoon ja heuristisiin päättelystrategioihin. Cooper ja Stowe nostavat esiin myös toisen tutkimuksen, jonka mukaan oppijaa voidaan kuitenkin tukea etenemään tällaisista virheellisistä selityksistä ohjaamalla oppija reflektoimaan sitä, miksi väärä vastaus on väärä. Tällöin oppijan käsitteellinen tieto ilmiöön liittyen voi aktivoitua ja mahdollistaa johdonmukaisemman selityksen muotoutumisen. (Cooper & Stowe, 2018, s.6064, 6068)

#### 4.3.1.3. *Kemian kokeelliset käytännöt*

Kemian tieteenalan keskeisimpiä kokeellisia käytäntöjä kemistien työssä ovat Sevianin ja Talanquerin (2014) mukaan kemiallisten aineiden analysoiminen, syntetisoiminen ja muuttaminen (*transformation*) (Sevian & Talanquer, 2014). Agustian ja Seery (2017) ovat selvittäneet laajan tutkimuskirjallisuuden pohjalta kemian oppimiseen vaikuttavia tekijöitä kokeellisen työskentelyn ennakoivallisiin liittyen. Heidän mukaansa erilaisten oppimateriaalien avulla voidaan jo ennen työskentelyä tukea kokeellisissa töissä tarvittavaa kemian käsitteiden ja teoreettisen taustan ymmärrystä, laboratoriotaitojen ja -prosessien ymmärrystä, sekä lisätä myös oppijoiden varmuutta ja motivaatiota kokeellista työskentelyä kohtaan. Kemian käsitteiden ja teoreettisen taustan ymmärtämisen tukemisessa voidaan käyttää esimerkiksi etukäteen saatavia luentomateriaalien ja työohjeiden yhdistelmiä, laboratorio-oppaita tai etukäteen katseltavia luentovideoita. Laboratoriotekniikoiden ymmärtämistä tukevia

oppimateriaaleja ovat esimerkiksi interaktiiviset simulaatiot ja tekniikkaa kuvaavat videot tai kuvat – näiden on osoitettu myös lisäävän oppijoiden motivaatiota ja varmuutta kokeellisuutta kohtaan. (Agustian & Seery, 2017)

Myös erilaisten tietokonepohjaisten kyselyjen avulla voidaan kartoittaa oppijan kemian oppimista ennen kokeellista työskentelyä. Agustian ja Seery (2017) raportoivat esimerkiksi tutkimuksista, joissa toimivaksi osoittautuneiden kyselyjen idea oli seuraavanlainen:

- Kysymykset muodostetaan teoriasta, metodeista ja turvallisuustoimeenpiteistä monivalintakysymysten muotoon.
- Vastauksiin saa automaattisen palautteen siitä, onko vastaus oikein vai väärin; lisäksi oikein vastaamista lujitetaan lisätiedolla, kun taas väärin vastaaminen ohjaa automaattisesti niihin oppimateriaaleihin, joiden avulla vastauksen voi korjata oikein.
- Kun tietty osuus vastauksista on oikein, oppijalla on pääsy laboratoriotyöskentelyyn. (Agustian & Seery, 2017)

Oppijoita voidaan ohjata myös suunnittelemaan ja tuottamaan itse se materiaali, jota käyttävät työskentelyssään. Työstä etukäteen käytävät keskustelut voivat puolestaan olla oppijalle tueksi kokeellisen työn jälkeen tehtävien työselostusten analyysien tuottamisessa. (Agustian ja Seery, 2017)

#### ***4.3.2. Kemian esitystapojen oppimista tukevia tekijöitä oppimateriaaleissa***

Edellä taulukossa 4 koottiin yhteen erilaisia representaatiomoodeja (esitystapoja), ja esimerkkejä niistä. Tämä representaatiomoodien luokittelu voidaan perustaa Gilbertin ja Eilamin (2014, s. 316–319) tavoin seuraaviin yleisiin moodeihin: verbaaliseen, visuaaliseen, symboliseen (kemiallinen ja matemaattinen), materiaaliseen ja myös keholliseen (*gestural*) moodiin. Näistä jokaisella on omanlaisensa luonne, laajuus ja rajat esittää tietyntylaisia tietosisältöjä (Gilbert & Eilam, 2014, 320; Gilbert & Afonso, 2014, 232). Seuraavissa alaluvuissa kuvataan verbaalisen, visuaalisen, symbolisen (kemiallinen ja matemaattinen), sekä materiaalisen esitystavan, keskeisimpiä piirteitä, joilla oppimateriaalien avulla voidaan edistää oppijoiden ymmärrystä ja oppimista kemian tiedon tasoista. Jokaisessa alaluvussa pyritään tarkastelemaan ymmärtämiseen

vaikuttavia tekijöitä ensin yleisellä tasolla ja sitten kemian tieteenalan tasolla, huomioiden sekä ymmärtämisen että tuottamisen näkökulmia.

#### 4.3.2.1. Verbaaliset esitystavat

**Verbaalisen tekstin ymmärtämisen prosessissa** voidaan yleisellä tasolla tunnistaa Mikkilän (1992, s. 103-105) sekä Kaakisen ja Hyönän (2012) mukaan kolme vaihetta: 1) *pintatasolla* tapahtuu kirjainten ja sanojen tunnistusprosesseja (Mikkilä, 1992) sekä sanatarkan muodon tallentumista (Kaakinen & Hyönä, 2012), 2) *tekstipohjalla* tapahtuu tekstin käsitteistä ja niiden välisistä suhteista muodostuvien väitteiden eli propositionien prosessointia, toisin sanoen tekstin semanttisen, propositionaalisen rakenteen prosessointia ja tallentumista, ja 3) *tilannemallin muotoutumisessa* tapahtuu päättelyn ja johtopäätösten tekemisen prosesseja sekä tekstipohjan että lukijan ennakkotietojen ja oppimisstrategioiden pohjalta. Näitä lukijan ennakkotietoja aiemmin opituista käsitteistä voidaan aktivoida tekstissä esimerkiksi alkuasetelmana, kuten ongelman, faktan tai arkihavainnon kautta, tai sitten erillisen ennakkojäsentäjän avulla (Mikkilä, 1992, s. 107, 113). Jos lukijalla ei ole ennakkotietoja aiheesta tai ne ovat puutteellisia, voi kirjoittaja kuitenkin edelleen auttaa lukijaa tarkoituksenmukaiseen päättelyyn ja johtopäätösten tekemiseen tukemalla tekstin rakenteen avulla tarkoituksenmukaista tekstipohjalla prosessointia (Kaakinen & Hyönä, 2012, s. 547–548).

Tekstin väitteiden järjestämisen rakenne riippuu Mikkilän (1992, s. 105) kokoaman tutkimuskirjallisuuden mukaan tekstin kommunikatiivisista tavoitteista ja tekstin aiheesta. Kommunikatiivisten tavoitteiden osalta tekstin rakentumista tarkastellaan tässä Mikkilän tavoin tekstin ymmärtämistä edistävien tekstirakenteiden eli tekstiorganisaation kautta (käyttäen tästä kokonaisuudesta tässä tutkielmassa termiä tekstin pedagoginen rakenne) ja lisäksi tekstin aiheeseen liittyvää rakentumista tarkastellaan tekstin tiedollisena organisaationa eli tiedollisena rakenteena. (Mikkilä, 1992)

**Tekstin pedagoginen rakenne.** Mikkilän (1992) mukaan tekstirakenne eli tekstiorganisaatio johdattelee lukijaa kirjoittajan huomioimalla näkökulmalla tietynlaiseen tekstin ja tiedon prosessointiin ja näin jäsentelytapojen erot voivat johtaa laadullisesti erilaisten tiedonrakenteiden muodostumiseen. (Mikkilä, 1992, s. 106) Tekstin ymmärtämisen edistämistä tarkastellaan usein tekstin osien välisiä suhteita kuvaavalla koherenssilla eli tekstikokonaisuuden johdonmukaisuudella tai

sidosteisuudella. Koherenssista voidaan erottaa *globaali* ja *lokaali* taso (Mikkilä, 1992, s. 103–104, 119), joita selvitetään seuraavaksi vähän tarkemmin.

***Globaalin tason koherenssi*** muodostuu koko tekstin asiasisällöstä ja kuvaa faktojen välisiä johdonmukaisia yhteyksiä osakokonaisuuksien kuten kappaleiden välillä. (Mikkilä, 1992, s. 103–104, 119) Kaakisen ja Hyönän (2012) mukaan näiden osakokonaisuuksien rakennetta ja hierarkiaa voidaan *kappalejaon* lisäksi signaloida esimerkiksi ylä- ja väliotsikoiden avulla. *Ylä- ja väliotsikot* auttavat lukijaa tunnistamaan uusien käsitteiden esittelyä sekä niiden asemoitumista ylemmän tai alemman tason käsitteiksi. Otsikoinnin avulla voidaankin auttaa oppijaa aktivoimaan omaa tietopohjaansa asiaan liittyen, helpottaa lukemista ja sisällön rakenteen ymmärtämistä, sekä myöhempää muistamista. (Kaakinen & Hyönä, 2012, s. 550). *Metatekstin* avulla kirjoittaja puolestaan kertoo lukijalle osakokonaisuuksien välisistä suhteista ja sisällöistä kuten

*”aiheen vaihtamisesta, päätelmän tekemisestä, asian varmuudesta tai epävarmuudesta, idean tärkeydestä, termin määritelmästä, asian vaikeustasosta, lukijan olemassaolon huomaamisesta, syystä, vastakohtasta tai muusta asioiden välisestä yhteydestä, esityksen jatkamisesta sekä asenteesta asiaa kohtaan”*. (Mikkilä, 1992, s. 110).

***Lokaalin tason koherenssi*** kuvaa lauseiden välisiä johdonmukaisia yhteyksiä. Jokaisessa tekstin sisältämässä lauseessa väitteitä voi olla yksi tai useampi, ja ne voidaan järjestellä toisiinsa nähden erilaisiin alisteisiin suhteisiin. Lauseiden sisältämät väitteet voivat esimerkiksi selittää, tarkentaa tai perustella tekstin kohteena olevaa asiaa. (Mikkilä, 1992, s. 104, 105) *Tekstityyppeinä* voivat tällöin olla esimerkiksi kuvailevat (deskriptiiviset), kertovat (narratiiviset), erittelevät (ekspositoriset), perustelevat (argumentoivat) ja ohjaavat (instruktiiviset) tekstityypit kuten Lauerma (2012) nostaa esiin Werlichin luokitteluna. Eräs luonnontieteiden ja kielitieteiden parissa paljon tutkittu tekstityyppi on Tippetin (2010) mukaan myös kumoava tekstityyppi (*refutation text*), jota voidaan kutsua myös käsitteenmuutostekstiksi. Tästä kumoavasta tekstityypistä voidaan tunnistaa kolme vaihtoa: 1) virhekäsityksen ilmaiseminen, 2) signaloiva vihje toisen käsityksen mahdollisuudesta virhekäsityksen lisäksi, sekä 3) virhekäsityksen selkeä kumoaminen tieteellisellä tiedolla. Lauseiden välisiä yhteyksiä voidaan muodostaa kielellisin keinoin esimerkiksi *konjunktioiden* avulla (Mikkilä, 1992, s. 103), *konnektiivien* avulla (Kaakinen & Hyönä, 2012, s. 547), sekä *suosimalla substantiiveja* epämääräisesti viittaavien



pronomien sijaan, ja käyttämällä tarkentavissa määritelmissä *samaa termiä* synonyymien sijaan (Kaakinen & Hyönä, 2012, s. 548).

Tekstin ymmärtämisen edistämiseen ja koherenttisuuteen liittyen Kaakinen ja Hyönä (2012) nostavat tutkimuskirjallisuudesta esiin lukijan ennakkotietojen vaikutuksen: Mikäli lukijalla on runsaasti ennakkotietoja tekstin aiheesta, hän kykenee niiden avulla tarkoituksenmukaisten päätelmien tekemiseen ja hyötyy enemmän epäkoherentimmasta tekstistä. Tällöin lukija joutuu tekemään aktiivisesti omia päätelmiään tekstin asioiden välisistä suhteista ennakkotietoihinsa nojaten, ja tämä aktiivinen päättelyprosessi auttaa asian sisäistämistä. Jos sen sijaan lukijalla ei ole ennakkotietoja tekstin aiheesta, niin aktiivinen päättelyprosessi jää puuttumaan vaillinaisista ennakkotiedoista johtuen ja asia sisäistetään vain pintapuolisesti. Tällöin ennakkotietojen puuttuessa lukija ymmärtää asiasisällön paremmin, kun teksti on koostettu koherenttisesti, sillä koherentti rakenne tukee lukijaa tarkoituksenmukaisten päätelmien tekemisessä. (Kaakinen ja Hyönä, 2012, s. 548) Näin tekstin koherenttisuutta säätämällä ja eriyttämällä voidaan siis tukea eritasoisia pohjatietoja omaavia lukijoita tekstisisältöjen ymmärtämisessä ja sisäistämässä.

**Tekstin tiedollinen rakenne** kuvataan Mikkilän (1992) esittelemän tutkimuskirjallisuuden pohjalta seuraavilla kolmella tasolla. Tekstin tiedollisen jäsentämisen perustana on *tietoaineksen rakenne*, joka kuvaa sitä tiedollista rakennetta, jonka asiantuntijat ovat tieteellisellä tutkimuksella tuottaneet, ja joka on suhteellisen yksimielinen kuva jostakin ilmiöstä. *Kirjoittajan tiedonrakenne* puolestaan kuvaa tiedollista rakennetta, jonka kirjoittaja muodostaa representaationa tietoaineksen rakenteesta omien ajatuksiensa, tietojensa ja kokemuksiensa kautta. *Didaktinen rakenne* kuvaa lopulta sitä, miten kirjoittaja muuntaa ja järjestää oman tiedonrakenteensa lukijalle kuvaamaan tietoaineksen rakennetta. Kirjoittajalla on valittavanaan lukuisia didaktisia rakenteita, mutta kaikki niistä eivät tarjoa lukijalle mahdollisuutta muodostaa itselleen sellaista tiedonrakennetta, joka vastaisi tietoaineksen rakennetta. (Mikkilä, 1992, s. 104–106) Seuraavaksi tarkastellaan, millaisia didaktisia tekijöitä on huomioitava teksteissä kemian tietoaineksen oppimiseen liittyen.

**Kemian teksteihin liittyvät piirteet.** Pintatasolla kemian teksteistä tunnistetaan tekstin yleisten piirteiden lisäksi kemian tietoainekselle ominaisia piirteitä, joita Markic ym. (2013) ovat koonneet yhteen tutkimuskirjallisuudesta. Kemian tekstit sisältävät esimerkiksi kemian tieteenalakohtaista erikoissanastoa ja laboratoriotyöskentelyyn

liittyvää teknistä sanastoa, jotka ovat usein arkikielelle vierasta kieltä, ja pohjautuvat esimerkiksi latinan- ja kreikankielisiin ilmauksiin. Arkikielelle vierasta on myös teksteistä löytyvä kemian symbolinen kieli, jonka tunnistettavat aakkoset ovat alkuaineiden symboleita, sanat kemiallisia kaavoja ja lauseet reaktioyhtälöitä, ja joissa jo yhden tai muutaman kirjaimen ero voi muuttaa merkityksen täysin toiseksi. Toisaalta kemian sanastoon kuuluu myös arkikielestä tuttuja termejä, mutta joiden merkitykset kuitenkin muuttuvat kemiassa tieteenalan kontekstin mukaiseen merkitykseen (esimerkiksi arkikielessä sokeri voi sulaa kahviin, mutta kemian kielessä sokeri liukenee). Lisäksi teksteissä hyödynnetään tieteenalalle ominaisia loogisen argumentoinnin muotoja päättelyssä ja kirjoittamisessa, esimerkiksi laboratorioraporteissa. Tekstityyppinä oppikirjoissa käytetään usein erittelevää tekstiä, jolle ominaista on tieteellisten sisältöjen ilmaiseminen informatiivisesti ja tiiviisti. Tekstit sisältävät myös viittauksia tulkintaa ja luokittelua edellyttäviin taulukoihin ja graafeihin, sekä viittauksia matemaattisiin käsitteisiin ja sovellettaviin kaavoihin. Monelle oppijalle kemian kieli itsessään onkin kuin vierasta kieltä. Lisäksi osalla oppijoista voi olla myös kielellisiä haasteita äidinkielen tai opetuskielen perustaidoissa, jotka edelleen voivat vaikeuttaa ymmärtämistä. Keskeistä on, että oppijat ymmärtävät ilmiön tai asian ennen kuin se nimetään kemian kielellä. Oppijoille tieteellisen sanaston ymmärtäminen on kuitenkin helpompaa kuin tieteellisten lauseiden tuottaminen, ja siksi yleisen kielitieteen alueelta oppijoille olisi opetettava sanojen muodostumisen (*morphology*) lisäksi myös lauseoppia (*syntax*). (Markic ym., 2013, s. 131–135, 137).

**Kemian tekstien ymmärtämisen tukeminen.** Markic ym. (2013) ovat koonneet tutkimuskirjallisuuden pohjalta yhteen yleisimpiä käytäntöjä esimerkkeineen kemian kielen ymmärtämisen tukemiseen. Näitä käytäntöjä ovat heidän mukaansa kuvallinen selittäminen tekstin sijaan, erilaiset kielelliset apukeinot tekstien ymmärtämisen ja kirjoittamisen tukemiseksi, sekä innovatiivisten opetusmenetelmien kuten yhteistoiminnallisen oppimisen hyödyntäminen. ***Kuvallinen selittäminen tekstin sijaan*** ja osin tekstillä tukien voi toteutua esimerkiksi vaiheittain kuvitetun laboratoriotyöohjeen muodossa. Tieteellistä sanastoa tai käytettyjen välineiden termejä voi liittää esimerkiksi kuvallisiin kortteihin, jolloin kuvituksessa voidaan hyödyntää myös oppijan kokemusmaailmasta nousevia assosiaatioita. Tietosisältöjen oppimista voi toisaalta keventää tarinoittamalla esimerkiksi kuvia atomeista ja molekyyleistä joko kokonaan tai osin oppijan täyttämällä puhekuplilla. Myös muita esitystapamoodeja voi käyttää tekstin rinnalla termejä selitettäessä. ***Erilaisia kielellisiä apukeinoja*** tekstin ymmärtämisen ja

kirjoittamisen tukemiseen voivat olla esimerkiksi sanastolliset ja sanamerkitykselliset apukeinot kuten sanalistat keskeisimmistä käytettävistä termeistä ja niiden merkityksistä. Avuksi voivat olla myös sanakentät tai sanapalapelit tiettyyn teemaan liittyvistä sanoista tai lauseista, jotka oppijan on järjestettävä oikeaan järjestykseen. Tällöin kieliopillista ulottuvuutta voi tukea esimerkiksi koodaamalla sanat sanaluokittain eri väreillä. Argumentoivaa tekstityyppiä voidaan harjoitella esimerkiksi jos-niin-lauseiden avulla, jolloin oppijan on osattava yhdistää kaksi erillistä lausetta yhdeksi lauseeksi syy-seuraussuhteen perusteella. Kirjoittaessaan lauseen oppija sekä toistaa lauseen että samalla harjoittelee lauseen muodostamiseen liittyvää kielioppia ja monipuolisia sisältöjä. (Markic ym., 2013, s. 138, 140–147) Kemian tietosisältöjen osalta de Jong ym. (2013) suosittelevat välttämään saman lauseen sisällä hybridi-ilmaisuja, joissa merkitykset voidaan ymmärtää joko makro- tai submikrotason käsitteinä, ja sen sijaan täsmällisillä sanavalinnoilla ja käsitteillä ilmaisemaan selkeästi, kumpaa tasoa tekstin on tarkoitus havainnollistaa. (de Jong ym., 2013, s. 106–116)

#### 4.3.2.2. Visuaaliset esitystavat

Kuvat ja visuaalinen asettelu eivät ole ainoastaan tyylliseikkoja, vaan niillä on myös jäsentävä, **tietoa organisoiva ominaisuus** ymmärrysprosessissa. (Hatva, 2009) Esimerkiksi luonnontieteissä erilaisten visualisointien tarkoituksena on testata ja kehittää ideoita, tehdä löytöjä ja selittää niitä, sekä herättää yhteiskunnallista kiinnostusta luonnontieteisiin ja niiden tarjoamiin sovelluksiin. (Ainsworth ym., 2011) Kuvat muodostavat karttamaisen pohjan tiedon hahmottamiselle ja ajattelulle jo ennen tekstiin tutustumista (Hatva, 2009, s. 58, 299, 314), ja esimerkiksi kuvitetun tekstin lukeneiden on todettu muistavan eri asioita kuin kuvittamattoman tekstin lukeneet (Hatva, 2009, s. 307).

**Kuvan pintatasolla tunnistettavat ominaisuudet** havaitaan ennen kuin kuvan tiedollinen käsittely varsinaisesti alkaa, ja tällaisiksi ominaisuuksiksi Hatva (2009) määrittelee esteettisyyden ja painottavuuden (s. 55). Nämä ominaisuudet ovat tekstistä riippumattomia (s. 304) mutta ohjaavat tiedollisen käsittelyn suuntautumista ja kohdistumista kuvan ilmaisemiin tietosisältöihin tekstissä seuraavasti (s. 314, 315). *Kuvan esteettisyys* tukee mielenkiinnon suuntaamista ja tunnepitoisten elämyksien muodostumista (s. 54, 68): esteettisesti miellyttävien kuvien katsomista jatketaan mielellään (s. 314). Vaikka esteettisyyden kokemus on riippuvainen katsojasta, niin myös

universaaleja käsityksiä esteettisyydestä tunnetaan (s. 54). *Kuvan painottavuus* puolestaan kohdistaa huomion ja ohjaa katsetta. Kuva voi olla heti erottuva tai lähes huomaamaton (s. 54), ja tähän vaikuttavat kuvan ilmaisutekniikka eri kuvatyyppeinä, rakenne, koko, sijainti, värillisuus ja erikoisuus (s. 54, 87). Esimerkiksi suuret ja värikkäät kuvat huomataan ja muistetaan todennäköisemmin (s. 315). (Hatva, 2009)

Gilbert ja Afonso (2014) toisaalta luokittelevat Hagartya mukailleen visuaalisten esitystapojen laajaa joukkoa niiden tunnistettavan ulkomuodon ja helppouden perusteella seuraaviin kolmeen ryhmään: **luonnollisiin reaali maailman kuvauksiin** (*iconic diagrams*) joita ovat esimerkiksi valokuvat; symbolisiin ja yksinkertaistettuihin kuvauksiin eli **kaaviokuvaan** (*schematic diagrams*) joita ovat esimerkiksi joukkojen välisiä suhteita kuvaavat Venn-diagrammit ja erilaisia prosesseja ja niiden vaiheita kuvaavat vuokaaviot; sekä faktoja tai kvantitatiivisia tuloksia esittäviin **kaavioihin ja kuvaajiin** (*charts and graphs*) joita ovat esimerkiksi taulukot ja viivadiagrammit muuttujien välisistä suhteista (Gilbert & Afonso, 2014, 231–236). Esimerkiksi kemian tieteenalalla ja luonnontieteissä visuaalisina esitystapoina käytetään Ainsworthin ym. (2011) mukaan muun muassa kuvauksia (*diagrams*), kuvaajia (*graphs*), sekä videoita, valokuvia ja muita kuvia; lisäksi teknologia mahdollistaa luonnontieteellisten prosessien visualisoinnin myös videoiden, animaatioiden ja esimerkiksi kameran pysäytyskuvista koostettujen elokuvien muodossa. Ainsworth ym. (2011) nostavat esiin, että yleisellä tasolla visuaalisen esitystavan toimivuus on parempi kuvan ollessa koherentti, tiivis ja pelkistetty.

**Kuvan tiedollisia ominaisuuksia** ovat Hatvan (2009) määrittelyn mukaan kuvan dokumentoituus, orientoituus ja symbolisuus, ja nämä ominaisuudet ovat riippuvaisia tekstistä. *Kuvan dokumentoituus* sitoo käsitteitä todellisuuteen ja toimii muistivihjeenä, kun kuvan ja tekstin suhde on toisiaan vastaava ja sopivan yksinkertainen (s. 54, 302). *Kuvan orientoituus* puolestaan tukee tekstin ymmärtämistä antamalla visuaalista lisäinformaatiota, perehdyttämällä aiheeseen omalla kielellään (s. 55) ja ehkäisemällä mahdollisesti virhekäsityksien muodostumista (s. 300). *Kuvan symbolisuus* sen sijaan mahdollistaa tekstin sisältämän tiedon pakkaamisen sopimuksen varaisesti ja tehokkaasti nopeaa tunnistamista varten (s. 55, 302). Kemian visualisoinnit voivat kuvata makrotasolla erilaisia havaittavia ilmiöitä ja submikrotasolla esimerkiksi erilaisia rakenteellisia malleja (Taber, 2013). Kuvan symbolisia piirteitä kemiassa ovat esimerkiksi molekyyli rakenteita mallittavissa kuvissa sidoksia kuvaavat viivat ja

alkuaineiden kirjainlyhenteet, tai esimerkiksi fenyyliryhmän keskelle piirretty rengas kuvaamassa elektronitiheyden delokalisoitumista (Taber, 2009, s. 80, 82–83).

**Visuaalisten esitystapojen tulkitseminen** varsinkin luonnontieteissä onkin helpommin ymmärrettävissä, kun *visuaalisen ja verbaalisen esitystavan yhteys* on selkeästi havaittavissa, kuten Gilbert ja Alfonso (2014) korostavat Mayeria (2002) mukaillen. Tällöin tekstin on oltava sidosteinen eli koherentti kuvan kanssa ja ilmaistava tarvittava määrä tietoa kuvan ymmärtämiseksi oikein. Tekstin on myös oltava eriteltyä ja lähellä kuvaa, ja mikäli näitä ei voida näyttää samanaikaisesti, on tiedonkäsittelyn näkökulmasta parempi esittää visualisointi ensin. Kuvan nimeäminen (*labeling*) puolestaan toimii selkeänä signalointina kuvan ja tekstin välisen informaation yhdistämissä (Gilbert & Afonso, 2014, s. 235) Kuvan ja tekstin välisestä suhteesta riippuen kuva voi olla *koristava*, jos kuvateksti tai viittaukset tekstissä puuttuvat; *havainnollistava*, jos ilmiö nimetään kuvatekstissä; *selittävä*, jos ilmiö nimetään ja osin selitetään kuvatekstissä; sekä *täydentävä*, jos kuvatekstissä nimetään ilmiö ja esitetään myös lisätietoa, jota ei tekstistä löydy. (Gilbert & Afonso, 2014, s. 231–236) Tulkinnan apuna voi olla myös *visuaalisen esitystavan tukeminen toisella visuaalisella esitystavalla*. Esimerkiksi Gilbertin ja Afonso kokoaman tutkimuskirjallisuuden perusteella yksittäisen valokuvan sijaan on ymmärtämisen kannalta tehokkaampaa esittää valokuvien sarja ilmiön eri vaiheista. (Gilbert & Afonso, 2014, s. 231–236)

**Visuaalisten esitystapojen tuottaminen piirtämällä** voi Ainsworthin ym. (2011) kokoaman tutkimuskirjallisuuden perusteella vaikuttaa oppijan oppimiseen monin eri tavoin. Piirtämisen avulla oppija voi esimerkiksi

1. motivoitua ymmärtämään tutkimista, koordinoitua ja perusteluja luonnontieteissä;
2. oppia esittämään luonnontieteellistä tietoa ja ymmärtämään visuaalisten esitystapojen toimivuutta ja tarkoituksenmukaisuutta tietynlaisen tiedon esittämisessä verbaalisten esitystapojen rinnalla;
3. oppia päättämään luonnontieteen käsitteellistä tietoa opettajan ohjauksessa, kun piirtäen hahmottelevat konkreettisia havaintoja, tekevät kuvaajia mittaustuloksien numeerisista arvoista, ja muotoilevat havainnollistavia malleja luonnontieteellisten ilmiöiden selittämiseksi;
4. hyödyntää tehokkaasti oppimisstrategiaa luonnontieteiden visuaalisavaruudellisten sisältöjen ymmärtämisessä;

5. kommunikoida ajatuksiaan näkyviin toisille ja oppia yhdessä lisää arvioidessaan analyttisesti näiden piirrettyjen eri esitystapojen selkeyttä, koherenssia ja sisältöjä. (Ainsworth ym., 2011)

#### 4.3.2.3. Symboliset esitystavat

Symboliset esitystavat voidaan jakaa kemian symbolisiin esitystapoihin ja matemaattisiin esitystapoihin (Gilbert & Eilam, 2014, s. 319). Tässä luvussa symbolisia esitystapoja tarkastellaan erityisesti kemian symbolisina esitystapoina, matemaattisia esitystapoja puolestaan seuraavassa alaluvussa. Kuten edellä on todettu, yleisiä kemian symbolisia esitystapoja teksteissä ovat kirjainlyhenteistä muodostetut kemialliset kaavat atomeista ja molekyyleistä sekä reaktioyhtälöt. (Markic ym., 2013; de Jong ym., 2013, s. 101) Kemiassa hyödynnettäviä symboleja ovat myös esimerkiksi kirjainlyhenteet muuttujille (kuten  $n$ ,  $m$ ,  $V$ ) ja yksiköille (kuten mol, kg,  $m^3$ ), nuolimerkinnät prosesseille ja tasapainolle ( $\rightarrow$ ,  $\rightleftharpoons$ ) ja varausmerkinnät ioneille (+, -). (Taber, 2009, s. 75–105) Visualisoinneissa viivat symboloivat esimerkiksi kemiallisia sidoksia (-, =, ---), alkuaineiden kirjainlyhenteet atomien suhteellisia paikkoja molekyyliarakenteissa ja rengas fenyyliryhmän keskellä elektronitiheyttä. (Taber, 2009, 75–105) Numerot reaktioyhtälöissä symboloivat aineiden välisiä kvantitatiivisia suhteita (Gilbert & Eilam, 2014, s. 319).

Symbolinen taso toimii usein makro- ja submikrotason välittäjänä. Esimerkiksi reaktioyhtälö voi esitystapana olla joko kuvaus aineiden muutoksesta makrotasolla tai kuvaus hiukkasten vuorovaikutuksesta ja muodostumisesta submikrotasolla. Samanaikaisesti kun symbolinen esitystapa on hyvin tiivis ja tehokas tapa esittää niin makrotason ilmiötä kuin submikrotason selitystä sekä niiden välistä yhteyttä, niin tämä symbolisen tason moniselitteisyys lisää noviisioppijan kognitiivista kuormitusta symbolisen tason **tulkinnassa**. Tällöin oppija joutuu kontekstin ja pohjatietojensa pohjalta päättämään, milloin symbolisen tason avulla selitetään makrotasoa ja milloin submikrotasoa. Taber (2009) korostaakin symbolisen esitystavan kohdalla huolellisen *signaaloinnin* tärkeyttä: oppijalle on tehtävä selväksi, millä tasolla kulloinkin liikutaan tai kun siirrytään tulkinnassa toiselle tasolle. Sama moniselitteisyys pätee myös verbaalisiin ilmauksiin: siinä missä ekspertille saattaa pohjatietojensa ja asiayhteyden perusteella olla itsestään selvää, että tarkoitetaanko esimerkiksi ”vety”-termistä puhuttaessa alkuainetta, ainetta, atomia vai molekyyliä, niin noviisioppijan kohdalla tämä päätelmä on erikseen

tehtävä. Symbolisten esitystapojen, erityisesti reaktioyhtälöiden, ymmärtämisessä ja hyödyntämisessä tärkeää on, että oppija oppii symbolit ja niiden merkityksen, kieliopin sekä ymmärtämään riittävästi kemian tietosisältöjä **tuottaakseen** väittämiä oikein reaktioyhtälöiksi. Tämä symbolisten esitystapojen oppimisprosessi edellyttää aikaa ja harjoittelua samalla, kun tietosisältöjä opitaan. (Taber, 2009, s. 98–100)

#### 4.3.2.4. *Matemaattiset esitystavat*

Matemaattinen esitystapa on Gilbertin ja Eilamin (2014) mukaan luonnontieteissä ja niiden opetuksessa arvostettu esitystapa tietosisältöjen esittämisessä. Heidän mukaansa matemaattisten yhtälöiden avulla voidaan 1) muodostaa tiiviitä kvantitatiivisia esityksiä kiinnostuksen kohteena olevista asioista ja niiden välisistä suhteista niitä kuvaavien muuttujien avulla, 2) tarjota kieli, jonka avulla voidaan faktoihin pohjautuen edetä päättelyssä, sekä 3) testata ja kehittää vaihtoehtoisia manipulaatioprosesseja kiinnostuksen kohteena olevan ilmiön mahdollisesta käyttäytymisestä, jotta ilmiötä voidaan sopivilla oletuksilla testata myös empiirisesti. (Gilbert & Eilam, 2014, s. 319)

Matemaattiset esitystavat ovat abstraktein ja samalla keskeinen esitystapa kemian tieteenalalla (Coli ym., 2013, s. 254). On laajaa näyttöä siitä, että monilla oppijoilla on puutteita erilaisten matemaattisten sovellusten ymmärtämisessä ja taidoissa käyttää niitä (Coli ym., 2013, s. 254). Toisaalta monet oppijat myös esimerkiksi kykenevät ratkomaan matemaattisen tai algoritmisen ongelman, mutta ilman varsinaisen käsitteellisen ongelman ratkaisemista (Cheng & Gilbert, 2009, s. 58).

#### 4.3.2.5. *Konkreettiset materiaaliset esitystavat*

Konkreettisia materiaalisia esitystapoja hyödynnetään fysikaalisen rakenteen kuvaamiseen kolmiulotteisesti ja tuntoaistilla koettavasti (Gilbert ja Eilam, 2014, s. 317). Kemiassa yleisiä konkreettisia materiaalisia esitystapoja ovat submikrotasoa kuvaavat pallo-tikku-mallit (*ball-and-stick model*) ja kalottimallit (*space-filling model*) (de Jong ym., 2013, s. 101). Virhekäsitysten välttämiseksi on tärkeää, että oppijoille tuo esiin, että mallit eivät ole tarkka kuvaus todellisuudesta, sekä erot mallin ja todellisen kohteen välillä niin kokojen välisissä suhteissa, värityksessä kuin esimerkiksi tikkujen merkitys mallissa ja ero sidoksiin todellisuudessa (de Jong ym., 2013, s. 111, 112). Käyttämällä pallo-tikku- ja kalottimalleja rinnakkain, voidaan tuoda myös esiin saman ilmiön

kuvaaminen eri malleilla (de Jong ym., 2013, s. 111–112). Gilbert ja Eilam huomauttavat, että tietokonemallinnukset ovat tuoneet virtuaalisen ulottuvuuden kolmiulotteisten rakenteiden tarkasteluun. Virtuaalisesti rakenteita ja niiden dynaamisia muutoksia on mahdollista tarkastella niin avaruudellisesti kuin ajallisestikin, mutta he huomauttavat, että rakenteen ymmärtäminen ei välttämättä ole tällöin samanlaatuista kuin tuntoaistin välityksellä käsiteltynä (Gilbert & Eilam, 2014, s. 317).

#### *4.3.2.6. Esitystapojen yhdistelmät*

Kuten edellä tutkimuskirjallisuuden pohjalta on käyty läpi, kemialliset (ja luonnontieteelliset) tietosisällöt ovat luonteeltaan monitasoisia, eli ilmiöitä tarkastellaan eri etäisyyksiltä, erityisesti makro- ja submikrotasoilla. Lisäksi kemialliset (ja luonnontieteelliset) tietosisällöt ovat luonteeltaan usein myös monimodaalisia siten, että yksittäisen ilmiön tai käsitteen selittämisessä tarvitaan yleensä useampaa kuin yhtä esitystapaa tekstin rinnalla, kuten Cheng ja Gilbert (2009) tuovat esiin. Eri esitystapojen yhteisvaikutus muodostaa lopulta varsinaisen tietosisällön: Jokainen esitystapa vuorovaikuttaa ja edistää merkityksen muotoutumista muiden esitystapojen kanssa. Heidän mukaansa tärkeää onkin niin ymmärrys yksittäisten esitystapojen hyödyntämisestä, kuin myös eri esitystavoista muodostettujen yhdistelmien hyödyntämisestä. (Cheng & Gilbert 2009)

Kun oppijoille on vaikeaa siirtyminen yhdeltä tiedon tasolta toiselle, esimerkiksi makrotasolta submikrotasolle, niin Chengin ja Gilbertin (2009) mukaan vaikeaa on myös siirtyminen eri esitystavalta toiselle – jopa silloin, kun pysyttäisiin vain yhdellä tiedon tasolla, esimerkiksi makrotasolla. Eri esitystapojen keskinäinen vuorovaikutus voi olla sisällöllisesti toisiaan vastaavaa, toisiaan täydentävää, tai perustellusti jopa toisilleen vastakkaista. Mikäli oppija ei ymmärrä eri esitystapoja tai ei osaa siirtyä tai nähdä yhteyksiä eri esitystapojen välillä, kemian oppiminen voi vaikeutua. Cheng ja Gilbert (2009) esittävätkin, että yksittäisten oppijoiden vaikeudet vastata sellaisiin kysymyksiin, jotka edellyttävät syvempää ymmärrystä voivat johtua juuri siitä, että eri esitystapojen välillä siirtyminen on heille vierasta tai mentaalisesti haastavaa.



### ***4.3.3. Kemian välineellisiä oppimista tukevia tekijöitä materiaaleissa***

Kemialle ominaisia, ilmiöiden tutkimisen tukena käytettyjä välineitä ovat esimerkiksi laboratoriovälineet ja -laitteet, laboratorioympäristöt (konkreettiset ja virtuaaliset), konkreettiset pallo-tikku-rakennussarjat, sekä laskennallisen kemian välineet, joita voisi tarkastella enemmänkin. Tässä yhteydessä keskitytään kuitenkin tarkastelemaan oppimateriaalien välineellisyydestä digitaalisuutta, sillä edellä tarkasteltuja esitystapoja on mahdollista hyödyntää ja hyödynnetään myös digitalisilla alustoilla.

#### *4.3.3.1. Digitaalisuus ja oppimisen tukeminen oppimateriaaleissa*

Edellisissä alaluvuissa mainitut tekstin ja kuvan ominaisuudet tukevat myös digitaalisten oppimateriaalien sisällön ymmärtämistä. Tämän lisäksi digitaalisten oppimateriaalien sisällön ymmärtämiseen vaikuttavia tekijöitä ovat erityisesti monipuolisuus, teknisyys, toiminnallisuus, vuorovaikutteisuus ja resurssimahdollisuudet.

Esimerkiksi Ekonoja (2013, s. 63–66) on koonnut yhteen tutkimustietoa sähköisten ja verkko-oppimateriaalien laadukkaista ominaisuuksista. Näistä ominaisuuksista keskeisimpänä digitaalisena ominaisuutena toistuu **monipuolisuus** digimateriaalin sisällön kokoamisessa: digimateriaaleissa saman materiaalin sisälle voidaan integroida useita erilaisia ja vaihtoehtoisia elementtejä. Sama asia voidaan materiaalissa esittää monilla eri tavoilla ja mediamuodoilla, ja liittää mukaan runsaasti erilaisia interaktiivisia ja vuorovaikutteisia elementtejä sekä tehtävätyyppejä. Tällainen monipuolisuus yhdessä oppimateriaalissa mahdollistaa osaltaan eriyttämisen, oppijan motivaation tukemisen, sekä joustavuuden ja sopivuuden eri oppijoiden oppimistyyyleille. On kuitenkin huomattava, että monipuolisuuden on oltava perusteltua varsinkin eri mediamuotojen hyödyntämisen osalta. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös eri elementtien riittävään laatuun, erityisesti jos oppimateriaaliin liitetään elementtejä Internetistä.

Ekonoja (2013, s. 185–186) nostaa esiin myös oppimateriaalien **teknisyyden**, erityisesti teknisen toimivuuden tärkeyden yleisimmillä laitteistokokoonpanoilla. Sähköisten oppimateriaalien teknisessä toimivuudessa huomioitavia asioita ovat esimerkiksi käyttöjärjestelmien ja Internet-selaimien eroavaisuudet, päivitettävyyys sekä skaalautuvuus eri kokoisille näytöille kuten älypuhelimelle, tabletille ja isolle tietokoneruudulle. Verkossa sijaitsevan sähköisen oppimateriaalin osalta teknisessä

toimivuudessa on kiinnitettävä huomiota myös käytetyn palvelimen korkeaan saavutettavuuteen ja skaalautuvuuteen. Mikäli oppimateriaalissa käytetään eri mediatyyppejä, kuten ääntä ja kuvaa videoissa, on huomioitava, että äänen- ja videovälineet saattavat puuttua opetustilasta. Siksi tällaiseen oppimateriaaliin on suositeltavaa sisällyttää lisäksi tai vaihtoehtoisesti tekstitarkennuksia videon päälle.

Kankaanrannan (2015, s. 11–24) yhteen kokoamassa tutkimuskirjallisuudessa puolestaan keskeisenä digitaalisena ominaisuutena, funktiona, korostuu **toiminnallisuus** digimateriaalin sisällön käsittelemisessä: digimateriaaleissa tekstiä ja sisältöjä voidaan lukea ja muokata useilla erilaisilla ja vaihtoehtoisilla toiminnoilla (s. 15–16). Tässä tutkielmassa nämä toiminnot jaotellaan teknisiin toimintoihin, sisällön hyödyntämisen toimintoihin sekä oppimista tukeviin toimintoihin. Digimateriaaliin sisällytettyjä *teknisiä toimintoja* ovat esimerkiksi navigointi, muistiinpanojen tekeminen, tekstin korostaminen, indeksointi, kirjanmerkit ja haku tietokannoista (Kankaanranta, 2015, s. 15). Tekstin *sisällön hyödyntämisen toimintoja* ovat etsiminen, selailu, valikointi, muokkaaminen, kopiointi, leikkaaminen, yhdistely, jakaminen, tulostaminen, editointi, uudelleen käyttäminen sekä henkilökohtaisen kirjaston luominen toisiinsa liittyvistä teksteistä. (s. 15, 17) *Oppimista tukevia toimintoja* ovat esimerkiksi hypertekstin ei-lineaarisuus (jossa tekstiin sisällytettyjen linkkien kautta pääsee tarkastelemaan saman asian käsittelyä muualla) ja multimedia, sekä oppimisen hallinnointiin liittyvät toiminnot.

Kankaanrannan (2015) esittelemässä tutkimuskirjallisuudessa digitaalisuuden todetaan mahdollistavan myös laajemman **vuorovaikutteisuuden** sekä pääsyn erilaisten tietosisältöjen **resursseihin**. (s. 16) Digitaalisen oppikirjan laadukkuudessa painottuu erityisesti se, että ne täydentävät painettujen oppikirjojen tietosisältöjä juuri tällaisilla oppimisen lisäresursseilla ja työvälineillä. (s. 16) Oppimistuloksissa ei ole juurikaan eroa painettujen ja digitaalisten oppimateriaalien hyödyntämisen välillä. Ongelmanratkaisutaitojen ja itseohjautuvuuden oppimista voidaan edistää digitaalisella materiaalilla enemmän kuin painetulla materiaalilla, mutta tällöinkin opettajan käyttämät opetusstrategiat ja toimintojen järjestely luokassa ovat merkityksellisintä. (s. 19)

Baumanin ja Tuzhilinin (2018) mukaan teknologian kehittymisen myötä valittavissa olevien digitaalisten oppimateriaalien ja tietolähteiden valikoima on kasvanut ja kasvaa edelleen merkittävästi. Samanaikaisesti on kasvanut myös oppimiskokemusten yksilöllistämisen tarve näissä oppimisympäristöissä. Digitaalisten (ja avoimien)

oppimateriaalien valintaa helpottamaan on kehitetty informaatioteknologisia 'suosittelevia järjestelmiä', joissa erilaisia algoritmeja hyödyntäen voidaan käydä automaattisesti läpi suuri joukko tietosisältöjä, ja valita niiden joukosta tietyillä reunaehdoilla oppimisprosessiin sopivat oppimateriaalit juuri tietyn oppijan suorituksiin ja koulutustaustaan suunnattuna. Bauman ja Tuzhilin (2018) esittelevät oppimistuloksia parantavan oppimateriaalien teknologisen valintamenetelmän, jossa kullekin oppijalle valitaan ja suositellaan personoidusti lisäoppimateriaaleja täydentämään oppimisprosessissa muodostuneita tietoaukkoja seuraavasti:

1. Tietorakenne ja pakolliset oppimateriaalit: Kurssin aiheiden kokoaminen tietorakenteeksi ja pakollisten oppimateriaalien yhdistäminen siihen.
2. Lisäoppimateriaalien kirjasto: Lisäoppimateriaalien kirjaston kokoaminen kurssin aiheita eri tavoin käsittelevistä lisäoppimateriaaleista.
3. Lisäoppimateriaalien yhdistäminen tietorakenteen aiheisiin: Lisäoppimateriaalien tietosisällön yhdistäminen kurssin tietorakenteen aiheisiin. Jokaiseen kurssin aiheeseen yhdistetään lisäoppimateriaalien kirjastosta soveltuvin tietosisältö kyseiseen aiheeseen liittyvän tietoaukon täydentämiseksi.
4. Kysymykset kurssin aiheista: Kurssin tietorakenteen aiheisiin sovitettujen kysymysten kokoaminen kyselyksi.
5. Kysely: Oppijan oppimisprosessin vaiheen kartoittaminen kyselyllä.
6. Kyselyvastausten analyysi: Oppijan tietoaukkojen tunnistaminen kyselyn vastausten analysoinnilla.
7. Lisäoppimateriaalien hyödyntäminen oppijan tietorakenteen täydentämiseksi. Tietoaukkoja täydentävien lisäoppimateriaalien suositteleminen oppijalle. (Bauman ja Tuzhilin, 2018)

Useissa tämän menetelmän vaiheissa hyödynnetään erilaisia informaatioteknologisia ohjelmistoja ja algoritmeja, jolloin menetelmä on pitkälle automatisoitu. Tällöin monen oppijan personoitu oppimisprosessin tukeminen oppimateriaaleja hyödyntäen on toteutettavissa kohtuullisella ajankäytöllä valmistelutyötä (vaiheet 1–4), selvitystyötä (vaiheet 5–6) ja tukitoimia (vaihe 7).

#### 4.3.3.2. Digitaalisuus ja oppimisen tukeminen kemian oppimateriaaleissa

Chiu ja Wu (2009, s. 251–283) ovat tutkimuskirjallisuuden pohjalta koonneet yhteen digitaalisuuden näkökulmia tarkastelemalla multimedian roolia kemian oppimisessa. Heidän näkemyksensä mukaan multimedia tukee kemian tiedon tasojen oppimista toimimalla mallinnuksen välineenä (*modeling tool*), oppimisen välineenä (*learning tool*), arviointivälineenä (*assessment tool*) sekä opetuksen välineenä (*instructional tool*).

*Mallinnuksen välineenä* multimedia tarjoaa alustan kemian tieteellisten käsitysten mukaisten mallien ilmaisemiselle dynaamisten, simuloitujen ja analogisten esitystapojen kautta. Mallinnuksen välineenä multimedia tarjoaa toisaalta alustan myös oppijan omien käsitysten ja mentaalisten mallien ilmaisemiselle, sekä näiden muokkaamiselle ja laajentamiselle ymmärryksen ja yhteyksien syventyessä kemian tieteellisten tietojen mukaisilla käsityksillä. (Chiu & Wu, 2009, 256)

*Oppimisen välineenä* multimedialla on mahdollista tukea oppijan ymmärrystä kemian käsitteistä ja tukea oppijan taitoja hyödyntää eri esitystapoja seuraavasti: 1) mahdollistamalla eri esitystapojen kuten tekstin, äänen, videoiden, kuvaajien ja animaatioiden hyödyntämisen, 2) tekemällä näkyväksi yhteydet eri tasojen ja esitystapojen välillä, 3) esittämällä kemiallisten ilmiöiden dynaamista ja vuorovaikuttavaa luonnetta, 4) edistämällä siirtymistä 2- ja 3-ulotteisten havainnollistuksien välillä, sekä 5) vähentää oppijoiden kognitiivista kuormitusta tekemällä informaation näkyvään ja välitettävään muotoon. (Chiu & Wu, 2009, 256, 260–261)

#### 4.4. Kemian oppimateriaalit ja opettaja: kemian opetusta tukevia tekijöitä materiaaleissa

Yleisellä tasolla oppimateriaalien opetuskäyttöön liittyen Heinonen (2005, s. 191–193, 231–232) on nostanut esiin sen ennakkokäsityksen, että oppikirjat ja niiden mukaan eteneminen ohjaisivat opettajakeskeisten opetusmenetelmien hyödyntämiseen opetuksessa, ja että oppikirjasidonnaisuus olisi oppimisen kannalta haitallista. Kuitenkin hänen tutkimuksensa tukevat sitä käsitystä, että oppimateriaalien sisältämät monipuoliset ratkaisut erilaisten opetusmenetelmällisten lähestymistapojen suhteen innostivat suomalaisten opettajien enemmistöä uusien ja erityisesti oppilaskeskeisempien

opetusmenetelmien käyttöön. Opettajat hyödynsivät oppimateriaaleja eri tavoilla ja erilaisia opetusmenetelmiä käyttäen. Oppikirjan mukaan edetessään opettajat saattoivat hyödyntää monipuolisesti muitakin lähdeaineistoja. Eriyttämisessä oppikirjoilla on puolestaan tärkeä merkitys opetuksen tukena. (Heinonen, 2005)

Oppimateriaalien valinnassa voidaan käyttää apuna erilaisia kriteereitä. Luvussa 2 esitellyn oppimateriaalien luokittelun pohjalta voitaisiin arvioida oppimateriaalin tietovälitteisyyttä/välineellisyyttä (miten on hyödynnettävissä?), tietosisällöllisyyttä (mitä ja miten muotoiltua sisältöä?) ja myös oppimateriaalien hyödyntämiä tekijöitä oppimiseen ja opetukseen liittyen (hyödyntääkö oppimisprosessiin erikoistunutta tietoa?). Esimerkiksi Vainionpää (2006) on koonnut oman kriteeristönsä, jossa huomioidaan materiaalien tietovälitteisiä ja tietosisällöllisiä tekijöitä, sekä myös oppimiseen ja opetukseen liittyviä tekijöitä. Vainionpään oppimateriaalien arviointikriteeristö koostuu seuraavista tekijöistä (kursiivilla olevat määrittelyt lisätty tämän tutkielman puitteissa):

1. Ajankohtaisuus ja luotettavuus (*tietosisällöllisyys*)
2. Laaja-alaisuus ja kattavuus (*tietosisällöllisyys*)
3. Saatavuus (*tietovälitteisyys*)
4. Kustannukset (*tietovälitteisyys*)
5. Uudelleenkäytön mahdollisuudet (*tietovälitteisyys*)
6. Käytettävyys ja yksilöllisen etenemisen mahdollisuudet (*tietovälitteisyys*)
7. Monimuotoisen aktiivisen oppimisprosessin mahdollistaminen erilaisten vaihtoehtojen avulla (*pedagogisuus*)
8. Arviointia tukevat seikat (*pedagogisuus*) (Vainionpää, 2006)

#### ***4.4.1. Kemian opettajien käyttämiä valintaperusteita eri oppimateriaaleille***

Aksela ja Pernaa (2017, s. 201, 204–205, 212) ovat selvittäneet suomalaisten kemian opettajien näkemyksiä lukion kemian oppikirjan hyvistä ominaisuuksista. Opettajat kiinnittivät huomiota oppikirjan rakenteeseen, kemian perustietoon, tehtäviin sekä ajankohtaisiin asioihin kemian merkittävyyydestä yhteiskunnassa ja elinympäristössä. *Rakenteessa* opettajat arvostivat sivu-, aukeama- ja kirjasolla selkeyttä ja taiton hyödyntämistä leipätekstin, tiivistelmien, kuvaajien, lisäartikkelien ja tehtävien erottelussa. *Kemian perustiedon* osalta opettajat kiinnittivät huomiota siihen, että

perustiedot on esitetty hyvin ja riittävässä määrin, muttei kuitenkaan liiallisesti. Oppikirjan sisältämä hyvin esitetty perustieto mainittiin syyksi myös sille, että kirjaa käytettiin opetuksen tukena silloinkin, kun oppilaat olivat siirtyneet uudempien kirjasarjojen käyttämiseen. *Tehtävien* tärkeyttä painotettiin erityisesti monipuolisuuden ja kattavuuden osalta. Monipuolisia tehtäviä eri tasoille oppijoille tarvitaan opettajien näkemysten mukaan paljon, sillä ne auttavat eriyttämään opetusta tarpeen mukaan sekä ylös että alaspäin. Hyvänä nähtiin myös, että tehtäviä oli kattavasti koko käsiteltävältä alueelta. Lisäksi kertaustehtävien katsottiin valmentavan jatko-opintoihin ja laajentavan opiskelua kurssivaatimuksia korkeammille tasoille. *Kemian merkityksen* painottaminen yhteiskunnan ja elinympäristön ajankohtaisissa asioissa on opettajien näkemysten perusteella motivoivaa.

Akselan ja Pernaan (2017, s. 210–212) mukaan kaikissa nykyisin julkaistuissa kemian oppikirjoissa löytyvät edellä mainitut opettajien arvostamat ominaisuudet. Merkittäväksi oppikirjan valintaan vaikuttavaksi tekijäksi Aksela ja Perna nostavatkin teoksen ominaisuuksien lisäksi erityisesti kustantamojen myynti- ja markkinointitaidot sekä -resurssit. Sähköisten oppikirjojen käyttö oli vielä vähäistä kouluissa Akselan ja Pernaan tekemän tutkimuksen aikoihin, ja tähän mahdollisesti vaikuttivat opettajien käyttökokemukset sähköisen oppikirjan haastavuudesta: opettajien kokemuksen mukaan tietoteknisten taitojen vaihtelevuus sekä teknisen harjoittelun aikaavievuus ovat haaste sähköisten oppikirjojen käyttöönotolle.

Ainsworth ja Newton (2014, s. 40, 44) ovat kartoittaneet luonnontieteiden opettajien huomioita visuaalisten esitystapojen hyödyntämisessä. Heidän mukaansa opettajien vastauksista nousi esiin kaksi keskeistä piirrettä, joihin opettajat kiinnittävät huomiota: esitystavan kiinnostavuus oppijoille, sekä oppijoiden yksilöllisten erojen vaikutukset oppimiselle esitystapaa hyödynnettäessä. Oppijoiden kiinnostus esitystapaa kohtaan nähtiin tärkeänä kriteerinä sen valinnalle, ja opettajat kiinnittivät tällöin huomiota siihen, ettei näitä kiinnostavia esitystapoja kuten videoita käytettäisi liikaa tai hyödynnettäisi ilman vahvaa opetuksellista tavoitetta. Opettajat pohtivat myös oppijoiden yksilöllisiä eroja ja niiden vaikutusta siihen, miten oppijat voivat hyödyntää esitystapoja ja millaista eriyttävää opetusta tällöin tarvittaisiin. Ainsworthin ja Newtonin (2014) mukaan esitystapoja koskevan tutkimuksen tulisikin enemmän kiinnittää huomiota opettajien työssään kohtaamiin kysymyksiin kuten oppijoita kiinnostaviin esitystapoihin, opettajan

rooliin tukea oppimista eri esitystapoja hyödynnettäessä ja niihin esitystapoihin, joita opettajat hyödyntävät paljon opetuksessaan.

#### ***4.4.2. Kemian opettajien tapoja hyödyntää oppimateriaaleja oppimisen tukemiseen***

Kuten tutkielman aiemmista luvuista ilmenee, oppiminen edellyttää oppijan ennakkotietojen aktivointia ja käsitteellistä muutosprosessia. Tällaisen yksilöllisen reflektoinnin mahdollistaminen, tukeminen ja seuraaminen voi kuitenkin olla hyvin vaativaa monen oppilaan ryhmässä, kuten Heeg ym. (2020) nostavat esiin. Tutkimuskirjallisuuden pohjalta he esittelevätkin seitsemän keskeistä piirrettä, jotka huomioimalla opettaja voi edistää yksittäisten oppijoiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä ryhmässä. Heidän mukaansa keskeistä on tukea oppijaa

1. tulemaan tietoisiksi omista yksilöllisistä käsityksistään
2. tuomaan esiin omat yksilölliset käsityksensä
3. luomaan oma tilannemalli vertailtavaksi muiden yksilöllisistä käsityksistä koostettujen tilannemallien joukkoon
4. osallistumaan aktiivisesti ryhmässä esittelemällä oma tilannemalli toisille
5. refleктоimaan muiden ryhmäläisten käsitteellistä ymmärrystä kysellen, perustellen ja ymmärtäen
6. muodostamaan yhteinen ratkaisu päätöksentekoprosessien kautta
7. tarjoamalla opettajalle välineitä seurata niin yksittäisten oppijoiden kuin ryhmien oppimisprosessia. (Heeg ym., 2020)

Näiden piirteiden pohjalta Heeg ym. (2020) kehittivät yhteistoiminnallisen lähestymistavan (*peer-interaction-method, PIM*), jossa tarkoitusta varten suunniteltujen oppimateriaalien (tehtävölkakkeiden) avulla voidaan tukea niin yksilöllistä kuin yhteisöllistä oppimista. Tehtävölkakkeiden yksilöllistä reflektointia tukeva osuus koostui kolmesta kohdasta: lähtötilanteen kuvauksesta sekä lähtötilanteen selittämistä kartoittavasta kirjoittamistehtävästä ja piirtämistehtävästä. Kirjoittamis- ja piirtämistehtävien tarkoituksena on auttaa oppijoita muodostamaan kattava kokonaiskuva käsitteellisestä sisällöstä, sillä eri oppijat saattavat ymmärtää ja selittää samat käsitteet eri tavoin, jolloin myös muodostetut tilannemallit ovat erilaiset. Tehtävölkakkeiden yhteistoiminnallista reflektointia tukeva osuus koostui samoista kohdista siten, että tehtävänä oli esitellä yksilölliset ratkaisut ryhmälle, keskustella niistä, sekä koostaa

lomakkeelle yhteinen ratkaisu joko yksittäisen jäsenen ratkaisusta, useampien ratkaisujen yhdistelmänä tai kehittämällä kokonaan uusi ratkaisu. Lopuksi Heeg ym. (2020) suosittelevat ryhmiä vertaamaan ratkaisuaan lomakkeeseen, johon oli koostettu tieteellisten käsitysten mukaisia ratkaisuja tehtäviin, ja keskustella tämän jälkeen mahdollisista eroista ensin ryhmässä ja sitten opettajan kanssa.

#### **4.5. Opetussuunnitelmien näkökulma kemian oppimateriaaleihin ja monilukutaitoon**

Perusopetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2014) monilukutaito on yksi laaja-alaisen osaamisen osa-alueista, *L4*. Seuraavaksi tarkastellaan niitä kemian opetuksen tavoitteita, jotka opetussuunnitelmassa on luokiteltu tähän monilukutaidon alueeseen kuuluvaksi. Siten kemian tietoihin ja niiden käyttämiseen liittyvinä tavoitteina on T12:n mukaan

*”ohjata oppilasta käyttämään ja arvioimaan kriittisesti eri tietolähteitä sekä ilmaisemaan ja perustelemaan erilaisia näkemyksiä kemialle ominaisella tavalla”* (OPH, 2014, s. 395),

ja T13:n mukaan

*”ohjata oppilasta hahmottamaan luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa”* (OPH, 2014, s. 395).

Monilukutaidon piirteitä löytyy perusopetussuunnitelman perusteiden muistakin kemian opetuksen tavoitteista, ja tässä tutkielmassa ehdotetaan, että oikeastaan muut tavoitteet – ehkä muutamaa lukuun ottamatta – ovat juuri edellytyksenä monilukutaidon tavoitteille T12 ja T13. Perusteluksi esitetään tämän tutkielman luvuissa 3 ja 4 avattua kokonaisuutta, mutta myös perusopetussuunnitelman perusteiden viittausta monilukutaidon laaja-alaiseen tekstikäsitukseen (OPH, 2014, s. 22–23). Tämä laaja-alainen tekstikäsitys pitää sisällään perusopetussuunnitelman perusteiden mainitsemat sanalliset, kuvalliset ja numeeriset symbolijärjestelmät, ja juuri nämä ovat ominaisia representaation muotoja kemian tiedon kuvaamisessa eri malleilla (OPH, 2014).



Lukion opetussuunnitelman perusteissa (OPH, 2019) kemian oppiaineen kuvauksessa monilukutaitoa hahmotetaan seuraavasti laaja-alaisen osaamisen yhteydessä (lihavoinnit lisätty):

*”Kemian opintojen aikana harjoitellaan erilaisten tekstien kirjoittamista, kriittistä tulkittamista, argumentointia ja analysointia. **Monilukutaitoa** kehitetään tulkittamalla ja tuottamalla esimerkiksi kirjoitettua kieltä, kuvia, videoita, malleja, simulaatioita, taulukoita ja kuvaajia tai kemian merkkikieltä. Kemiassa erityinen **monilukutaidon** muoto on kyky tulkita ja esittää symbolisia malleja ja submikroskooppisia kuvallisia malleja samoista ilmiöistä. Myös tieto- ja viestintäteknologia on osa nykyaikaista ja **monitieteistä osaamista** tukevaa kemian opetusta. Sitä käytetään muun muassa tiedon etsimiseen, kokeellisten havaintojen keräämiseen, mittaustulosten käsittelyyn ja tulkittamiseen, tuotosten laatimiseen ja esittämiseen sekä mallintamiseen ja simulointiin. Tietokonepohjaisella mittausjärjestelmällä voidaan korvata perinteisiä välineitä, ja tutkimusaineistoa on mahdollista taltioida myös kuvina ja videoina.”* (OPH, 2019, s. 259)

Koska monilukutaito on vielä melko uusi käsite suomalaisissa opetussuunnitelmien perusteissa, monilukutaidon näkökulmaa kartoitettavaa tutkimusta kemian opetuksessa suomalaisessa kontekstissa ei vielä kovin paljoa ole. Esimerkiksi kansainvälisessä ICILS-tutkimuksessa tarkasteltiin kahdeksannen luokan opettajien ja oppilaiden näkemyksiä monilukutaitoon liittyen (Leino ym., 2018, Leino ym., 2021). Mukana olleiden suomalaisten opettajien vastauksia kartoitettiin kuitenkin kokonaisuutena, ja siten esimerkiksi tilannetta kemian opetuksen näkökulmasta ei eritellä kyseisissä tuloksissa. Luokanopettajien ja historian lukio-opettajien näkemyksiä monilukutaidosta on sen sijaan ehditty jo kartoittaa (Sulkunen ym., 2019; Kulju ym., 2019).

Tähän tutkielmaan liittyvässä tutkimusprosessissa kartoitetaan seuraavaksi monilukutaitoon liittyvien oppimateriaalien käyttöä kemian opettajien näkökulmasta: miten monilukutaitoon liittyviä erilaisia oppimateriaaleja hyödynnetään kemian oppimisen tukemisessa? Lopuksi pohditaan jatkotutkimusideoita kemian opetuksen ja opetussuunnitelmien kehittämisen tarpeisiin.

**TUTKIMUS MONILUKUTAITOISESTA  
OPPIMATERIAALIEN HYÖDYNTÄMISESTÄ KEMIAN  
OPETTAJIEN NÄKÖKULMASTA**

## 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimusongelmaksi muotoiltiin koko tutkielman osalta seuraava tavoite:

Miten kemian oppimista voidaan tukea oppimateriaalien monilukutaitoisella hyödyntämisellä?

Tutkimuskysymyksiksi muotoiltiin tämän tutkimusongelman pohjalta seuraavat kolme kysymystä:

1. Millaisia eri oppimateriaalivaihtoehtoja kemian oppimisen tukemisessa hyödynnetään?
2. Millaiset asiat helpottavat tai vaikeuttavat kemian oppimista, kun hyödynnetään erilaisia esitystapoja?
3. Millaisia tapoja opettajilla on tukea oppijoiden kemian oppimista erilaisia esitystapoja hyödyntäen?

Tutkimuskysymyksiä on käsitelty tämän tutkielman teoreettisten lähtökohtien kuvauksessa seuraavilla tavoilla: Tutkimuskysymystä 1 sivuttiin määrittelemällä ja luokittelemalla ensin oppimateriaalit ja niihin liittyvä monilukutaito, sekä tarkastelemalla näiden vaihtoehtoja ja näkökulmia kemian tiedonalalla. Tutkimuskysymystä 2 sivuttiin kuvaamalla sitä, mitkä tekijät eri oppimateriaaleissa edistävät tai vaikeuttavat oppimista. Tutkimuskysymystä 3 sivuttiin kuvaamalla esimerkiksi mahdollisuutta hyödyntää teknologiasovelluksia oppijalle sopivien materiaalisältöjen löytämisessä.

Tässä tutkielmassa tutkimusosan tavoitteina olikin osaltaan löytää täydentäviä vastauksia esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskohteeksi valittiin tutkimusongelman pohjalta kemian oppimisen tukeminen oppimateriaalien monilukutaitoisella hyödyntämisellä. Tätä selvitettiin tutkimuksessa kemian opettajien kokemusten ja näkemysten avulla. Ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, kuinka usein erilaisia oppimateriaalivaihtoehtojen esitystapoja hyödynnetään oppitunneilla. Toisena tavoitteena oli selvittää opettajien näkemyksiä oppijoille helpoista tai vaikeista asioista oppimateriaalien esitystapojen hyödyntämisessä. Kolmantena tavoitteena oli selvittää, millaisilla käytännön tavoilla opettajat tukevat oppijoiden kemian oppimista erilaisia oppimateriaaleja hyödyntäen.

## 6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa on esitelty tutkimuksessa käytetty tutkimusmenetelmä tutkimusaineiston hankinta- ja analyysimenetelmien avulla ja lisäksi on kuvattu kerätyn tutkimusaineiston pääpiirteet.

### 6.1. Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmäksi valittiin tässä tutkimuksessa seuraava kokonaisuus: tutkimusaineiston hankintamenetelmänä hyödynnettiin kyselytutkimusta, ja näin saadun tutkimusaineiston analyysimenetelminä hyödynnettiin tilastollista analyysiä ja laadullista sisällönanalyysiä. Näiden menetelmien toteutusta ja tehtyjä valintoja on perusteltu seuraavissa alaluvuissa.

#### 6.1.1. Tutkimusaineiston hankintamenetelmä

Tutkimusaineiston hankintamenetelmänä käytettiin kyselytutkimusta. Hirsjärven ym. (2009) mukaan kyselytutkimuksen avulla on mahdollista laajan tutkimusaineiston kerääminen ja analysoiminen nopeasti ja tiiviillä aikataululla (Hirsjärvi ym., 2009, s. 195). Tämän lisäksi kysymyslomakkeen avulla voidaan kerätä heidän mukaansa tietoa käyttäytymisestä ja toiminnasta sekä erilaisista käsityksistä. Hirsjärvi ym. kuitenkin huomauttavat, että itse lomakkeen tekemiseen voi kulua aikaa, jotta lomake muotoutuisi sujuvammin vastattavaksi. (Hirsjärvi ym., 2009, s. 195)

Tutkimusaineiston hankintamenetelmäksi pohdittiin myös havainnointitutkimusta. Tällöin olisi voitu pidemmällä aikavälillä tarkastella sitä, millaisin eri tavoin kemian makro- ja submikroskooppisten tasojen ymmärtämistä voidaan opetuksessa tukea eri muotoisia oppimateriaaleja hyödyntämällä ja oppimisprosessin eri vaiheissa. Koska tutkimusaineiston hankinta ajoittui lukuvuoden loppuun, päädyttiin aineistonhankinnan valinnassa kuitenkin tehokkaampaan kyselytutkimukseen.

Kyselytutkimus toteutettiin seuraavasti: Kyselylomakkeen sisältö suunniteltiin tutkielman teoriaosan ja tutkimuskysymyksien pohjalta pyrkien rajaamaan ja tarkentamaan niitä asioita, joita haluttiin selvittää. Rajaamiseen vaikutti myös se, ettei teoriaosa ollut vielä kokonaan valmis. Tämän jälkeen lomake muotoiltiin Webropol -

kyselytyökalun avulla verkkokyselylomakkeeksi (Liite 1), joka sisälsi sekä monivalintakysymyksiä että avoimia kysymyksiä. Hirsjärven ym. (2009) mukaan kyselylomakkeen testaaminen etukäteen on välttämätöntä, jotta lomakkeen sisältöä voidaan tarkentaa ja korjata selkeämmäksi (Hirsjärvi ym., 2009, s. 204). Kyselyä testasikin yksi vastaajaryhmään kuuluva kemian opettaja, ja saadun palautteen perusteella pyrittiin muokkaamaan kyselyä selkeämmäksi. Tämän jälkeen verkkolinkki kyselyyn jaettiin Facebookissa Kemian opettajat -vertaisryhmässä, johon kuului tutkimuksen tekemisen aikaan noin 1630 kemian opettajaa ja opettajaksi opiskelevaa. Kyselylomake julkaistiin ryhmässä kaksi kertaa kahden viikon aikana (liite 2). Verkkokysely oli auki 17.5.-31.5.2021. Tämä ajankohta sijoittui lukuvuoden loppuun, koronapandemian toiseen kevääseen.

### ***6.1.2. Tutkimusaineiston analyysimenetelmät***

Tutkimusaineisto analysoitiin tilastollisella analyysillä ja laadullisella sisällönanalyysillä. Koska tutkimusaineiston hankinnassa valittiin, ettei vastaajia yksilöidä, päädyttiin myös tutkimusaineiston analyysin osalta siihen, ettei vastauksia ryhmitelty vastaajakohtaisesti millään tavoin käyttäen esimerkiksi anonymisoituja koodeja vastaajista. Vastaajia ei siten myöskään tyypitelty vastauksiensa perusteella erilaisiin ryhmiin. Näin ollen tutkimusaineiston analyysissä tarkastelun painopiste oli niissä ilmiöissä, joita vastaajat nostivat vastauksissaan esille. Näitä ilmiötä vertailtiin aiempiin tuloksiin tutkimuskirjallisuudesta, ja jos niissä oli vastaajia tyypitelty, verrattiin tässä tutkimuksessa esiin tulleita ilmiöitä tyypikuvauksissa mainittuihin ilmiöihin.

Tilastollisen analyysin keinoin tarkasteltiin monivalintakysymyksiä vastauksista frekvenssiä, aritmeettista keskiarvoa sekä otoskeskihajontaa hyödyntäen Webropol -raportointityökalua. Näitä tilastollisia arvoja voitiin tarkastella, koska monivalintakysymyksiä vastausvaihtoehdot oli valittu ja järjestetty hierarkkiseen järjestykseen (joka oppitunnilla, viikoittain, kuukausittain, muutaman kerran lukukaudessa, ei koskaan).

Laadullinen sisällönanalyysi puolestaan toteutettiin avoimien kysymyksiä vastauksista aineistolähtöisenä sisällönanalyysinä, jonka etenemisessä noudatettiin Tuomen ja Sarajärven (2018) muokkaamaa perusrunkoa Laineen esittelemästä metodista. Tutkimusongelman ja -kysymyksiä pohjalta kiinnostuksen kohteena oli löytää niitä

oppimateriaaleihin ja monilukutaitoon liittyviä tekijöitä, joiden avulla kemian oppimista voitaisiin tukea. Nämä asiat koottiin tutkimusaineistosta yhteen ja teemoiteltiin sitten listaamalla ja ryhmittelemällä ne aineistosta havaittujen aihepiirien mukaan ja koostamalla lopuksi yhteenveto. Teemoittelua jatkettiin ja jäsenneltiin tutkimusongelman näkökulmasta havaittaviin teemoihin (Juhila, 2021). Teemoittelussa hyödynnettiin myös Tuomen ja Sarajärven esittelemää järjestystä edetä analyysin teemoitteluprosessissa taulukoiden avulla: alkuperäisilmaukset → pelkistetyt ilmaukset → alaluokat → yläluokat → pääluokka (Tuomi & Sarajärvi, 2018). Tutkimustulosten analyysin yhteydessä nähtiin hyväksi samaan yhteyteen liittää myös viittauksia ja vertailuja teoriaosan taustakirjallisuuteen.

Tutkimusaineisto analysoitiin edellä mainituilla analyysimenetelmillä kesä-heinäkuussa 2021, ja viimeisteltiin syksyn ja talven 2021–2022 aikana. Tämä analyysi on kirjattu lukuun 7.

## **6.2. Tutkimusaineisto**

Tutkimusaineisto koostuu kyselylomakkeella kerätyistä kemian opettajien vastauksista monivalintakysymyksiin ja avoimiin kysymyksiin. Vastaajaryhmä koostui seitsemästä (7) kemian opettajasta. Kaikki vastaajat vastasivat monivalintakysymyksiin, avoimissa kysymyksissä vastauksia saatiin kysymyksestä riippuen 4–6 vastaajalta. Tätä saattaa selittää monivalintakysymyksien selkeys ja niihin vastaamisen helppous, kun taas avoimien kysymyksien kohdalla saattoi esimerkiksi olla epäselvyyttä kysyttävästä asiasta tai päällekkäisyyttä jo aiemmin annettujen vastauksien kanssa. Vastaukset kerättiin tutkimusaineistoon anonymisti ja käsiteltiin luottamuksellisesti. Tutkimusaineistoa ja siitä nostettuja lainauksia on esitelty tarkemmin luvussa 7 tutkimustuloksina niiden analyysin yhteydessä.

## 7 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA NIIDEN ANALYYSI

Tässä pääluvussa esitellään ja analysoidaan tutkimuksen tulokset oppimateriaalien monilukutaitoisesta hyödyntämisestä kemian opetuksessa.

### 7.1. Tutkimuksen tulokset analysoituna

#### 7.1.1. Vastaajien taustatiedot

Tutkimukseen osallistui yhteensä seitsemän kemian opettajaa ( $n=7$ ), ja näistä vastaajista neljällä oli opetuskokemusta 0–5 vuotta, yhdellä 5–10 vuotta, yhdellä 10–15 vuotta ja yhdellä 30–35 vuotta. Suurimmalla osalla vastanneista opetuskokemusta oli siis 0–5 vuotta. Näin tutkimuksessa korostuu vain vähän opetuskokemusta omaavien opettajien vastaukset, ja eikä kokonaiskuvaa eri työkokemuksen omaavien opettajien näkemyksistä voida muodostaa. Toisaalta vastaajista viidellä opetuskokemusta oli yläkoulusta, kolmella lukiosta, yhdellä alakoulusta ja yhdellä ammatillisesta koulutuksesta, joten opetusnäkemyksiä saatiin laajalta oppiasteiden alueelta.

#### 7.1.2. Oppimateriaalien erilaisten esitystapojen hyödyntäminen kemian opetuksessa

Tämän luvun tavoitteena on löytää vastauksia tutkimuskysymykseen 1: *Millaisia eri oppimateriaalivaihtoehtoja kemian oppimisen tukemisessa hyödynnetään?* Seuraavissa alaluvuissa onkin esitetty tutkimukseen osallistuneiden kemian opettajien ( $n=7$ ) vastaukset kyselyn kysymyksiin koskien erilaisten oppimateriaalien hyödyntämistä kemian oppitunneilla. Kvantitatiivisia tuloksia oppimateriaalien eri esitystapojen hyödyntämisen yleisyydestä tarkastellaan monivalintakysymyksistä (Liite 1) saatujen vastausten tilastollisella analyysillä. Monivalintakysymysten vastausten analyysistä ja aritmeettisen keskiarvon laskennoista poistettiin vastausvaihtoehto ”en osaa sanoa”. Vertailemalla saatuja numeerisia tuloksia keskenään, tehdään johtopäätökset käytetyimmistä ja vähimmin käytetyistä oppimateriaaleista kemian oppitunneilla ja verrataan johtopäätöksiä tutkimuskirjallisuuteen. Kvalitatiivisia tuloksia oppimateriaalien eri esitystapojen valintaan ja hyödyntämiseen vaikuttavista syistä tarkastellaan lisäksi avoimiin kysymyksiin (Liite 1) saatujen vastausten pohjalta, tekemällä ensin aineistolähtöistä sisällönanalyysiä ja vertaamalla näin saatuja vastauksia sen jälkeen tutkimuskirjallisuuteen.

7.1.2.1. Esitystapojen hyödyntämisen yleisyys kemian oppitunneilla – kvantitatiiviset tulokset ja niiden analyysia

**Tulkitseminen** – erilaisten esitystapojen käyttämisen ja tulkinnan yleisyys

Taulukkoon 5 on havainnollistettu kemian opettajien vastaukset monivalintakysymykseen: *Kuinka usein oppitunneillasi oppilaat käyttävät ja tulkitsevat seuraavia oppimateriaalisältöjä?* (Liite 1).

**Taulukko 5.** Oppijoiden hyödyntämien oppimateriaalien käyttäminen ja tulkinta kemian oppitunneilla kemian opettajien näkökulmasta. (f=frekvenssit; 1=ei koskaan, 2=muutaman kerran lukukaudessa, 3=kuukausittain, 4=viikoittain, 5=joka oppitunnilla; ka=aritmeettinen keskiarvo; kh=otoskeskihajonta).

		f					ka	kh
		1	2	3	4	5		
<b>verbaaliset</b>	sanallisia tekstejä	0	0	0	2	5	4,71	0,49
<b>visuaaliset</b>	kuvia atomeista ja molekyyleistä	0	0	2	5	0	3,71	0,49
	kuvia kemiallisista ilmiöistä	0	0	3	2	2	3,86	0,90
	kuvaajia	0	4	2	1	0	2,57	0,79
	taulukoita	0	1	6	0	0	2,86	0,38
	muita kuvia	0	2	1	1	2	3,50	1,38
<b>symboliset</b>	kemian merkkikieltä (C, He...)	0	0	0	2	5	4,71	0,49
	reaktioyhtälöitä	0	0	5	2	0	3,29	0,49
<b>matemaattiset</b>	matemaattisia kaavoja	1	4	1	1	0	2,29	0,95
<b>yhdistelmät</b>	videoita	0	3	4	0	0	2,57	0,53
	animaatioita	0	4	3	0	0	2,43	0,53
	simulaatioita	1	4	2	0	0	2,14	0,69
	muita sisältöjä TVT-alustoilla	0	2	2	0	0	2,50	0,58
	postereita	2	4	0	0	0	1,67	0,52
<b>materiaaliset</b>	pallo-tikku-rakennussarjojen malleja	0	4	3	0	0	2,43	0,53
	<b>Yhteensä</b>	<b>4</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>3,04</b>	<b>0,49</b>



Tuloksista havaitaan, että keskimäärin lähes joka oppitunnilla käytettiin ja tulkittiin kemian merkkikieltä ja sanallisia tekstejä. Lähes viikoittain käytössä olivat kuvat atomeista ja molekyyleistä sekä kuvat kemiallisista ilmiöistä. Kuukausittain käytössä olivat reaktioyhtälöt, kuvaajat, videot sekä muut sisällöt tieto- ja viestintäteknologisilla alustoilla. Muutaman kerran lukukaudessa käytettiin matemaattisia kaavoja, simulaatioita, animaatioita, pallo-tikku-rakennussarjojen malleja sekä postereita. Kaikkia kysytyjä esitystapoja käytettiin ja tulkittiin kemian opetuksessa, eikä mikään kysytyistä esitystavoista päätnyt ryhmään ”ei koskaan”.

Tutkimustuloksien perusteella kemian oppitunneilla käytettiin ja tulkittiin keskimääräistä enemmän sanallisia tekstejä (ka 4,71; kh 0,49), kemian merkkikieltä (ka 4,71; kh 0,49), kuvia atomeista ja molekyyleistä (ka 3,71; kh 0,49), kuvia kemian ilmiöistä (ka 3,86; kh 0,90) sekä muita kuvia (ka 3,50; kh 1,38). Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että tulkittujen esitystapojen osalta kemian oppitunneilla tulkitaan eniten verbaalisia, kuvallisia ja symbolisia esitystapoja. Tulokset ovat samankaltaisia luokanopettajilta saatujen tulosten kanssa: luokanopettajilla tulkituimpia oppimateriaaleja olivat tekstit peruslukutaidon opetuksen myötä sekä kuvat kuvanlukutaidon opettamisen myötä (Kulju ym., 2019). Tämän tutkimuksen perusteella kemian oppitunneilla oppijat pääsevät siis tutustumaan tekstien ja kuvien lisäksi myös symboliseen esitystapaan kemian merkkikielen muodossa lähes joka oppitunnilla sekä jonkun verran myös reaktioyhtälöihin ja matemaattisiin kaavoihin.

Tutkimustuloksien perusteella kemian oppitunneilla käytettiin ja tulkittiin keskimääräistä vähemmän postereita (ka 1,67; kh 0,52), simulaatioita (ka 2,14; kh 0,69) sekä matemaattisia kaavoja (ka 2,29; kh 0,95), animaatioita (ka 2,43; kh 0,53) ja pallo-tikku-rakennussarjojen malleja (ka 2,43; kh 0,53).

**Tuottaminen** – erilaisten esitystapojen tuottamisen yleisyys

Taulukkoon 6 on havainnollistettu kemian opettajien vastaukset monivalintakysymykseen: *Kuinka usein oppitunneillasi oppilaat tuottavat seuraavia oppimateriaalisältöjä?* (Liite 1).

**Taulukko 6.** Oppijoiden hyödyntämien oppimateriaalisältöjen **tuottaminen** kemian oppitunneilla kemian opettajien näkökulmasta. (f=frekvenssit; 1=ei koskaan, 2=muutaman kerran lukukaudessa, 3=kuukausittain, 4=viikoittain, 5=joka oppitunnilla; ka=aritmeettinen keskiarvo; kh=otoskeskihajonta).

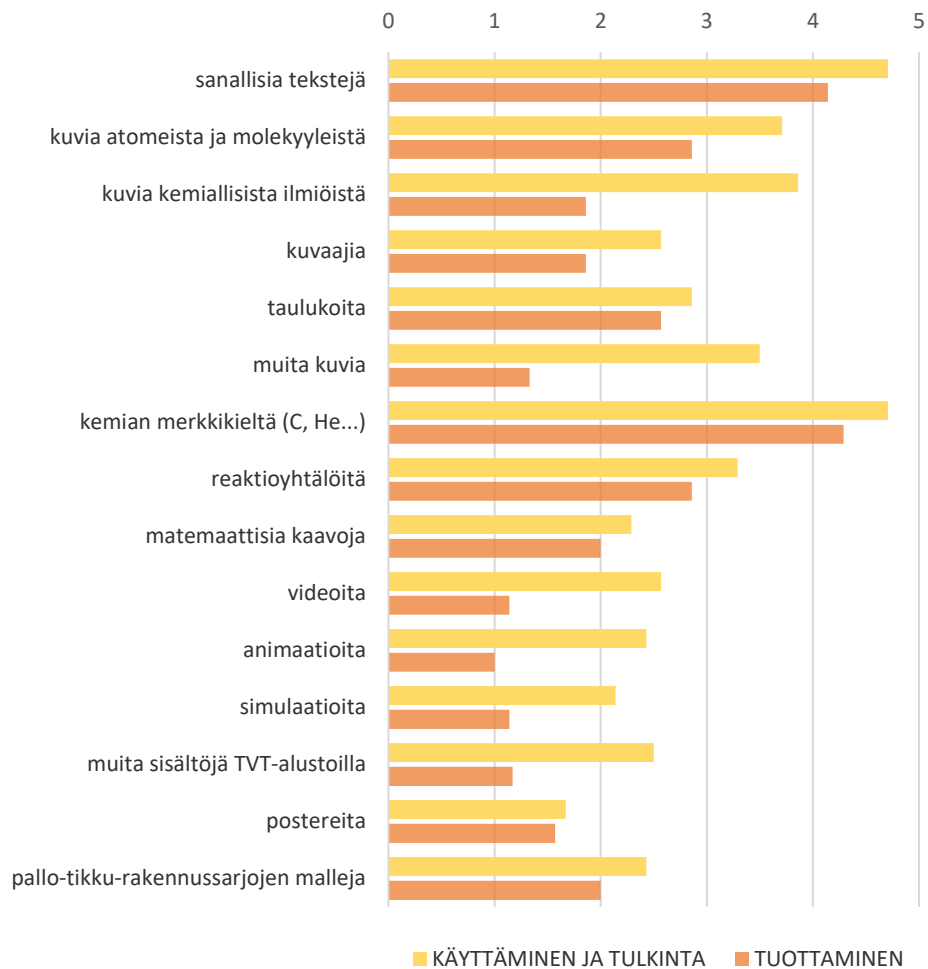
		f					ka	kh
		1	2	3	4	5		
<b>verbaaliset</b>	sanallisia tekstejä	0	0	1	4	2	4,14	0,69
<b>visuaaliset</b>	kuvia atomeista ja molekyyleistä	0	2	4	1	0	2,86	0,69
	kuvia kemiallisista ilmiöistä	3	2	2	0	0	1,86	0,90
	kuvaajia	1	6	0	0	0	1,86	0,38
	taulukoita	0	4	2	1	0	2,57	0,79
	muita kuvia	4	2	0	0	0	1,33	0,52
<b>symboliset</b>	kemian merkkikieltä (C, He...)	0	1	1	0	5	4,29	1,25
	reaktioyhtälöitä	1	1	3	2	0	2,86	1,07
<b>matemaattiset</b>	matemaattisia kaavoja	3	2	1	1	0	2,00	1,15
<b>yhdistelmät</b>	videoita	6	1	0	0	0	1,14	0,38
	animaatioita	7	0	0	0	0	1,00	0,00
	simulaatioita	6	1	0	0	0	1,14	0,38
	muita sisältöjä TVT-alustoilla	5	1	0	0	0	1,17	0,41
	postereita	3	4	0	0	0	1,57	0,53
<b>materiaaliset</b>	malleja pallo-tikku-rakennussarjoilla	2	3	2	0	0	2,00	0,82
	<b>Yhteensä</b>	<b>41</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2,14</b>	<b>0,69</b>

Tuloksista havaitaan, että kemian oppitunneilla oppijat tuottivat keskimäärin vähintään viikoittain kemian merkkikieltä ja sanallisia tekstejä. Kuvia atomeista ja molekyyleistä, reaktioyhtälöitä sekä taulukoita tuotettiin keskimäärin kuukausittain. Keskimäärin muutaman kerran lukukaudessa tuotettiin malleja pallo-tikku-rakennussarjoilla, matemaattisia kaavoja, kuvaajia, kuvia kemiallisista ilmiöistä ja postereita. Muita kuvia, videoita, simulaatioita ja animaatioita ei käytetty juurikaan koskaan.

Tutkimustuloksien perusteella kemian oppitunneilla oppijat tuottivat keskimääräistä enemmän kemian merkkikieltä (ka 4,29; kh 1,25), sanallisia tekstejä (ka 4,14; kh 0,69), kuvia atomeista ja molekyyleistä (ka 2,86; kh 0,69), taulukoita (ka 2,57, kh 0,79) ja reaktioyhtälöitä (ka 2,86; kh 1,07). Näiden tuotettujen esitystapojen osalta havaitaan, että kemian oppitunneilla tuotetaan eniten symbolisia, verbaalisia ja visuaalisia esitystapoja. Myös suomalaisten luokanopettajien oppitunneilla kirjoittaminen ja tekstien tuottaminen (eli verbaaliset esitystavat) olivat tuotetuimpia tietosisältöjä (Kulju ym., 2019), ja tämän tutkimuksen perusteella näiden esitystapojen tuottaminen ja harjoittelu jatkuu edelleen yläkoulussa ja lukiossa useimmilla kemian oppitunneilla, mutta lisäksi tuottamisessa painottuu myös symbolinen kemian merkkikieli sekä erilaisten visuaalisten kuvien laatiminen.

Tutkimustuloksien perusteella kemian oppitunneilla oppijat tuottivat selkeästi keskimääräistä vähemmän animaatioita (ka 1,00; kh 0,00), simulaatioita (ka 1,14; kh 0,38), videoita (ka 1,14; kh 0,38) sekä muita sisältöjä tieto- ja viestintäteknologisilla alustoilla (ka 1,17; kh 0,41). Saman tapaisia tuloksia on saatu myös ICILS-tutkimuksessa, jossa kävi ilmi, että noin kolmannes suomalaisista kahdeksannen luokan oppijoista ei ole kokenut oppineensa hyödyntämään simulaatioita koulussa (Leino ym. 2018, s.38).

Taulukkojen 5 ja 6 tuloksia oppimateriaalien eri esitystapojen hyödyntämisestä on havainnollistettu kuvassa 5, jossa oppimateriaalien eri esitystapojen käyttämistä ja tulkintaa on vertailtu oppimateriaalien eri esitystapojen tuottamisen kanssa. Havaitaan, että kaikkia eri esitystapoja käytetään ja tulkitaan enemmän kuin mitä niitä tuotetaan.



**Kuva 5.** Oppitunneilla hyödynnettyjen oppimateriaalien käyttäminen ja tulkinta (keltaisella) sekä tuottaminen (oranssilla) kemian oppitunneilla kemian opettajien näkökulmasta – keskiarvot opettajien vastauksista. (1=ei koskaan, 2=muutaman kerran lukukaudessa, 3=kuukausittain, 4=viikoittain, 5=joka oppitunnilla).

### *Yhteenvetoa erilaisten esitystapojen hyödyntämisen yleisyydestä*

Tarkasteltaessa kemian oppitunneilla hyödynnettyjen oppimateriaalien eri esitystapojen keskiarvoja (taulukot 5 ja 6), havaitaan, että oppimateriaalien eri esitystapoja käytettiin ja tulkittiin yhteensä enemmän (ka 3,04) kuin mitä eri esitystapoja yhteensä tuotettiin (ka 2,14). Tämä tulos havainnollistuu myös kuvassa 5, sillä kaikkia yksittäisiä kysytyjä esitystapoja käytettiin ja tulkittiin enemmän kuin mitä niitä tuotettiin. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kemian oppitunneilla erilaisten esitystapojen hyödyntämisessä painopiste on enemmän esitystapojen tulkitsemisessä kuin tuottamisessa.

Kun verrataan käytetyimpiä esitystapoja keskenään, niin havaitaan, että niin tulkinnassa kuin tuottamisessa käytetään eniten kemian merkkikieltä ja sanallisia tekstejä. Tulkinnan osalta käytettiin lisäksi paljon kuvia atomeista ja molekyyleistä sekä kuvia kemiallisista ilmiöistä. Tuottamisen puolella käytettiin lisäksi kuvia atomeista ja molekyyleistä, reaktioyhtälöitä ja taulukoita. Tutkimuksessa havaitut paljon hyödynnetyt esitystavat vastaavatkin klassisia tapoja esittää kemiallista tietoa kemian tieteenalalla, ja näin oppitunneilla realisoituu käytännön tasolla kemian multimodaalinen luonne luonnontieteenä (Cheng & Gilbert, 55–57).

Simulaatiot puolestaan olivat sekä vähiten käytettyjä ja tulkittuja materiaaleja että myös vähiten tuotettuja esitystapoja oppitunneilla, sillä niitä ei hyödynnetty vastaajajoukossa juuri koskaan. Kun esimerkiksi ICILS-tutkimuksessa suomalaisopettajat hyödynsivät vertailussa vähiten simulaatioita verrattuna muihin osallistujamaihin (Leino ym. 2018, s.48), niin tämän tutkimuksen perusteella kemian opettajat eivät muodosta poikkeusta tähän.

Sekä käyttämisen ja tulkitsemisen että tuottamisen osalta kvantitatiiviset tulokset monivalintakysymyksistä olivat linjassa keskenään: Listatuista esitystavoista verbaaliset, kuvalliset ja symboliset esitystavat olivat käytetyimpiä ja tulkituimpia esitystapoja – ja ne olivat myös tuotetuimpia esitystapoja kemian oppitunneilla. Tämän kvantitatiivisen osan jatkoksi seuraavassa alaluvussa tarkastellaan kvalitatiivisesti erilaisten esitystapojen hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä.

### 7.1.2.2. Esitystapojen hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä – kvalitatiivisia tuloksia ja niiden analyysia

Kyselylomakkeen (Liite 1) avoimella kysymyksellä *Millaiset asiat vaikuttavat siihen, mitä oppimateriaalisältöjä oppijat tulkitsevat ja tuottavat oppitunneillasi?* pyrittiin kartoittamaan niitä tekijöitä, jotka voivat selittää edellä saatuja kvantitatiivisia tuloksia. Vastauksissa nousi suoraan esiin, että opettajat perustavat erilaisten esitystapojen valintansa kurssisisältöjen ja oppisisältöjen mukaan. Esimerkiksi Aksela ja Pernaa (2017) kuvaavatkin, että juuri hyvin esitettyjen sisältöjen vuoksi opettajat hyödyntävät vanhempiakin oppimateriaaleja opetuksessaan. Lisäksi tässä tutkimuksessa muutaman opettajan vastauksista kävi ilmi, että myös opettajien oma suunnittelu ja arvio oppimisen edistämisestä vaikuttaa erilaisten esitystapojen hyödyntämiseen oppitunneilla:

*”Lisäksi se [vaikuttaa], miten itse olen ehtinyt suunnitella ja valmistella tunteja.”*

*”Pääasiassa se [vaikuttaa], millaisten sisältöjen koen edesauttavan minkäkin asian sisäistämisessä”*

Usean opettajan vastauksissa tuli painotetusti esiin myös yhtenevät pyrkimykset hyödyntää erilaisia esitystapoja monipuolisesti:

*”Pyrin käyttämään mahdollisimman monipuolisesti erilaisia oppimateriaalisältöjä ... Voisin toki vieläkin monipuolisemmin niitä käyttää.”*

*”... Pyrin käyttämään erilaisia sisältöjä monipuolisesti, mutta myös saatavuus vaikuttaa valintoihin.”*

Osassa vastauksia tuli ilmi, että esitystapojen monipuolista hyödyntämistä vaikeutti kuitenkin se, että erilaiset materiaalit esitystapoineen eivät ole aina helposti saatavilla ja tehokkaasti hyödynnettävissä, eikä opettajilla ole välttämättä riittävästi aikaa valmistaa omia materiaaleja tai etsiä vaihtoehtoja esimerkiksi netistä.:

*”... Pyrin käyttämään helposti saatavilla olevia resursseja mahdollisimman monipuolisesti, mutta valitettavasti aika ei riitä oman materiaalin tekemiseen kuin satunnaisesti.”*

*”Videot, animaatiot ja simulaatiot olisivat hyviä, mutta minulla ei ole oikein ollut aikaa hyvien juttujen etsimiseen. Olisi kiva, jos olisi jokin linkkilista aiheittain näihin liittyen.”*

Oppimateriaalisältöjen eri esitystapojen saatavuuden haasteet voivatkin tämän perusteella selittää osin tieto- ja viestintäteknologisten visualisointien (kuten animaatiot, simulaatiot, videot) vähäistä hyödyntämistä verrattuna muiden visualisointien hyödyntämiselle (kuvat atomeista ja molekyyleistä sekä kuvat kemian ilmiöistä). Kun esimerkiksi ICILS-tutkimuksessa oppimateriaalien hyödyntämiseen vaikuttavana haasteena yli puolella vastaajista oli teknologisten *välineiden* saatavuus (Leino ym., 2021, s. 12), niin tämän tutkimuksen perusteella myös *erilaisilla esitystavoilla ilmaistujen oppisisältöjen* saatavuudella näyttäisi olevan vaikutusta erilaisten oppimateriaalien hyödyntämiseen. Haasteet saatavuudessa voivatkin siis osaltaan selittää edellä saatua kvantitatiivista tulosta simulaatioiden vähäisestä hyödyntämisestä kemian oppitunneilla.

Tämän kvalitatiivisen analyysin perusteella oppimateriaalien erilaisten esitystapojen hyödyntämiseen ja valintoihin vaikuttavia tekijöitä kemian opettajien mukaan ovat:

- kurssisisällöt
- materiaalista löytyvät oppisisällöt
- oppituntien suunnittelu- ja valmistelu-aika
- opettajien arvio oppijan oppimisen edistämisestä
- pyrkimys monipuolisuuteen
- erilaisilla esitystavoilla ilmaistujen oppisisältöjen helppo saatavuus

Erilaisten esitystapojen monipuolisemman hyödyntämisen edistämiseen liittyviä toiveita ja tarpeita kartoitettiin kysymyslomakkeen (Liite 1) kysymyksellä *Millaisia oppimateriaaleihin liittyviä toiveita ja tarpeita olet huomannut?* sekä kysymyksellä *Millaisia monilukutaitoon liittyviä toiveita ja tarpeita olet huomannut?* Kemian opettajat esittivät vastauksissaan seuraavia oppimateriaalien esitystapojen monipuolisuuteen ja saatavuuteen liittyviä toiveita ja tarpeita:

- Vapaasti verkossa saatavilla olevien materiaalisältöjen (kuten videoiden animaatioiden ja simulaatioiden) kokoamista valmiiksi linkkilistoiksi kemian oppisisältöjen mukaan jaoteltuna (tällöin kuitenkin huomioitava tiedon

tieteellisyys sekä virhekäsitykset ja niiden käsittely materiaaleissa, vrt. kumoava tekstityyppi: Tippet, 2010)

- Kuvallisten esitystapojen osalta monipuolisen ymmärtämisen tukemista ja etteivät vahvista virhekäsitysten muodostumista
- Taulukoita ja kuvaajia enemmän
- Pitkien tekstien säilyttämistä monipuolistuvan valikoiman rinnalla
- Oppimateriaaleihin tehtäviä, joiden avulla monilukutaitoa voi harjoitella
- Eriyttäviä oppimateriaaleja monipuolisesti lisää

Eriyisesti eriyttävien oppimateriaalien tarve toistui usean opettajan vastauksessa. Eriyttävää oppimateriaalia toivottiinkin moneen suuntaan eri tasoisten oppijoiden oppimisen tukemiseksi. Keskeisinä teemoina opettajien vastauksista nousi esiin sisällön selkeys, toimintatapojen vaihteellinen kuvaus, sekä sisällön haastavuuden eri vaihtoehdot. Toivottiin esimerkiksi selkeämpää kieltä ja vaihteittaisia työohjeita, ja toisaalta muutama opettaja toi esiin myös tarpeen ylöspäin eriyttävälle oppimateriaaleille ja niiden riittävälle valikoimalle:

*”Selkeämpää kieltä oppikirjoihin, vaihteittaisia työohjeita”*

*”Helposti saatavilla oleville hyvälle ylöspäin eriyttävälle oppimateriaaleille olisi tarvetta. Kun edetään sillä tahdilla, että pääosa luokasta saa tehtyä annetut tehtävät annetussa ajassa, on etevimmillä oppilailta todella tylsää, kun he tekevät tehtävät hetkessä ja aina ei löydy itseltä aikaa tehdä tarpeeksi materiaaleja, ettei heiltä lopu tekeminen.”*

Tämä tulos on linjassa teoriaosan tutkimuskirjallisuuden kanssa, sillä myös Ainsworth ja Newton (2014) ovat havainneet luonnontieteiden opettajien kiinnostuksen oppijoiden yksilöllisiin erojen vaikutukseen ja eriyttämisen tarpeeseen hyödynnettäessä erilaisia (visuaalisia) esitystapoja. Lisäksi Heinonen (2005) on todennut eriyttävillä oppimateriaaleilla olevan merkitystä erilaisten oppijoiden tukemisessa, ja myös Vainionpään (2006) kriteeristöissä yksilöllisen etenemisen mahdollistaminen on tärkeä tekijä oppimateriaaleissa. Siinä missä Heinosen (2005) tutkimustuloksien pohjalta eriyttävää materiaalia kaivattiin erityisesti heikommin menestyville oppijoille, niin tämän tutkimuksen pohjalta kemian opetuksessa tarvetta on selkeästi myös ylöspäin eriytetyille oppimateriaaleille. Kemian oppimateriaalien osalta Aksela ja Pernaa (2017) ovat



nostaneet esiin tarpeen eriyttävälle kemian *tehtäville* suomalaisissa kemian oppikirjoissa, ja tämän tutkimuksen nojalla monipuolista eriyttämistä kaivattaisiin myös muihin sisältöihin kuten *työohjeisiin* (vrt. opettajan vastaus edellä), ja *tietosisältöihin*, kuten seuraavasta opettajan vastauksesta käy ilmi:

*”Riittävästi informaatiota haastavuuskategorioittain. Usein ongelma on se, ettei oikein kerrota juurta jaksain miten ja miksi jokin asia menee. Toisaalta liika informaatio voi haitata, joten jos tiedon jäsentelisi esim. perus-, laajempi ja syventävä periaatteella, voisi opiskelija etsiä omalle tavoitetasolleen helposti”*

### **7.1.3. Oppimateriaalien monilukutaitoinen hyödyntäminen kemian oppimisen tukemisessa – kvalitatiivisia tuloksia ja niiden analyysia**

Tässä luvussa tarkastellaan kemian oppimiseen liittyen ensin sitä, millaisia huomioita kemian opettajat ovat tehneet oppijoiden kemian oppimista helpottavista tai vaikeuttavista tekijöistä hyödynnettäessä oppimateriaalien erilaisia esitystapoja. Tämän jälkeen tarkastellaan sitä, millaisia käytännön tapoja opettajat käyttävät tukiessaan kemian oppimista oppimateriaalien monilukutaitoisessa hyödyntämisessä.

#### *7.1.3.1. Opettajien havainnot oppijoiden oppimisesta eri esitystapoja hyödynnettäessä*

Tämän alaluvun tavoitteena on löytää vastauksia tutkimuskysymykseen 2: *Millaiset asiat helpottavat tai vaikeuttavat kemian oppimista, kun hyödynnetään erilaisia esitystapoja?* ja tätä tarkastellaan sekä tulkinnan että tuottamisen näkökulmasta.

Taulukkoon 7 on havainnollistettu opettajien vastauksia kyselylomakkeen (Liite 1) avoimiin kysymyksiin tietosisältöjen tulkitsemisesta: *Millaisen asioiden olet huomannut olevan helppoja (H) / vaikeita (V) oppilaille erilaisten oppimateriaalien tulkitsemisessä.* Lisäksi taulukkoon on havainnollistettu näiden vastauksien teemoittelun muodostumista pelkistettyjen ilmauksien ja alaluokkien kautta. Pelkistettyjen ilmauksien pohjalta saadut tulokset ryhmiteltiin tässä alaluokkiin seuraavilla kahdella periaatteella: 1) erikseen mainittuihin esitystapoihin, jotka opettajat ovat havainneet oppijoille helpoiksi tai vaikeiksi tulkita, sekä 2) niihin tekijöihin, jotka opettajat mainitsivat esitystapojen lisäksi.

**Taulukko 7.** Opettajien havainnot oppijoille helpoista (H) asioista sekä vaikeuksista (V) erilaisten kemian tietosisältöjen *tulkittamisessa*. Analyysin eteneminen.

	Alkuperäisilmaukset	Pelkistetyt ilmaukset	ALALUOKAT
(H)	<p>”Useimmille valinnaisten kurssien opiskelijoille helppoa on matemaattisten kaavojen käyttäminen. Kolmiulotteisten molekyylien ymmärtämiseen pallo-tikku-rakennussarjat auttavat monia, ovat monille havainnollisempia kuin vain piirretyt kuvat molekyyleistä.”</p> <p>”Arkeen linkittyvien asioiden, kuten lämpötilojen kuvaajan.”</p> <p>”Kuvat ja kaaviot ovat todella tärkeitä ja helpottavat asian ymmärtämistä.”</p> <p>”Kuvat atomeista ja molekyyleistä, kemian merkkikieli”</p> <p>”Kuvat atomeista ja molekyyleistä ovat yleensä helpompia kuin sanalliset selitykset tai kemian merkkikieli”</p>	<p>-matemaattisten kaavojen käyttäminen</p> <p>-pallo-tikku-rakennussarjat piirrettyjen kuvien rinnalla</p> <p>-havainnollisempi</p> <p>-arkeen linkittyminen</p> <p>-kuvaaja</p> <p>-kuvat ja kaaviot</p> <p>-asian ymmärtäminen</p> <p>-kuvat atomeista ja molekyyleistä x2</p> <p>-kemian merkkikieli</p> <p>-järjestys helpoudessa: kuvat atomeista ja molekyyleistä sanallista ja merkkikieltä helpompia</p>	<p>ESITYSTAVAT:</p> <p>-matemaattiset kaavat</p> <p>-kuvat atomeista ja molekyyleistä</p> <p>-kemian merkkikieli</p> <p>-kuvat ja kaaviot</p> <p>-konkreettinen kolmiulotteinen havainnollistus visuaalisen havainnollistuksen rinnalla</p> <p>MUUT TEKIJÄT:</p> <p>-arkeen linkittyminen</p> <p>-asian ymmärtäminen</p> <p>-havainnollistus</p>
(V)	<p>”Jos uusi asia esitetään vain yhdellä tavalla, esim. sanallisena tekstinä ilman mitään havainnollistavia kuvia, asian ymmärtäminen on hankalampaa.”</p> <p>”Kemialliset mallit ovat vaikeita.”</p> <p>”Joskus oppilaan huomio kiinnittyy aivan väärin asioihin, kuten että protoni olisi punainen.”</p> <p>”Sanalliset tekstit ovat haastavaa osin koska ovat monimutkaista kieltä, osin oppilaiden puutteellisen kielitaidon vuoksi.”</p> <p>”Matemaattiset kaavat ovat usein oppilaille hankalia.”</p> <p>”Kemiassa keskeinen haaste on tulkita sanallisia tehtäviä. Lisäksi, jos matikka ei suju, niin ei suju laskutkaan. Erityisesti symboleilla laskemisen ja sanallisen tehtävän yhdistelmä on haastava. Tämä on kuitenkin ihan perus tehtävätyyppi lukion kemiassa.”</p>	<p>-vain yhdellä tavalla esittäminen</p> <p>-vain sanallinen teksti</p> <p>-kuvien puuttuminen</p> <p>-kemialliset mallit</p> <p>-harhahuomiot mallin visuaalisista valinnoista</p> <p>-sanalliset tekstit</p> <p>-sanallisten tekstien monimutkainen kieli</p> <p>-puutteellinen kielitaito</p> <p>-matemaattiset kaavat</p> <p>-sanalliset tehtävät</p> <p>-puutteelliset matematiikan taidot</p> <p>-sanallisen ja symboleilla laskemisen yhdistelmä</p>	<p>ESITYSTAVAT:</p> <p>-sanalliset tekstit</p> <p>-sanallisten tehtävät</p> <p>-matemaattiset kaavat</p> <p>-sanallisen ja symboleilla laskemisen yhdistelmä</p> <p>MUUT TEKIJÄT:</p> <p>-kemialliset mallit (tietosisältö)</p> <p>-harhahuomiot mallin visuaalisista valinnoista</p> <p>-vain sanallinen teksti</p> <p>-sanallisten tekstien monimutkainen kieli</p> <p>-puutteellinen kielitaito</p> <p>-kuvien puuttuminen</p> <p>-vain yhdellä tavalla esittäminen</p> <p>-puutteelliset matematiikan taidot</p> <p>-sanallisen tekstin ja symboleilla laskemisen yhdistelmä</p>

Kemian tietosisältöjen **tulkittamisessa oppijoille helppoina esitystapoina** opettajat mainitsivat *kuvat ja kaaviot, kuvat atomeista ja molekyyleistä, matemaattiset kaavat sekä kemian merkkikielen*. Kuvat atomeista ja molekyyleistä nähtiin helpompina kuin sanallinen teksti tai kemian merkkikieli. Eri esitystapojen yhdistelmistä helppona mainittiin pallo-tikku-rakennussarjojen hyödyntäminen piirrettyjen kuvien rinnalla. Edellä mainittujen esitystapojen lisäksi **tulkittamista helpottavista muista tekijöistä** mainittiin *arkeen linkittyminen, havainnollistaminen sekä asian ymmärtämisen helpottuminen*. Myös Heinonen (2005, s. 40–42) nostaa esiin arkeen linkittymisen eräänä konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisena periaatteena, joka tulisi huomioida luonnontieteen oppimateriaaleissa. Havainnollistaminen ja asian ymmärtämisen helpottuminen puolestaan ovat eräitä syitä juuri visuaalisten esitystapojen hyödyntämiselle (Hatva, 2009; Ainsworth ym., 2011)

Kemian tietosisältöjen **tulkittamisessa oppijoille vaikeina esitystapoina** opettajat mainitsivat *sanalliset tekstit (ja tehtävät) ja matemaattiset kaavat*, sekä lisäksi myös näiden yhdistelmä, eli *sanallisten tekstien ja symboleilla laskemisen yhdistelmä tehtävissä*. Näiden esitystapojen tulkinnan vaikeudelle opettajat näkivät eri syitä, ja nämä tekijät koottiin vastauksista yhteen **tulkittamista vaikeuttavina muina tekijöinä**, ja ryhmiteltiin esitystapojen mukaan. Esimerkiksi sanallisten tekstien (ja tehtävien) tulkittamisen vaikeuksien nähtiin johtuvan seuraavista tekijöistä: puutteellisesta kielitaidosta, monimutkaisesta kielestä sekä asian ilmaisemisesta vain sanallisena tekstinä. *Puutteellinen kielitaito* saattaa johtua esimerkiksi oppijan haasteista oman äidinkielen käytössä ja harjoittelussa, kuten erään opettajan vastauksesta kysymykseen 3b (Liite 1) käy ilmi:

*”Lapset lukevat entistä vähemmän. Pitkän tekstin lukemiseen ei tahdo riittää kärsivällisyyttä. Silti sitäkin tulee jatkossakin oppikirjoissa olla, vaikka on hyvä, että tarjonta monipuolistuu”*

Puutteellisen kielitaidon taustalla saattaa toisaalta olla myös vähäinen suomenkielentaito esimerkiksi maahanmuuttajataustan vuoksi, mutta tämä ei käynyt vastauksista erikseen ilmi. Kuitenkin tutkimuskirjallisuuden perusteella kemian kielellisten haasteiden taustalla on todettu niin oppijoiden heikompaan äidinkielen osaamista silloin kun äidinkieli ja opetuskieli ovat samat, kuin myös oppijoiden heikompaan opetuskielen osaamista äidinkielen ollessa eri (Markic ym., 2013; Taber, 2009, s. 78). Sanallisten tekstien

tulkinnan vaikeuden nähtiin toisaalta johtuvan myös *monimutkaisesta kielestä*. Kemian tietosisällöt malleineen pitävätkin sisällään runsaasti oppijoiden arjesta poikkeavaa sanastoa ja käsitteitä, kuten Markic ym. (2013) toteavat. Oppisisältöjen vieraus saattaa osaltaan selittää myös sitä, miksi oppijoiden tulkintaa saattaa vaikeuttaa myös harhapäätelmät mallin visuaalisiin valintoihin liittyen, kuten että protoni olisi punainen. Taber (2009) huomauttaakin, että kemian asiantuntijat tunnistavat ennakkotietojensa pohjalta esitystavasta tarkoituksenmukaiset piirteet, mutta noviisien huomio voi kiinnittyä tietosisältöjen kannalta epäoleellisiin tekijöihin (Taber, 2009, s. 79–81). Näitä tekijöitä voivat olla ne esitystavan pintatasolta havaittavat ominaisuudet (esim. Hatva, 2009), jotka ovat oppijalle entuudestaan tuttuja tulkita. Toisaalta monimutkainen kieli voi olla seurausta myös tekstin eksplisiittisestä epäselvyydestä, eli siitä, millä tasolla selityksessä kulloinkin liikutaan. (esim. de Jong ym., 2013) *Vain sanallisen tekstin käyttämisen*, ja toisaalta *kuvien puuttumisen* sekä ylipäätään *vain yhdellä tavalla esittämisen* nähtiin myös vaikeuttavan oppijoiden tulkintaa tietosisällöistä. Kemian tietosisältöjen luonteeseen kuuluukin multimodaalisuus: käsitteiden esittäminen on usein riippuvainen useamman esitystavan hyödyntämisestä (Cheng & Gilbert, 2009).

Matemaattisten kaavojen osalta tuloksista huomattiin, että matemaattiset kaavat nähtiin toisaalta helppoina oppijoiden käyttää, mutta toisaalta tulkitsemisessa nähtiin vaikeuksia oppijoiden puutteellisten matematiikan taitojen vuoksi. Lisäksi vaikeuksia tulkitsemisessa nähtiin erityisesti symboleilla laskemista ja sanallista tekstiä yhdistelevien tehtävien kohdalla. *Puutteelliset matematiikan taidot* ovatkin eräs oppijan ongelmanratkaisuun liittyvä vaikeus. Cooperin ja Stowen (2018) mukaan muita vaikeuksia voi olla taitojen lisäksi myös ajattelutavoissa, taustatiedoissa ja todistusaineistoissa ratkaisun selvittämiseksi. *Symboleilla laskemista ja sanallista tekstiä yhdistelevien tehtävien* kohdalla eräs vaikeus voi olla näiden esitystapojen yhdistämisessä; käsitteellisen ymmärryksen muodostaminen numeerisesta vastauksesta on oppijoille vaikeaa (Cheng & Gilbert, 2009; Cooper & Stowe, 2018).

Taulukkoon 8 on havainnollistettu vastaavasti opettajien vastauksia tietosisältöjen tuottamiseen liittyen. Lisäksi taulukkoon on havainnollistettu näiden vastauksien teemoittelun muodostumista pelkistettyjen ilmauksien ja alaluokkien kautta. Kuten edellä, pelkistettyjen ilmauksien pohjalta saadut tulokset ryhmiteltiin alaluokkiin seuraavilla kahdella periaatteella: 1) erikseen mainittuihin esitystapoihin, jotka opettajat

ovat havainneet oppijoille helpoiksi tai vaikeiksi tuottaa, sekä 2) niihin tekijöihin, jotka opettajat mainitsivat esitystapojen lisäksi.

**Taulukko 8.** Opettajien havainnot oppijoille helpoista (H) asioista sekä vaikeuksista (V) erilaisten kemian tietosisältöjen *tuottamisessa*. Analyysin eteneminen.

	Alkuperäisilmaukset	Pelkistetyt ilmaukset	ALALUOKAT
(H)	<p>”Merkkikielen käyttäminen, matemaattisten kaavojen käyttäminen laskutehtäviin ja kuvat atomeista ja molekyyleistä onnistuvat hyvin useimmilta valinnaisten kurssien opiskelijoilta.”</p> <p>”Videot ovat helppoja kuva esim. kokeellisesta työstä.”</p> <p>”Tekstin tuottaminen on yleensä helppoa, jos on käytettävissä lähde, esim. oma oppikirja. Videoiden tekeminen.”</p> <p>”Kemian merkkikieli, taulukot”</p>	<p>-merkkikieli x2</p> <p>-matemaattiset kaavat</p> <p>-kuvat atomeista ja molekyyleistä</p> <p>-opintojaan valinnaisiin jatkavilla onnistuu monet asiat</p> <p>-videot x2</p> <p>-kuva kokeellisesta työstä</p> <p>-tekstin tuotto lähteestä jäljittelemällä</p> <p>-taulukot</p>	<p>ESITYSTAVAT:</p> <p>-merkkikieli x2</p> <p>-matemaattiset kaavat</p> <p>-kuvat atomeista ja molekyyleistä</p> <p>-videot x2</p> <p>-kuva kokeellisesta työstä</p> <p>-taulukot</p> <p>MUUT TEKIJÄT:</p> <p>-opintojaan valinnaisiin jatkavilla onnistuu monet asiat</p> <p>-tekstin tuotto lähteestä jäljittelemällä</p>
(V)	<p>”Reaktioyhtälöissä pitää usein osata kirjata aineet, niiden olomuodot ja vielä tasapainottaa reaktioyhtälö. Monesti esim. olomuodot saattavat olla pielessä. Molekyylien piirtäminen MarvinSketchillä tuottaa aluksi haasteita, koska sitä he eivät ole aiemmin käyttäneet. Käyrän sovittaminen pistejoukkoon tietokoneohjelmilla (esim. GeoGebra) ei kaikilla meinaa onnistua”</p> <p>”Reaktioyhtälöt ja pallomallinnukset ym. ovat vaikeimpia.”</p> <p>”Johtopäätösten tekeminen ja reaktioyhtälöt ovat hankalia”</p> <p>”Puutteellinen kielitaito vaikeuttaa tekstin tuottamista.”</p> <p>”Sanallinen tuottaminen on monelle haastavaa ja varsinkin pidemmät essee-tyyppiset vastaukset ovat todella vaikeita monille.”</p>	<p>-reaktioyhtälöt x3</p> <p>-reaktioyhtälöiden monet huomioitavat asiat</p> <p>-molekyylien piirtäminen tietokoneohjelmalla aluksi (koska uusi väline)</p> <p>-käyrän sovitus pistejoukkoon tietokoneohjelmalla</p> <p>-pallomallinnukset</p> <p>-johtopäätöksien tekeminen</p> <p>-puutteellinen kielitaito</p> <p>-sanalliset tekstit x2</p> <p>-laajojen sanallisten tekstien tuottaminen</p>	<p>ESITYSTAVAT:</p> <p>-reaktioyhtälöt x3</p> <p>-sanalliset tekstit x2</p> <p>pallomallinnukset</p> <p>MUUT TEKIJÄT:</p> <p>-molekyylien piirtäminen tietokoneohjelmalla aluksi</p> <p>-käyrän sovitus pistejoukkoon tietokoneohjelmalla</p> <p>-johtopäätöksien tekeminen</p> <p>-puutteellinen kielitaito</p> <p>-laajojen sanallisten tekstien tuottaminen</p>

Kemian tietosisältöjen **tuottamisessa oppijoille helppoina esitystapoina** opettajat mainitsivat *kemian merkkikielen, matemaattiset kaavat, kuvat atomeista ja molekyyleistä, kuvat kokeellisesta työstä, videot ja taulukot*. Edellä mainittujen esitystapojen lisäksi **tuottamista helpottavista muista tekijöistä** mainittiin tekstin tuottaminen erityisesti valmiista esimerkistä kuten oppikirjasta jäljittelemällä. Lisäksi mainittiin, että useilta opintojaan valinnaisiin jatkavilta onnistuu hyvin eri tietosisältöjen tuottaminen.

Kemian tietosisältöjen **tuottamisessa oppijoille vaikeina esitystapoina** opettajat mainitsivat *reaktioyhtälöt, jotka mainittiin useimmin, sanalliset tekstit, sekä pallomallinnukset*. Näiden esitystapojen tuottamisen vaikeudelle opettajat näkivät eri syitä, ja nämä tekijät koottiin vastauksista yhteen **tuottamista vaikeuttavina muina tekijöinä**. Esimerkiksi reaktioyhtälöiden kohdalla vaikeana nähtiin tämän *esitystavan tuottamiseen liittyvät monet huomioitavat asiat*, kuten aineiden, olomuotojen ja tasapainotuksen kirjaaminen oikein. Informaationprosessointiteorian mallin mukaan työmuistilla onkin rajallinen kapasiteetti käsitellä samanaikaisesti eri asioita; lisäksi pitkäkestoisesta muistista palauttamisen taidot vaikuttavat siihen, kuinka paljon oppija pystyy prosessoimaan tietoa tarkoituksenmukaisella tavalla. (Tynjälä, 1999, s. 31–37)

Sanalliseen tuottamiseen liittyen opettajat nostivat esiin *puutteet kielitaidossa, yleiset haasteet sanallisessa tuottamisessa*, sekä erityisesti *vaikeudet laajojen sanallisten tekstien tuottamisessa*. Myös Markic ym. (2013) ovat nostaneet tutkimuskirjallisuudesta esiin kielitaidon puutteet ja yleiset haasteet sanallisessa tuottamisessa. Siinä missä Markic ym. huomioivat oppijoiden haasteet lauseiden muodostamisessa, niin tässä tutkimuksessa vaikeuksia mainittiin myös laajempien sanallisten kokonaisuuksien tuottamisessa. Lisäksi tietosisältöjen tuottamisessa eräs opettaja näki oppijoille olevan vaikeaa päättelyn osalta *johtopäätösten tekemisen*. Tämä viittaisi vaikeuteen argumentoinnin käytännössä, joita Cooper ja Stowe (2018) ovat käsitelleet esitellessään esimerkiksi Toulminin argumentointimallia. Kyseisessä mallissa lähtötiedoista tai annetusta datasta nousevat väitteet (perusteineen ja taustatukineen) analysoidaan, ja näin päätellen edetään lopulta johdonmukaisesti varsinaiseen johtopäätökseen. Tietosisältöä tuotettaessa myös *tekniset haasteet välineen käytössä* saattoivat aiheuttaa oppijoille vaikeuksia, kun käytettiin uutta tietokoneohjelmaa tai kun oppijoilla oli vaikeuksia käyttää ohjelmaa tietosisältöjen tarkoituksenmukaiseen tuottamiseen. Myös Aksela ja Pernaa (2017) mainitsevat samankaltaisina teknisinä haasteina tietoteknisten taitojen vaihtelevuuden ja teknisen harjoittelun aikaavievyyden haasteina sähköisten oppikirjojen käyttöönotolle.

### *Yhteenveto vaikeista ja helpoista tekijöistä opittaessa kemiaa eri esitystavoilla*

Opettajat havaitsivat oppijoiden kohtaavan seuraavia helppoja ja vaikeita tekijöitä erilaisten kemian tietosisältöjen tulkinnassa ja tuottamisessa. Kemian makro- ja submikrotasoa kuvailevat ja selittävät sanalliset tekstit nähtiin oppijoille vaikeina tietosisältöinä tulkita ja tuottaa. Sen sijaan visuaaliset havainnollistukset näiden tasojen tietosisällöistä nähtiin oppijoille helppoina tulkittavina ja tuotettavina, esimerkiksi submikrotasolta kuvat atomeista ja molekyyleistä, makrotasolta esimerkiksi kuvat kokeellisesta työstä ja videot; tulkinnan osalta poikkeuksena mainittiin kuitenkin harhapäätelmien muodostuminen mallien visuaalisista valinnoista, ja tuottamisen osalta poikkeuksena mainittiin pallomallit sekä teknologiset haasteet esimerkiksi mallinnusohjelmaa hyödynnettäessä. Kemian symboliselta tasolta kemian merkkikieli nähtiin oppijoille helppona tulkittavana ja tuotettavana tietosisältönä; vaikeana puolestaan nähtiin reaktioyhtälöiden tuottaminen.

Eri esitystapojen tulkintaan ja tuottamiseen liittyvät helpottavat ja vaikeuttavat tekijät muodostavat seuraavia kemian oppimisessa huomioitavia osa-alueita:

- Oppijan lähtötaidot esitystavan perusteista (kielitaito, matemaattiset taidot)
- Oppijan lähtötaidot esitystapaan liittyvästä päättelystä
- Oppijan ennakkotiedot esitetyistä tietosisällöistä
- Esitystavoilla esitetyn tiedon tieteellinen luonne, mallit ja päättely
- Esitystapojen valikoiman hyödyntäminen
- Esitystapojen yhdisteleminen
- Välineiden käyttö esitystapojen hyödyntämisessä

Kvantitatiivisiin tuloksiin verrattaessa (luku 7.1.2.1) havaitaan, että sanalliset tekstit olivat hyödynnetyimpien esitystapojen joukossa, ja että ne olivat myös esitystapoja, joita pidettiin oppijoille vaikeina hyödyntää. Toisaalta havaitaan, että kuvat olivat myös hyödynnetyimpien esitystapojen joukossa, ja että niiden nähtiinkin olevan oppijoille helppoja hyödyntää niin tulkinnassa kuin tuottamisessa. Seuraavassa luvussa tarkastellaan, millaisia tapoja opettajilla on tukea oppijoiden kemian oppimista myös näitä edellä mainittuja esitystapoja hyödynnettäessä.

### 7.1.3.2. Opettajien tavat tukea oppijoiden oppimista eri oppimateriaaleja hyödynnettäessä

Tässä alaluvussa tavoitteena on löytää vastauksia tutkimuskysymykseen 3: *Millaisia tapoja opettajilla on tukea oppijoiden kemian oppimista erilaisia esitystapoja hyödyntäen?* ja tätä tarkastellaan sekä tulkitsemisen että tuottamisen näkökulmasta.

Taulukkoon 9 on koottu opettajien vastaukset kyselylomakkeen (Liite 1) avoimeen kysymykseen: *Millaisia tapoja sinulla on tukea oppilaita kemian oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessa?* Lisäksi taulukkoon on kuvattu analyysin etenemistä pelkistettyihin ilmaisuihin ja niiden pohjalta ryhmiteltyihin alaluokkiin.

**Taulukko 9.** Opettajien tavat tukea oppijoiden oppimista erilaisten tietosisältöjen tulkitsemisessä – analyysin eteneminen.

Alkuperäisilmaukset	Pelkistetyt ilmaukset	ALALUOKAT
<p>”Pyrin käyttämään mahdollisimman monipuolisesti erilaisia oppimateriaalisältöjä, sillä ne täydentävät toisiaan ja opiskelijat oppivat eri tavoin. (Voisin toki vieläkin monipuolisemmin niitä käyttää.) Tietysti myös oppimateriaalisällöistä nouseviin kysymyksiin vastaaminen.”</p> <p>”Tukiopetus tarvittaessa”</p> <p>”Teetan lisäksi omat muistiinpanot vihkoon, jolloin oppilaat joutuvat myös itse piirtämään havainnollistavia kuvia.”</p> <p>”Teksteihin apukysymyksiä, ryhmän kanssa yhdessä käymme tekstiä ja kuvia läpi keskeiset kohdat etsien”</p> <p>”Saman asian ilmaiseminen monella eri tavalla ja erilaisia tapoja hyödyntäen (esim. sanallinen, kuvallinen, video).”</p> <p>”Sanallisia tehtäviä puretaan osiin, ja kirjoitetaan ylös, mitä kukin tieto tarkoittaa”</p>	<p>-monipuolinen käyttö</p> <p>-eri esitystavoilla täydentäminen</p> <p>-eri oppimistapojen huomioiminen</p> <p>-kysymyksiin vastaaminen oppisisällöistä</p> <p>-tukiopetus</p> <p>-omat muistiinpanot sekä sanallisia teksteinä että myös kuvia piirtämällä</p> <p>-sanalliset apukysymykset</p> <p>-keskeisten sisältöjen etsiminen teksteistä ja kuvista</p> <p>-yhteinen tarkastelu ryhmässä</p> <p>-asian ilmaiseminen eri tavoin saman esitystapamoodin sisällä</p> <p>-asian ilmaiseminen toisilla esitystapamoodeilla</p> <p>-sanallisten tehtävien purkaminen ja tietojen selvennys osissa muistiinpanoihin</p>	<p>OPPIJALÄHTÖINEN TUKEMINEN:</p> <p>-kysymyksiin vastaaminen oppisisällöistä</p> <p>-oppimistapojen huomioiminen</p> <p>-tukiopetus</p> <p>ESITYSTAPALÄHTÖINEN TUKEMINEN:</p> <p>-monipuolinen käyttö</p> <p>-eri esitystavoilla täydentäminen</p> <p>-asian ilmaiseminen eri tavoin saman esitystapamoodin sisällä</p> <p>-asian ilmaiseminen toisilla esitystapamoodeilla</p> <p>-omat muistiinpanot sekä sanallisia teksteinä että kuvia piirtämällä</p> <p>AJATTELUA AKTIIVOIVA TUKEMINEN:</p> <p>-sanalliset apukysymykset</p> <p>-yhteinen tarkastelu ryhmässä</p> <p>-keskeisten sisältöjen etsiminen teksteistä ja kuvista</p> <p>-sanallisten tehtävien purkaminen ja tietojen selvennys osissa muistiinpanoihin</p>



Opettajien tavat tukea oppijoiden oppimista erilaisten tietosisältöjen tulkitsemisprosessissa jakautuivat tämän tutkimuksen analyysissä kolmeen alaluokkaan: oppijalähtöinen tukeminen, esitystapalähtöinen tukeminen ja ajattelua aktivoiva tukeminen.

**Oppijalähtöinen tukeminen** erilaisten tietosisältöjen tulkitsemisessä muodosti kolme kohtaa: *kysymyksiin vastaaminen oppisisällöistä, oppimistapojen huomioiminen ja tukiopetus.*

**Esitystapalähtöinen tukeminen** koostui viidestä kohdasta: monipuolinen käyttö, eri esitystavoilla täydentäminen, asian ilmaiseminen eri tavoin saman esitystapamoodin sisällä, asian ilmaiseminen toisilla esitystapamoodeilla, omat muistiinpanot sekä sanallisina teksteinä että kuvia piirtämällä. *Monipuolinen käyttö* tuli ilmi toisaalta pyrkimyksenä hyödyntää oppimateriaaleissa monia erilaisia esitystapoja ja toisaalta pyrkimyksenä hyödyntää myös saman esitystavan muotoilua monin eri tavoin. *Eri esitystavoilla täydentämisen* nähtiin tukevan oppijoiden erilaisia oppimistapoja ja täydentävän myös käsiteltävien oppisisältöjen kokonaisuutta. Toisaalta *asian ilmaiseminen eri tavoin saman esitystapamoodin sisällä* sekä *asian ilmaiseminen toisilla esitystapamoodeilla* olivat myös eräitä vaihtoehtoja oppijoiden oppimisen tukemisessa. Tulokinnan tukemisessa hyödynnettiin lisäksi *omien muistiinpanojen tekemistä sekä sanallisina teksteinä että kuvia piirtämällä*. Muistiinpanojen kirjoittamisessa oppijalla on mahdollisuus toistaa tietosisältöä ja samalla myös harjoitella tieteellisten lauseiden tuottamista, kuten Markic ym. 2013 tuovat esiin. Piirtäminen puolestaan tukee tutkimuskirjallisuuden pohjalta niin tietosisältöjen syvällisempää ymmärtämistä kuin myös tuottamista (Ainsworth ym., 2011).

**Ajattelua aktivoiva tukeminen** koostui neljästä kohdasta: sanallisista apukysymyksistä, yhteisestä tarkastelusta ryhmässä, keskeisten sisältöjen etsimisestä teksteistä ja kuvista sekä sanallisten tehtävien purkamisesta ja tietojen selvennyksestä osissa muistiinpanoihin. *Sanalliset apukysymykset* voidaan nähdä kirjallisuuden pohjalta esimerkiksi lukijan ennakkotietoja aktivoivana ongelmana (Mikkilä, 1992), kommunikatiivisena ja pedagogisena tekstirakenteena (Mikkilä, 1992), metatekstinä (Mikkilä, 1992) tai otsikointiin verrattavana signalointina (Kaakinen & Hyönä, 2012). Myös *keskeisten sisältöjen etsiminen teksteistä ja kuvista* on eräs signaloinnin muoto. Esimerkiksi Gilbert ja Afonso (2014) mainitsevat kuvatekstit eräänä informaatiota

signaloivana tekijänä kuvan ja tekstin välillä. *Yhteinen tarkastelu ryhmässä* puolestaan antaa esimerkin sekä yhteistoiminnallisesta pohdinnasta oppijoiden välillä että opettajajohtoisesta ohjaamisesta kohti asiantuntijatiedon mukaista tulkintaa. Tällaista tarkastelua esimerkiksi Heeg ym. (2020) suosittelevat hyödyntämään.

Taulukkoon 10 on koottu vastaavasti yhteen opettajien vastaukset kemian tietosisältöjen tuottamisen tukemiseen liittyen. Lisäksi taulukkoon on kuvattu analyysin etenemistä pelkistettyihin ilmaisuihin ja niiden pohjalta ryhmiteltyihin alaluokkiin, joita voitiin edelleen ryhmitellä yläluokiksi.

**Taulukko 10.** Opettajien tavat tukea oppijoiden oppimista erilaisten tietosisältöjen tuottamisessa – analyysin eteneminen alaluokkiin ja yläluokkiin.

Alkuperäisilmaukset	Pelkistetyt ilmaukset	ALALUOKAT
<p>” Tehtävissä harjoitellaan mm. sanallisten tekstien tuottamista, kuvien piirtämistä atomeista ja molekyyleistä (sekä paperille että MarvinSketchillä), kemian merkkikieltä, reaktioyhtälöitä sekä matemaattisia kaavoja ja niissä autan toki. Kiertelen paljon luokassa, kun opiskelijat tekevät tehtäviä, ja autan aina tarpeen tullen. Rohkaisen myös opiskelijoita pohtimaan tehtäviä yhdessä ja auttamaan toisiaan.”</p> <p>”Opastus, vastaavan tietosisältö esittely eli mallista kopioiminen”</p> <p>”Antaa palautetta pitkin matkaa”</p> <p>”Mallivastauksia, yhdessä ryhmän kanssa tehtävät työselostukset”</p>	<p>-monipuolisesti harjoitustehtäviä, joissa harjoitellaan eri esitystapojen tuottamista</p> <p>-esitystavan tuottaminen eri välineillä</p> <p>-apu tarvittaessa</p> <p>-luokassa kiertely</p> <p>-rohkaisu</p> <p>-tehtävien pohtiminen yhdessä</p> <p>-toisten auttaminen</p> <p>-opastus</p> <p>-tietosisällön esittely</p> <p>-tietosisällön jäljittely</p> <p>-jatkuva palaute</p> <p>-mallivastaukset</p> <p>-yhdessä tuotettavat työselostukset</p>	<p>KEMIAN ASiantuntijatiedon MUKAISILLA ESIMERKEILLÄ OHJAAMINEN:</p> <p>-tietosisällön esittely</p> <p>-mallivastaukset</p> <p>-opastus</p> <p>TUOTTAMISEEN AKTIVOINTI:</p> <p>-tietosisällön jäljittely</p> <p>-monipuolisesti harjoitustehtäviä, joissa harjoitellaan eri esitystapojen tuottamista</p> <p>-esitystavan tuottaminen eri välineillä</p> <p>YHTEISTYÖHÖN AKTIVOINTI:</p> <p>-toisten auttaminen</p> <p>-tehtävien pohtiminen yhdessä</p> <p>-yhdessä tehtävät työselostukset</p> <p>TUKITOIMET:</p> <p>-apu tarvittaessa</p> <p>-luokassa kiertely</p> <p>-rohkaisu</p> <p>-jatkuva palaute</p>
YLÄLUOKAT		
<p>1. OPPIJAN TOIMINNAN TUKEMINEN</p> <p>-kemian asiantuntijatiedon mukaisilla esimerkeillä ohjaaminen</p> <p>-tukitoimet</p>	<p>2. OPPIJAN TOIMINNAN AKTIVOINTI</p> <p>-tuottamiseen aktivointi</p> <p>-yhteistyöhön aktivointi</p>	

Opettajien tavat tukea oppijoiden kemian oppimista erilaisten tietosisältöjen tuottamisessa jakautuivat tämän tutkimuksen analyysissa kahteen yläluokkaan: oppijan toiminnan tukemiseen ja oppijan toiminnan aktivoimiseen.

**Oppijan toiminnan tukemisessa** kemian opettajat hyödynsivät ohjaamista kemian asiantuntijatiedon mukaisilla esimerkeillä ja käyttivät erilaisia tukitoimia. *Kemian asiantuntijatiedon mukaisilla esimerkeillä ohjaamisessa* opettajat esittelivät oppijoille valmiita kemian tietosisältöjä, mallivastauksia ja hyödynsivät myös opastusta tukeakseen oppijoita tietosisältöjen tuottamisessa. Esimerkiksi opettajan ohjauksessa piirtämällä havaintoja, kuvaajia ja malleja oppija voi oppia päättämään luonnontieteen käsitteellistä tietoa (Ainsworth ym. 2011). Mallivastauksien avulla puolestaan voidaan esitellä asiantuntijatiedon mukaisia erilaisia vastausvaihtoehtoja, kuten Heeg ym. (2020) tuovat esiin. *Tukitoimina* opettajat hyödynsivät luokassa kiertelyä, oppijoiden auttamista tarvittaessa sekä rohkaisua ja jatkuvaa palautteen antamista tukeakseen oppijoita tietosisältöjen tuottamisessa.

**Oppijan toiminnan aktivoimisessa** kemian opettajat puolestaan hyödynsivät tietosisältöjen tuottamiseen aktivointia ja yhteistyöhön aktivointia. *Tuottamiseen aktivoinnissa* opettajat aktivoivat oppijoita toisaalta jäljittelemään tietosisältöjä ja toisaalta aktivoimalla oppijoita monipuolisten harjoitustehtävien pariin, joissa tietosisältöjen tuottamista voi harjoitella ja soveltaa eri esitystavoilla. Tietosisältöjen jäljittely oli myös eräs tietosisältöjen tulkinnassa hyödynnetty tukemisen tapa (kuten Markic, 2020 edellä). Opettajat aktivoivat oppijoita tuottamaan tietoa myös esimerkiksi kuvia piirtäen ja tietokoneohjelmien avulla. Esimerkiksi Ainsworth ym (2011) nostavat esiin, että piirtämisen avulla oppija voi kommunikoida näkemyksiään toisille ja myös harjoitella tieteellisen kuvan tuottamisen perusteita. Chiun ja Wun (2009) mukaan multimedialla voidaan tukea oppijaa kemian tiedon tasojen mallintamisessa. *Yhteistyöhön aktivoinnissa* opettajat aktivoivat oppijoita tuottamisprosessin aikana auttamaan toisiaan, pohtimaan tehtäviä yhdessä, sekä tekemään yhdessä ryhmän kanssa työselostuksia. Heegin ym. (2020) mukaan yhteistoiminnallinen lähestymistapa voikin tukea erityisesti oppijoiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä ryhmässä.

## 7.2. Tutkimustuloksien yhteenveto

Tämän tutkimuksen tärkeimpinä tuloksina löydettiin seuraavia tekijöitä kemian oppimisen tukemiseksi oppimateriaalien monilukutaitoisella hyödyntämisellä.

Kemian opettajat pyrkivät oppitunneilla hyödyntämään oppimateriaalien erilaisia ja eritavoin muotoiltuja esitystapoja monipuolisesti oppijoiden kemian oppimisen tukemiseen niin tietosisältöjen tulkinnassa kuin tuottamisessa. Yleisimpiä oppitunneilla hyödynnettyjä esitystapoja olivat erityisesti klassiset kemian esitystavat (verbaaliset, visuaaliset, symboliset). Valmiiden vaihtoehtojen saatavuus ja oman ajan riittämättömyys eri esitystapojen valmistamisessa tai etsimisessä vaikuttavat kuitenkin valintoihin. Koska oppijat tarvitsevat kemian tieteenalan ja tietosisältöjen mukaisia esimerkkejä esitystapojen tulkitsemisessa ja tuottamisessa, niin opetuksen tueksi kaivattiinkin lisää kemian tietosisältöjä eri esitystavoin ilmaistuna. Eräänä toiveena oli, että nämä olisivat helposti saavutettavassa ja hyödynnettävässä muodossa, esimerkiksi koottuna yhteen linkkilistaksi kemian tietosisältöjen mukaan jaoteltuna. Kemian oppimisen tukemisessa opettajat hyödyntävät oppimateriaaleja myös eriyttäessään opetusta, ja eriyttävien oppimateriaalien tarve nousi aivan erityisesti esiin tuloksista. Eriyttävää oppimateriaalia toivottiin lisää perustason lisäksi sekä yksinkertaistetummassa muodossa että myös ylöspäin eriytetyssä muodossa kemian oppimisen edistämiseksi. Opettajien havaintojen perusteella erityisesti sanalliset tekstit nähtiin oppijoille vaikeina tuottaa ja tulkita. Haasteina nostettiin esiin myös esimerkiksi päättelyn osalta johtopäätöksien tekeminen, ja tehtävissä erityisesti sanallista tekstiä ja symbolista laskemista yhdistelevät tehtävät.

Opettajien tavat tukea oppijoiden kemian oppimista tietosisältöjen tulkitsemisessa olivat seuraavat: oppijalähtöinen tukeminen, esitystapalähtöinen tukeminen sekä ajattelua aktivoiva tukeminen. Kemian tietosisältöjen tuottamisen tukemisessa opettajat hyödynsivät oppijan toiminnan vahvistamista asiantuntijatiedon mukaisilla esimerkeillä ja erilaisilla tukitoimilla, sekä oppijan toiminnan aktivoimista tuottamiseen ja yhteistyöhön. Opettajat tukivat yksilöllistä tulkintaprosessia tietosisältöjen oppimisessa huomioimalla oppimisen yksilöllisiä eroja esitystapavalinnoilla, sekä esimerkiksi kiertelemällä luokassa ja tarvittaessa auttaen tai tukiopetuksella. Opettajat tukivat myös yhteisöllistä tuottamisprosessia rohkaisemalla ja ohjaamalla yhdessä pohtimiseen ja toisten auttamiseen, sekä valitsemalla yhteisöllisiä työskentelytapoja, kuten yhdessä ryhmän kanssa tehtävät työselostukset.

## **TEORIAOSAN JA TUTKIMUSOSAN SOVELTAMINEN**

## 8 YHTEENVETO

Tässä luvussa kootaan yhteen ja pohditaan tutkielman sisältöä. Ensin tarkastellaan tehdyn tutkimuksen eettisyyttä ja luotettavuutta. Tämän jälkeen kootaan yhteen tutkielman teoriaosan ja tutkimusosan keskeisiä sisältöjä tutkimuskysymyksiin vastaten ja pohtien saatujen tuloksien soveltamista käytännön opetustyön helpottamiseen. Lopuksi pohditaan jatkotutkimusaiheita.

### 8.1. Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus

#### *Tutkimuksen eettisyys*

Tämän tutkielman tutkimusosassa toimittiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2019) eettisten periaatteiden mukaisesti huomioimalla luottamuksellisesti tutkittavien oikeudet ja tutkimusaineiston käsittely (Kohonen, ym. 2019).

*Tutkittavan oikeuksien huomioiminen luottamuksellisesti* tuotiin esiin tutkimuksen saatesanoissa: Saateteksteissä tuotiin ilmi osallistumisen vapaaehtoisuus tekstin muotoilulla sekä ajankäyttöön viitaten, mikäli tutkittavilla olisi aikaa osallistua tutkimukseen. Kyselylomakkeeseen liitettyssä saatekirjeessä tuotiin myös esiin, että vastaajia ei yksilöidä, kuvattiin tutkimuksen keskeiset tavoitteet ja sisällöt, annettiin arvio vastaamiseen kuluva ajasta. Saatekirjeessä oli tutkijan ja ohjaajan yhteystiedot, mikäli vastaajat olisivat halunneet lisää informaatiota tutkimuksesta. Verkkokyselylomake mahdollisti paitsi sen, että vastaukset voitiin kerätä anonymisti, niin lisäksi myös sen, että tutkittavien oli mahdollista perua osallistumisensa ja keskeyttää vastaaminen jättämällä verkkokyselyn vastauslomake lähettämättä.

*Tutkimusaineiston luottamuksellinen käsittely* huomioitiin seuraavilla tavoilla. Aineisto säilytettiin siten, että aineisto oli vain tutkijan ja ohjaajan saatavilla. Tutkimusaineisto oli osa opinnäytetyötä, jossa tutkimusentekoa vielä harjoiteltiin. Tästä syystä aineisto valittiin säilytettäväksi tutkijan hallussa siihen asti, että opinnäytetyön hyväksymisestä on kulunut kuusi kuukautta, minkä jälkeen aineisto hävitettäisiin.

### ***Tutkimuksen luotettavuus***

Tutkimuksessa hyödynnettävän kyselylomakkeen laatiminen edellyttää tutkijalta tietoja ja taitoja, jotta siitä tulisi hyvä (Hirsjärvi ym., 2009). Tutkimusta pohjustavan teoriaosan kokoamisessa näitä tietoja ja taitoja kuitenkin vielä harjoiteltiin, joten kokonaiskuvan hahmottamisessa ja teoriaosan koostamiseen käytetyissä menetelmissä kului aiottua enemmän aikaa. Tästä syystä jouduttiin aikataulullisista syistä tutkimusta ja kyselylomaketta valmistelemaan osin keskeneräisen teorian pohjalta. Tämä saattoi vaikuttaa koostetun lomakkeen muotoiluun, ja siten siihen, kuinka tarkkaan ja laajasti vastauksia oli lomakkeen pohjalta mahdollista saada. Tutkimusprosessin aikana tiedostettiin tutkijan roolin vaikutus niin tutkimuksen valmisteluissa kuin myös analyysivaiheessakin.

Tutkimuksen luotettavuutta tarkasteltiin käytetyn tutkimusmenetelmän ja vastaajajoukon lukumäärän näkökulmasta hyödyntäen validiteetin ja reliabiliteetin käsitteitä. **Validiteetti** määritellään seuraavasti: ”Mittarin validiteetilla tarkoitetaan sen pätevyyttä eli sen hyvyttä mitata juuri sitä, mitä sen on tarkoitus mitata – tarpeeksi kattavasti ja tehokkaasti.” (Paaso, 2021) **Reliabiliteetti** määritellään puolestaan kvantitatiivisen tutkimuksen kielessä seuraavasti: Reliabiliteetilla ”tarkoitetaan mittarin johdonmukaisuutta; sitä, että se mittaa aina, kokonaisuudessaan samaa asiaa” (Paaso, 2021)

Koska tutkimuksen tarkoituksena oli vertailun mahdollistaminen muiden tieteenalojen piirissä tehtyihin monilukutaitoa koskeviin tutkimuksiin, niin tutkimusaineiston hankintamenetelmässä monivalintakysymykset mukailtiin hyödyntäen ja soveltaen tutkimuskirjallisuudesta poimittuja kysymyksiä ja asteikkoja (Sulkunen ym., 2019; Kulju ym., 2019). Tällaisten aiemmissä tutkimuksissa käytettyjen kysymyksien ja asteikkojen validiteetti ja reliabiliteetti voidaan olettaa jo aiemmissä tutkimuksissa arvioituksi (Borg, 2021), ja näin ollen samankaltaisten monivalintakysymyksien perusrakenteen oletettiin tukevan myös tämän tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia. Kyselylomakkeen perusrakenteeseen lisättiin kuitenkin ”en osaa sanoa” -vaihtoehto, ja tähän sarakkeeseen tulleiden vastauksien nojalla arvioitiin, mitä kohtia olisi pitänyt selkeyttää lisää validiteetin ja reliabiliteetin parantamiseksi. Tutkimustuloksien tilastollisessa analyysissä tämä ”en osaa sanoa” -sarake jätettiin huomiotta.

Kvantitatiivisissa tutkimustuloksissa huomioitavaa on se, että eri koulujen kurseilla kemian tuntimäärä viikossa saattaa olla eri (eli jossain voi olla yksi tunti viikossa kemiaa, ja tällöin ”joka oppitunnilla” vastaisi myös ”viikoittain”). Huomioitavaa on myös se, että tutkimukseen vastasi enimmäkseen opettajia, joilla oli kokemusta yläkoulusta, joten lukion oppisisältöjen painotukset eivät välttämättä siksi näy tuloksissa siten kuin voisi opetussuunnitelmien perusteiden pohjalta olettaa. Lisäksi tässä tutkimuksessa ei kyselylomakkeessa ollut kohtia, joissa esimerkiksi tekstien ja kuvien yhdistelmän olisi myös voinut antaa vastaukseksi. Kuitenkin näiden, ja muidenkin yhdistelmien käyttö nousi esiin opettajien vastauksissa, kun he kuvasivat tapoja, joilla pyrkivät tukemaan oppijoiden ymmärtämistä oppimateriaalien avulla.

Kyselylomakkeen avoimilla kysymyksillä tavoiteltiin kuvailuja siitä, millaisia havaintoja vastaajat ovat tehneet niistä oppimateriaaleista, jotka vaikuttavat olevan oppijoille vaikeita tai helppoja. Vastauksissa painottuivat maininnat siitä, mitkä oppimateriaalit ovat vaikeita tai helppoja ja tämän lisäksi vastaukset sisälsivät myös arvioita mahdollisista selittävästä tekijöistä sekä vertailua eri oppimateriaalien välillä. Täten myös avoimien kysymyksien osalta käytetty menetelmä tuki validiteettia. Lisäksi todettiin, että tutkimusaineistosta löytyi analyysivaiheessa vastauksia tutkimusongelmaan ja tutkimuskysymyksiin, joten myös kokonaisuutena tutkimuksessa käytetyt menetelmät tukivat validiteettia.

Tutkimusaineiston vastaajajoukko eli otoskoko jäi kuitenkin pieneksi, joten tältä osin käytetty menetelmä ei täysin tukenut validiteettia. Hirsjärvi ym. (2009) toteavatkin mahdollisen vastaamattomuuden eräänä kyselyn haittapuolena. Vähäisen otoskoon vuoksi tutkimustuloksien soveltaminen tilastolliseen analyysiin, yleistävien päätelmien tekeminen tai tuloksien vertaaminen aiempiin tutkimuksiin antaa täten varsin rajallisen kuvan kemian oppimisen tukemisesta koko kemian opetuksen kentällä Suomessa. Koska kyseessä on kuitenkin opinnäytetyö, nähtiin kokonaisuuden näkökulmasta hyödyllisenä tarkastella ja harjoitella myös näitä osa-alueita tutkimustuloksien analyysin yhteydessä.

Tutkimuksen pientä otoskoko saattaa selittää seuraavat tekijät tutkimusaineiston hankintamenetelmässä: ajankohta, tavoitavuus ja näkyvyys. Ajankohtaan liittyen tutkimusaineisto kerättiin verrattain myöhään keväällä, joten opettajien kevätkiireet saattoivat vaikuttaa siihen, että vastauksia ei ehditty antaa. Koronapandemialla saattoi myös olla vaikutusta. Vastaajien määrän kehittymistä seurattiin, ja kun alun perin kyselyn



oli tarkoitus sulkeutua viikon kuluttua, niin vastaajien vähydestä johtuen päädyttiin jatkamaan kyselyä vielä toisella viikolla, ja jakamaan linkki uudelleen ryhmässä. Tämä tavoittikin kolme vastaajaa saman päivän aikana. Tavoittavuuteen liittyen on huomioitava myös sosiaalisen median alusta, jonka kautta linkki kyselylomakkeeseen jaettiin. Vaikka kyselylomake periaatteessa tavoitti koko ryhmän, niin on mahdollista, että se ei silti saanut muiden mielenkiintoisten julkaisujen joukossa riittävästi näkyvyyttä, jotta useampi potentiaalinen vastaaja olisi sen huomannut. Jälkikäteen pohdittiin, olisiko esimerkiksi joidenkin kyselylomakkeen kysymyksiä nostaminen kommentointikenttään parantanut näkyvyyttä. Toisaalta kaikki ryhmään kuuluvat eivät myöskään välttämättä seuranneet aktiivisesti ryhmän toimintaa, ja tästä syystä muutamia tutumpia opettajia informoitiin kyselystä myös sähköpostitse. Kyselylomakkeen näkyvyyteen vaikuttavat tekijät huomattiin kuitenkin liian myöhään, jotta näkyvyyttä sosiaalisen median ryhmässä olisi voitu parantaa tämän tutkimuksen osalta. Monilukutaitoon liittyvän medialukutaidon huomioimisen merkitys tulikin siis havainnollistettua varsin konkreettisesti tässä yhteydessä.

Koska tutkimusaineisto jäi pieneksi, pyrittiin tutkimusaineisto raportoimaan ja analysoimaan erityisen huolellisesti (luku 7). Tutkimuskysymyksiin vastattiin teoriaosan ja tutkimusosan pohjalta (luku 8.2). Lisäksi pyrittiin edelleen löytämään sovellettavissa olevaa yhteenvetoa tuloksien hyödyntämiseksi kemian opetuksen suunnitteluun ja kemian oppimisen tukemiseen (luku 8.3). Näin pyrittiin lisäämään toteutetun tutkimuksen merkityksellisyyttä. Teoriaosaa varten tehty kirjallisuushaku jäi aiottua pinnallisemmin kartoitetuksi erilaisilla tiedonhakuvälineillä. Aihetta käsittelevää kirjallisuutta kemian opetuksen näkökulmasta löydettiin kemian opetuksen asiantuntijoiden ohjauksella. Käytettyä kirjallisuutta pyrittiin teoriaosassa soveltamaan monipuolisesti, ja lisäksi jatkotutkimusaiheiden yhteydessä (luku 8.4) pohdittiin, miten kirjallisuutta ja sen käyttöä voisi tarkentaa ja syventää.

## **8.2. Vastaukset tutkimuskysymyksiin**

Tutkimuskysymyksiin saatiin seuraavia vastauksia teoriaosan ja tutkimusosan pohjalta.

**Erilaisia oppimateriaalivaihtoehtoja kemian oppimisen tukemiseksi** löydettiin teoriaosan pohjalta seuraavia esitystapojen mukaan ryhmiteltyjä oppimateriaalivaihtoehtoja: verbaliset (sanalliset tekstit), visuaaliset (kuvat atomeista ja

molekyyleistä, kuvat kemiallisista ilmiöistä, muut kuvat, kuvaajat, taulukot), symboliset (kemian merkkikieli, reaktioyhtälöt), matemaattiset (kaavat) ja materiaaliset (pallotikkumallit) sekä näiden erilaiset yhdistelmät (videot, animaatiot, simulaatiot) (esim. Gilbert & Eilam, 2014). Lisäksi oppimateriaaleina voidaan tarkastella erilaisia välineitä ja oppimisympäristöjä sekä pedagogisoituja sisältöjä menetelmineen (esim. Bundsgard & Hansen, 2011; Agustian & Seery, 2017; Tynjälä, 1999). Tutkimusosan pohjalta saatiin selville, että kemian oppitunneilla erilaisista oppimateriaalivaihtoehtojen esitystavoista hyödynnetään kemian sisältöjen tulkitsemisessa eniten sanallisia tekstejä ja kemian merkkikieltä, samoin tuottamisessa hyödynnettiin eniten kemian merkkikieltä ja sanallisia tekstejä. Erilaisten oppimateriaalivaihtoehtojen valintaan vaikuttivat pyrkimys monipuolisuuteen, kurssisisällöt, materiaalista löytyvät oppisisällöt, oppituntien suunnittelu- ja valmistelu-aika, opettajien arvio oppimisen edistämisestä sekä erilaisilla esitystavoilla ilmaistujen oppisisältöjen helppo saatavuus.

**Kemian oppimista helpottavia tekijöitä eri esitystapoja hyödynnettäessä** voidaan teoriaosan pohjalta jaotella kemian oppisisällöistä nouseviin tekijöihin ja esitystapakohtaisiin yleisiin tekijöihin, joista keskeisimpinä tekijöinä mainitaan koherenssi eli johdonmukaisuus sekä signalointi (esim. Mikkilä, 1992; Kaakinen & Hyönä, 2012; Taber 2009). Tutkimusosan perusteella esitystapojen tulkintaa helpottaa arkeen linkittyminen, havainnollistaminen sekä asian ymmärtämisen helpottuminen; esitystapojen tuottamista puolestaan helpottaa esimerkiksi mallista jäljittely. **Kemian oppimista vaikeuttavia tekijöitä eri esitystapoja hyödynnettäessä** voidaan teoriaosan pohjalta jaotella esitystapojen hallintaan liittyviin vaikeuksiin ja kemian tiedon luonteen eri tasojen ymmärtämiseen liittyviin vaikeuksiin (esim. Gilbert & Eilam, 2014; Cheng & Gilbert, 2009; Markic ym., 2013). Tutkimusosan pohjalta tulkitsemisen vaikeuksien nähtiin johtuvan puutteellisesta kielitaidosta, monimutkaisesta kielestä, sekä asian ilmaisemisesta vain sanallisena tekstinä. Tuottamisessa vaikeuksien nähtiin johtuvan puutteista kielitaidossa, haasteista sanallisessa tuottamisessa ja varsinkin laajojen sanallisten tekstien tuottamisessa, monien asioiden huomioimisesta esitystapaa hyödynnettäessä; johtopäätösten tekemisessä, sekä teknisissä haasteissa välineen käytössä.

Kemian tiedon luonteen näkökulmasta tarkasteltuna opettajat näkevät oppijoiden tulkinnan vaikeutena eri esitystapoja hyödynnettäessä kemialliset mallit, ja erikseen mainittiin mallien visuaalisista havainnollistamisista tehtävät harhapäätelmät, sekä

sanalliset tekstit ja monimutkainen kieli tietosisältöjen kuvaamisessa. Sen sijaan esimerkiksi visuaalinen havainnollistaminen nähtiin selkeästi oppimista helpottavana tekijänä tietosisältöjen tulkitsemisessa, kun taas sen puuttuminen tai harhapäätelmien mahdollisuus nähtiin tulkintaa ja oppimista vaikeuttavana tekijänä.

Teoriaosan mukaan **kemian opettajat tukevat oppijoiden kemian oppimista** huomioimalla esitystavan kiinnostavuutta oppijoille ja huomioimalla eriyttämisen tarvetta esitystavoissa, tietosisällöissä ja tehtävissä (esim. Ainsworth & Newton, 2014; Aksela & Perna, 2017). Eräs tapa on myös huomioida yksilöllisen ja yhteisöllisen oppimisen näkökulmia ja vaiheita oppimateriaalin laadinnassa (Heeg ym., 2020). Tulkitsemisen tukemisessa kemian opettajat hyödyntävät tutkimusosan perusteella oppijälähtöistä tukemista, esitystapalähtöistä tukemista ja ajattelua aktivoivaa tukemista. Tuottamisen tukemisessa kemian opettajat hyödyntävät oppijan toiminnan tukemista ja oppijan toiminnan aktivoimista.

Tutkimusongelmaan vastaukseksi voidaan tiivistää tämän tutkielman pohjalta seuraavaa: **Kemian oppimista voidaan tukea oppimateriaalien monilukutaitoisella hyödyntämisellä** siten, että hyödynnetään monipuolisesti erilaisia oppimateriaalivaihtoehtojen esitystapoja, välineellisyyttä sekä toimintatapoja niin kemian tietosisältöjen tulkitsemisessä kuin myös tuottamisessa. Yksilöllinen ja yhteisöllinen näkökulma huomioidaan esimerkiksi hyödyntämällä oppimateriaaleja, joita voi käyttää tai täyttää sekä yksin että yhdessä. Tilanteet ja kulttuuri otetaan huomioon kontekstin mukaan sekä tuetaan tarvittaessa oppijoita ja ryhmiä oppimisprosessin eri vaiheissa.

### 8.3. Pohdinta

**Kemian oppimisen helpottaminen oppimisen eri vaiheet huomioivilla oppimateriaaleilla.** Tässä tutkielmassa esiteltiin monenlaisia oppimisprosesseja: käsitteenmuutosprosessi, monilukutaidon tiedon prosessi, monilukutaidon prosessi, monilukutaidon prosessin pelkistetty malli sekä kemian ajatteluprosessien kokonaisuus. Kokonaiskuvan selkeyttämisen ja ymmärtämisen avuksi nämä eri prosessit ryhmiteltiin ensin vaiheittain. Tämän jälkeen näitä prosessien eri vaiheiden sisältöjä verrattiin keskenään ja havaittiin yhtäläisyyksiä eri prosessien vaiheiden välillä. Johtopäätöksenä taulukkoon 13 ryhmiteltiin nämä prosessit päällekkäin jaoteltuine samankaltaisine

vaiheinen. Siitä havaitaan monilukutaidon prosessien ja kemian oppimisen prosessien asemoituminen konstruktivistiseen oppimisprosessiin verrattuna. Taulukon sisällön avulla voidaan siis tarkastella monilukutaidon prosessien, konstruktivisen oppimiskäsityksen oppimisprosessin sekä kemian opetuksen prosessien samankaltaisia vaiheita, ja myös vaiheittain samankaltaisia oppimiseen vaikuttavia tekijöitä. Esitystä voidaan kutsua oppimisprosessien eri vaiheiden vertailumalliksi.

**Taulukko 13.** Oppimisprosessien eri vaiheiden käsitteellinen vertailumalli.

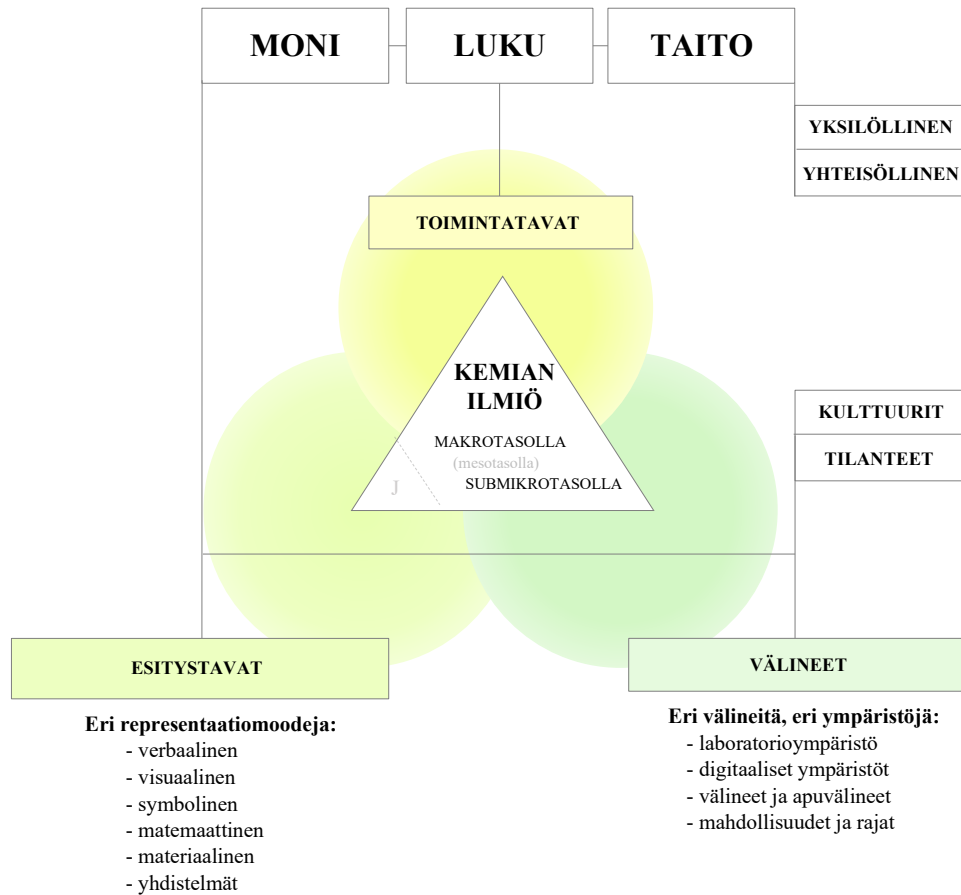
PROSESSI	ERI PROSESSIEN TOISIAAN VASTAAVIA VAIHEITA			
	oppijan käsitykset ja tieteelliset käsitykset		päättelykäytännöt ja soveltaminen käytännössä	
<b>Kemian oppimisprosessin kokonaisuus</b>	arkikieliset havainnot kemian ilmiöistä	käsitteiden määritelmät ja rakentuminen (makrotason kuvaukset ja submikrotason selitykset)	teoreettiset käytännöt kokeelliset käytännöt	
<b>Monilukutaidon pedagoginen malli, ”tiedon prosessi”<sup>b</sup></b>	kokemuksellistaminen ( <i>experiencing</i> )	käsitteellistäminen ( <i>conceptualising</i> )	analysoiminen ( <i>analysing</i> )	soveltaminen ( <i>applying</i> )
<b>Monilukutaidon prosessi<sup>a</sup></b>	tulkinta ( <i>interpretation</i> )	suunnittelu ( <i>design</i> )	tuotanto ( <i>production</i> )	jakaminen ( <i>distribution</i> )
<b>Monilukutaidon prosessin pelkistetty malli<sup>c</sup></b>	tulkinta (tietojen hankkiminen, tutkiminen, yhdistäminen, muokkaaminen, tuottaminen, esittäminen ja arviointi eri muodoissa, välineillä ja tilanteissa)		tuottaminen	
<b>Oppimisen konstruktivistinen malli, käsitteenmuutosprosessi<sup>d</sup></b>	ennakkokäsityksien aktivoiminen	tieteellisen tiedon tarkastelu ja vertaaminen oppijan ennakkokäsityksiin	tieteellisen tiedon uskottavuuden perustelu	tieteellisen tiedon hyödyllisyyden osoittaminen arjessa

a. Kupiainen, 2019 (mukaiillen Sefton-Green ym.) b. Kupiainen, 2019 (mukaiillen Cope & Kalantzis)

c. Luukka, 2019; Räsänen, 2019; OPH,2014; OPH, 2019 d. Tynjälä,1999 (mukaiillen Posner)

Kemian oppimisen tukemiseksi oppimateriaaleissa voidaan hyödyntää näitä oppimisprosessin eri vaiheita huomioivia ja aktivoivia oppimateriaaliosia (Tynjälä, 1999). Mikäli käytetty oppimateriaali ei huomioi näitä vaiheita, opettaja voi tukea oppijan oppimista yhdistämällä oppimateriaalin yhteyteen oppimisprosessin vaiheita tukevia toimintatapoja opetuksessaan (Bundsgaard & Hansen, 2011).

**Kemian oppimisen tukeminen monilukutaidon kehyksessä.** Tässä tutkielmassa hahmoteltiin monilukutaidon kokonaismalli (Kuva 2). Sen pohjalta tässä tutkielmassa hahmoteltiin monilukutaidon kokonaismalli myös kemian ilmiön tarkastelulle makro- ja submikrotasolla (Kuva 6).



**Kuva 6.** Kemian ilmiön ja tietosisältöjen tarkastelu makro- ja mikrotasolla monilukutaidon kokonaismallin kehyksessä.

Yksilöllisen ja yhteisöllisen oppimisen tukemista voidaan edistää oppimateriaaleilla. Oppimateriaalilomakkeiden avulla voidaan esimerkiksi tukea ja seurata sekä oppijan yksilöllistä oppimisprosessia että yhteisöllistä oppimisprosessia kemian käsitteiden ymmärtämisessä ryhmäopetuksen yhteydessä (Heeg ym., 2020). Yksilöllisen oppimisen tukemiseksi olisi tärkeää, että eriyttäviä oppimateriaaleja olisi saatavilla perustason tukemisen lisäksi sekä edistyneemmille oppijoille että muuta tukea tarvitseville oppijoille.

Toimintatapojen osalta oppimateriaaleissa olisi hyvä huomioida oppijan arkikielisten havaintojen lisäksi kemian tieteelliset käytännöt niin teoriaan kuin kokeellisuuteen perustuen (taulukko 13). Varsinkin kemian tieteellistä päättelyä ja johtopäätösten tekemistä harjoittavia ja tukevia oppimateriaaliosia tarvittaisiin tämän tutkielman perusteella niin sanallisten sisältöjen kuin matemaattisten sisältöjenkin osalta.

#### **8.4. Jatkotutkimusaiheita**

Tässä tutkielmassa pyrittiin tarkastelemaan laajasta kuvakulmasta kemian oppimisen tukemista oppimateriaalien monilukutaitoisella hyödyntämisellä. Tässä luvussa kartoitetaan sekä teoriaosan että tutkimusosan pohjalta esiin nousseita jatkotutkimusaiheita.

Teoriaosassa tarkasteltiin toisistaan erillisten lähteiden pohjalta erilaisten oppimateriaalien yleisiä oppimista edistäviä tekijöitä. Aiheeseen liittyviä jatkotutkimuksia valmistellessa olisikin tarpeellista tehdä tarkennettua tiedonhakua siitä, löytyisikö tällaisista erilaisten oppimateriaalien yleisistä oppimista edistävästä tekijöistä kokoomateoksia, jotta kokonaiskuvaa voitaisiin hahmotella johdonmukaisemmin ja selkeämmäksi. Tutkielman teoriaosassa hahmoteltiin lisäksi oppimateriaalien luokittelua oppimisprosessin vaiheiden pohjalta. Jatkotutkimuksessa voisi selvittää lisää oppimateriaalien hyödyntämistä oppimisprosessin eri vaiheissa. Millaiset oppimateriaalien tekijät ovat oleellisia oppimisprosessin eri vaiheissa? Millaisia oppimateriaalien sisältämiä oppimistehtäviä tai esitystapoja kannattaa hyödyntää oppimisen tukemiseen oppimisprosessin eri vaiheissa? Miten oppimisprosessin eri vaiheissa voidaan hyödyntää erilaisia oppimateriaaleja? Millaisia oppimateriaaleja opettajat hyödyntävät oppijan oppimisprosessin eri vaiheissa? Millaisia oppimateriaaleja oppijat hyödyntävät oppimisprosessin eri vaiheissa? Mitkä tekijät vaikuttavat valintoihin? Onko valinnoissa eroa tulkinnan ja tuottamisen välillä?

Monilukutaidon teoriaa puolestaan tarkasteltiin tutkielman teoriaosassa suomalaisessa kontekstissa, konstruktivistisen oppimiskäsityksen kokonaisuudessa – huomioiden siis kokonaisvaltaisesti myös yksilöä (ei vain sosiaalisesta tai kulttuurisesta, vaan myös muiden ulottuvuuksien kuten kognition näkökulmasta). Jatkotutkimusaiheena voitaisiin esimerkiksi tehdä analyysia siitä, millaisia eri näkemyksiä ja painotuksia monilukutaidosta ja sen pedagogiikasta on, ja mitä nämä ovat New London Group -

kokoonpanon perusteella. Esimerkiksi monilukutaidon teoreettista taustaa ja erilaisia näkökulmia voisi selvittää lisää tutkimuskirjallisuuden pohjalta, sekä myös tarkemmin sitä, millaisia haasteita tai ongelmia sen periaatteissa tai hyödyntämisessä saattaa olla. Teoriaosassa tarkasteltiin myös kemian teoriaa oppimisen näkökulmasta. Jatkotutkimuksissa voisi esimerkiksi syventyä rajatumminkin tarkastelemaan yksittäin eri esitystapoja ja niiden oppimista edistäviä tekijöitä, sekä yhteiskäyttöä muiden esitystapojen kanssa.

Tutkimusosassa puolestaan selvitettiin, kuinka usein oppimateriaalien erilaisia esitystapoja hyödynnetään kemian opetuksessa. Otokoko oli pieni, joten eräänä jatkotutkimusaiheena voisikin olla oppimateriaalien hyödyntämisen selvittäminen laajemmalla joukolla. Tällöin saataisiin kattavampia ja vertailukelpoisempia tuloksia.

Tutkimusosassa nousi esiin vaikeudet oppiaineiden leikkauskohdissa. Esimerkiksi kielen ja matematiikan ymmärtämisen ja hallitsemisen vaikeudet heijastuvat myös kemian sisältöjen ymmärtämiseen. Eräänä jatkotutkimusaiheena voisikin olla sen selvittäminen, miten hyödyntää ja vahvistaa muiden oppiaineiden alaan kuuluvia taitoja myös kemian tunneilla. Millaisia tukitoimia kemian oppimiseen voitaisiin tarjota tilanteissa, joissa vaikeudet heijastuvat vaikeuksista toisessa oppiaineessa? Millaista monialaista yhteistyötä kielitaidon, matemaattisten taitojen ja päättelytaidon edistämiseksi kouluissa tehdään tai voitaisiin tehdä? Millaisilla kemian oppimateriaaleilla näitä taitoja ja niiden harjoittelua tuetaan ja voitaisiin tukea?

Tutkimusosassa kävi ilmi, että erilaisia kemian oppimateriaaleja hyödynnettäessä opettajat tukevat oppijoiden oppimista neuvomalla henkilökohtaisesti vaikeiksi koetuissa kohdissa ja lisäksi myös kannustamalla yhteisölliseen oppimiseen. Henkilökohtaisen neuvomisen osalta nousikin esiin tarve eriyttävälle ja eri tasoisille kemian oppimateriaaleille, joista oppija voisi valita itselleen sopivimman vaihtoehdon. Mitä erilaisia toimintatapoja tällöin hyödynnetään? Miten tukea oppijan valmiuksia valita itse tarvitsemansa oppimateriaalit? Esiin nousi myös tarve erilaisten helposti saatavilla olevien oppimateriaalien kokoamisesta esimerkiksi internetsivustolle. Digitaalisuus voisikin olla eräs apuväline koordinoimaan tällaista oppimateriaalien valintaa haastavuuskategorioittain. Esimerkiksi Bauman ja Tuzhilin (2018) ovat esitelleet erään vaihtoehdon oppimateriaalien suosittelujärjestelmästä oppijan taitotason mukaan (kts luku 4.3.3). Lisäksi tämän tutkielman kirjoittaja pohtii, olisiko mahdollista luoda

monialaisen yhteistyön kautta sellainen digitaalinen navigointialusta, jossa kemian tietosisältöjen ja käsitteiden välityksellä olisi mahdollista päästä sopimuksen mukaan eri kustantamoiden digitaalisiin oppimateriaaleihin. Tälle navigointialustalle voisi koota myös Internetissä vapaasti saatavilla olevia materiaaleja. Erityisesti toivottiin myös animaatioiden ja simulaatioiden kokoamista tietosisältöjen mukaan jaoteltuna, jotta niitä voisi hyödyntää sujuvasti opetuksessa. Eräänä jatkokehitysideana voisikin olla tällaisen alustan luominen siten, että sitä voitaisiin hyödyntää myös eritasoisten oppijoiden ”oppimateriaalipankkina”. Erilaisista oppimateriaalipankeista löytyy soveltuvia esimerkkejä Internetistä osoitteista <https://www.luma.fi> sekä <https://opetus.tv>.

Monilukutaidon pedagogiikassa kannustetaan oppijoita jakamaan yhteisesti omia kokemuksiaan ja näkemyksiään opittavana olevista aiheista koko oppimisprosessin ajan. Kun on monta monessa, niin myös näkökulmia, vaihtoehtoisia käsityksiä ja virhekäsityksiäkin voi olla monenlaisia. Tämä näkökulmien yhteisöllinen jakaminen herättääkin kysymyksiä vuorovaikutustaitoihin liittyen. Millaista tutkimuskirjallisuutta on tällaisiin tilanteisiin liittyen löydettävissä, ja onko olemassa kemian opetusta käsittelevää soveltavaa tutkimuskirjallisuutta myös kemian opetuksen puolelta? Miten kemian oppitunneilla opetellaan ja harjoitellaan vuorovaikutustaitoja erilaisissa tilanteissa? Erityisen kiinnostavaa olisi selvittää hyödyllisten vuorovaikutustaitojen valikoimaa oppimisprosessin eri vaiheissa. Millaisia vuorovaikutustaitoja tarvitaan, kun jaetaan oppimisen kohteena olevasta aiheesta mahdollisesti hyvinkin erilaisia kokemuksia ja näkemyksiä – ehkä myös virhekäsityksiä? Millaista vuoropuhelua käydään käytetyistä käsitteistä ja niiden sisällöistä? Millaista tukea oppimateriaaleista voisi saada yhteiseen vuorovaikutukseen kemian opetuksessa? Tai millaista tukea oppimateriaaleista voisi saada yhteiseen vuorovaikutukseen eri oppiaineiden välillä, monialaisesti?

Millaista monilukutaitoisuutta kohti olisi hyvä ja kestävää suunnata niin kemian oppimisessa kuin kaikessa muussakin oppimisessa, ja millaisten oppimateriaalien tukemana?



## 9 KIRJALLISUUS

- Agustian, H. Y. & Seery, M. K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry education: research and practice*. 18. <https://doi.org/10.1039/c7rp00140a>
- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Aksela, M. & Perna, J. (2017). Oppikirjan rooli ja merkitys kemian opetuksessa 1800-luvulta sähköiselle aikakaudelle. Teoksessa P. Hiidenmaa, M. Löytönen, H. Ruuska & M. Aksela (toim.), *Oppikirja suomea rakentamassa* (s. 189–216). Suomen tietokirjailijat.
- Bauman, K. & Tuzhilin, A. (2018). Recommending remedial learning materials to students by filling their knowledge gaps. *MIS Quarterly*, 42(1), 313–332. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2018/13770>
- Borg, S. (2021). Kyselylomakkeen laatiminen. Teoksessa Ellonen, N.; Alastalo, M. & Ala-Lahti, H. (toim.) *Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja* (uudistettu painos, 2021). <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metelmaopetus/kvanti/kyselylomake/laatiminen/>
- Bundsgaard, J. & Hansen, T. I. (2011) Evaluation of learning materials: A holistic framework. *Journal of Learning Design*, 4(4), 31–44.
- Cheng, M. & Gilbert, J. K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. Teoksessa Gilbert, J. K. ja Treagust, D. F. (toim.), *Multiple representations in chemical education* (s. 55–74). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_4)
- Chiu, M.-H. & Wu, H.-K. (2009). The roles of multimedia in the teaching and learning of the triplet relationship in chemistry. Teoksessa Gilbert, J. K. ja Treagust, D. F. (toim.), *Multiple representations in chemical education* (s. 251–283). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_12)
- Cooper, M. M. & Stowe, R. L. (2018). Chemistry Education Research – From personal empiricism to evidence, theory and informed practice. *Chemical Reviews*. 118, 6053–6087. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>
- De Jong, O., Blonder, R. & Oversby, J. (2013). How to balance chemistry education between observing phenomena and thinking in models. Teoksessa Eilks, I. &

- Hofstein, A. (toim.), *Teaching chemistry—A studybook* (s. 97-126). Sense Publishers. [https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5_4)
- Ekonoja, A. (2014). *Oppimateriaalien kehittäminen, hyödyntäminen ja rooli tieto- ja viestintätekniiikan opetuksessa* (1456–5390) [Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto]. University of Jyväskylä. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-5793-3>
- Ellington H. & Race P. (1993). *Producing teaching materials: a handbook for teachers and trainees* (2. painos). Kogan Page.
- Gilbert, J. K. & Afonso, A. (2014). Visualizations in popular books about chemistry. Teoksessa Eilam, B. & Gilbert, J. K. (toim.), *Science teachers' use of visual representations* (s. 227–245). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7_10)
- Gilbert, J. K. & Eilam, B. (2014). Developing science teachers' representational competence and its impact on their teaching. Teoksessa Eilam, B. ja Gilbert, J. K. (toim.), *Science teachers' use of visual representations* (s. 315–329). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7_14)
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. Teoksessa Gilbert, J. K. ja Treagust, D. F. (toim.), *Multiple representations in chemical education* (s. 1–8). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_1)
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. Teoksessa Gilbert, J. K. ja Treagust, D. F. (toim.), *Multiple representations in chemical education* (s. 333–350). Springer Science+Business Media B. V. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_15)
- Hansen, T. I. & Gissel S. T. (2017). Quality of learning materials. *IARTEM e-Journal*, 9(1), 122-141. <https://doi.org/10.21344/iartem.v9i1.601>
- Harmanen, M. & Hartikainen M. (2019). *Monilukutaitoa oppimassa*. Oppaat ja käsikirjat 2019:2. Opetushallitus.
- Hatva, A. (2009). *Merkityksen välittäminen kuvan avulla*. [Väitöskirja, Tampereen yliopisto]. Tampere University Press. <https://urn.fi/urn:isbn:978-951-44-7837-6>
- Heeg, J., Hundertmark, S. & Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning – Seven essential features for designing fruitful classroom practices that develop students' individual conceptions.

*Chemistry Education Research and Practice*, 21, 765–788.

<https://doi.org/10.1039/C9RP00175A>

- Heinonen, J.-P. (2005). *Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit - Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa*. [Väitöskirja, Helsingin yliopisto]. Helsingin yliopisto.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-1995-6>
- Hirsjärvi, S. (toim.). (1978). *Kasvatustieteen sanasto*. Jyväskylän yliopisto.
- Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, S. (2009). *Tutki ja kirjoita* (15. painos). Tammi.
- Johnstone, A., H. (2000). Teaching chemistry – Logical or psychological? *Chemistry education: research and practice in Europe* 1(1), 9–15.  
<https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>
- Juhila, K. (2021, kesäkuu 3). Teemoittelu. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto.  
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/teemoittelu/>
- Kaakinen, J. K. & Hyönä, K. (2012). Kognitiivinen psykologia. Teoksessa Heikkinen, V., Voutilainen, E., Lauerma, P., Tiiliä, U. Lounela, M. Voutilainen, H. (toim.), *Genreanalyysi – tekstilajitutkimuksen käsikirja* (s. 546–550). Kotimaisten kielten keskuksen julkaisuja 169. Gaudeamus Helsinki University Press
- Kankaanranta, M. (2015). Digitaaliset oppimateriaalit – Suuntana oppimisen adaptiivisuus ja vuorovaikutteisuus. Teoksessa Kaisla, M., Kutvonen-Lappi, T. & Kankaanranta, M. (toim.), *Digitaalinen oppimateriaali koulun arjessa* (s. 11–24). Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos ja Informaatioteknologian tiedekunta. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-6229-6>
- Kohonen, I., Kuula-Luumi, A. & Spoof, S.-K. (toim.). (2019). *Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa – Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019*. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 3/2019. Tutkimuseettinen neuvottelukunta.  
[https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden\\_eettisen\\_ennakoarvioinnin\\_ohje\\_2020.pdf](https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2020.pdf)
- Kulju, P., Kupiainen, R. & Pienimäki, M. (2019). Raportti luokanopettajien käsityksistä monilukutaidosta 2019. Kansallinen audiovisuaalinen instituutti.  
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1762-1>

- Kupiainen, R. (2019). Monilukutaidon pedagogiikan lähtökohtia. Teoksessa Harmanen, M. & Hartikainen, M. (toim.): *Monilukutaitoa oppimassa*. (s. 22–31). Oppaat ja käsikirjat 2019:2. Opetushallitus.
- Luukka, M.-R. (2019). Tekstien lukijasta ja kirjoittajasta monilukutaituriksi. Teoksessa Harmanen, M. & Hartikainen, M. (toim.), *Monilukutaitoa oppimassa*. (s. 32–39). Oppaat ja käsikirjat 2019:2. Opetushallitus.
- Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry education: research and practice*. 5(3), 229–245.  
<https://doi.org/10.1039/B4RP90026J>
- Markic, S., Broggy, J. & Childs, P. (2013). How to deal with linguistic issues in chemistry classes. Teoksessa Eilks, I. & Hofstein, A. (toim.), *Teaching chemistry—A studybook* (s. 127–152). Sense Publishers.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-6209-140-5_5)
- Mikkilä, M. (1992). Oppimateriaalin laatu ja osuus opetussuunnitelmien toteuttamisessa sekä opetuksen ja oppimisen suuntautumisessa. Teoksessa Olkinuora, E., Lappalainen, M. & Mikkilä, M. (toim.), *Nuorisoiän yleissivistävän opetuksen nykytilan ja tuloksellisuuden arviointia*. (s. 99–135) Oppimistutkimuksen keskus, Turun yliopisto.
- Mikkonen, K. (2012). Multimodaalisuus ja laji. Teoksessa Heikkinen, V., Voutilainen, E., Lauerma, P., Tiiliä, U. Lounela, M. Voutilainen, H. (toim.), *Genreanalyysi – tekstilajitutkimuksen käsikirja* (s. 546–550). Kotimaisten kielten keskuksen julkaisuja 169. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Opetushallitus. (2015). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Opetushallitus.  
[https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2014.docx](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.docx)
- Opetushallitus. (2019). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. Opetushallitus.  
[https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2019.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf)
- Paaso, E. (2021). Mittaaminen: mittarin luotettavuus. Teoksessa Ellonen, N.; Alastalo, M. & Ala-Lahti, H. (toim.) *Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja* (uudistettu painos, 2021).  
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/mittaaminen/luotettavuus/>

- Palsa, L., Pekkala, L. & Salomaa, S. (2019). Monilukutaito ja mediakasvatuksen pedagogiikka. Teoksessa Harmanen, M. & Hartikainen, M. (toim.): *Monilukutaitoa oppimassa* (s. 40–50). Oppaat ja käsikirjat 2019:2. Opetushallitus.
- Räsänen, M. (2019). Monilukutaito – laajasta kulttuurikäsitteestä laajaan tekstikäsitteeseen. Teoksessa Harmanen, M. & Hartikainen, M. (toim.): *Monilukutaitoa oppimassa* (s. 16–21). Oppaat ja käsikirjat 2019:2. Opetushallitus.
- Sevian, H. & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 10–23.  
<https://doi.org/10.1039/c3rp00111c>
- Sulkunen S., Luukka, M.-R., Saario, J. & Veistämö, T. (2019). Monilukutaito lukion historian opetuksessa. *Ainedidaktiikka* 3(2), 2-23, Suomen ainedidaktinen tutkimusseura. <https://doi.org/10.23988/ad.76111>
- Taber, K. (2009). Learning at the symbolic level. Teoksessa Gilbert, J. K., Treagust, D (toim), *Multiple representations in chemical education, Models and modeling in science education*, (s. 75-.105). Springer Science+Business Media B. V.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_5)
- Taber, K. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry education: research and practice in Europe*, 14, 156–168.  
<https://doi.org/10.1039/C3RP00012E>
- Tippet, C. D. (2010). Refutation text in science education: a review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 951–970.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-010-9203-x>
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* [e-kirja] (Uudistettu laitos). Tammi.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena : Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammi.
- Vainionpää, J. (2006). *Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa*. [Väitöskirja, Tampereen yliopisto]. Tampere University Press.  
<https://urn.fi/urn:isbn:951-44-6553-9>

# LIITTEET

## LIITE 1

### Verkkokyselylomake (Webropol) (6 s.)

Tutkimus oppimateriaalien monilukutaitoisesta hyödyntämisestä kemian opetuksessa

## Kyselylomake oppimateriaalien monilukutaitoisesta hyödyntämisestä kemian opetuksessa

### TIIVISTELMÄ

Tässä kyselyssä on saatekirjeen ja taustatietojen jälkeen seuraavat kolme osaa:

1. Erilaisten oppimateriaalisältöjen hyödyntäminen kemian opetuksessa
2. Kokemukset oppimateriaalien monilukutaitoisesta hyödyntämisestä kemian oppimisen tukemisessa
3. Toiveet ja tarpeet kemian oppimateriaaleihin ja niiden monilukutaitoiseen hyödyntämiseen liittyen

### SAATEKIRJE

Hei!

Olen Laura Laato, ja teen kemian opetuksen pro gradu -työtä Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle monilukutaitoon ja oppimateriaaleihin liittyen. Teidän kemian opettajien käytännön kokemukset ja näkemykset olisivat arvokkaita aiheen ymmärtämiseksi paremmin, ja oheisessa kyselyssä olisikin muutamia kysymyksiä siihen liittyen.

Oppimateriaaleissa erilaiset sisällöt voivat olla muodoltaan esimerkiksi kirjoitettua kieltä, kuvia, kemian merkkikieltä ja reaktioyhtälöitä, sekä erilaisia yhdistelmiä edellisistä, kuten videoita, animaatioita tai vaikka postereita. Tällaisten eri muotoisten sisältöjen tulkitseminen ja tuottaminen on liitetty opetussuunnitelmien perusteissa monilukutaitoon. Oppimateriaalien monilukutaitoisista hyödyntämistä tarkastellaankin tässä yhteydessä juuri erilaisten oppimateriaalisältöjen tulkitsemisen ja tuottamisen näkökulmasta.

Teiltä opettajilta toivon saavani tietoa ja oppivani lisää siitä, millaisin eri tavoin opettajat tukevat oppilaiden kemian oppimista eri oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessä ja tuottamisessa.

Tutkimusaineisto käsitellään luottamuksellisesti, ja vastaajia ei yksilöidä. Työnohjaajana toimii Jouni Väliisaari, jouni.valisaari@jyu.fi  
Kyselyn vastaamiseen menee aikaa n. 20 min. Vastausaikaa on viikko, ja kysely sulkeutuu 24.5.2021

Suuret kiitokset teille kaikille, jotka ehditte vastaamaan!

Ystävällisin terveisin,  
Laura Laato  
laura.m.laato@student.jyu.fi



## TUOTTAMINEN

Kuinka usein oppitunneillasi oppilaat tuottavat itse seuraavia tietosisältöjä? Valitse sopivin vaihtoehto.

Oppilaat tuottavat itse

	joka oppitunnilla	viikoittain	kuukausittain	muutaman kerran lukukaudessa	ei koskaan	en osaa sanoa
sanallisia tekstejä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kuvia atomeista ja molekyyleistä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kuvia kemiallisista ilmiöistä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kuvaajia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
taulukoita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
muita kuvia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
kemian merkkikieltä (C, He...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
reaktioyhtälöitä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
matemaattisia kaavoja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
videoita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
animaatioita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
simulaatioita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
muita sisältöjä TVT-alustoilla	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
postereita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
pallo-tikku -rakennussarjojen malleja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Millaiset asiat vaikuttavat siihen, mitä oppimateriaalisältöjä oppilaat tulkitsevat tai tuottavat oppitunneillasi?




2.

## KOKEMUKSIA OPPIMATERIAALISÄLTÖJEN MONILUKUTAIVOISESTA HYÖDYNTÄMISESTÄ KEMIAN OPPIMISEN TUKEMISESSA

### TULKITSEMINEN

Seuraavassa on avoimia kysymyksiä oppimateriaalisältöjen tulkitsemiseen liittyen. Jos haluat hyödyntää vastauksessasi edellä mainittuja oppimateriaalien eri muotoja, niin ne ovat tässä vielä lueteltuna: sanalliset tekstit, kuvat atomeista ja molekyyleistä, kuvat kemiallisista ilmiöistä, kuvaajat, taulukot, muut kuvat, kemian merkkikieli, reaktioyhtälöt, matemaattiset kaavat, videot, animaatiot, simulaatiot, muut sisällöt TVT-alustoilla, posterit, pallo-tikku -rakennussarjat.

Millaisten asioiden olet huomannut olevan helppoja oppilaille oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessä?


Millaisia vaikeuksia olet huomannut oppilailla oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessä?


Millaisia tapoja sinulla on tukea oppilaita kemian oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessä?


## TUOTTAMINEN

Seuraavassa on avoimia kysymyksiä tietosisältöjen tuottamiseen liittyen. Jos haluat hyödyntää vastauksessasi edellä mainittuja tietosisältöjen eri muotoja, niin ne ovat tässä vielä lueteltuna: sanalliset tekstit, kuvat atomeista ja molekyyleistä, kuvat kemiallisista ilmiöistä, kuvaajat, taulukot, muut kuvat, kemian merkikieli, reaktioyhtälöt, matemaattiset kaavat, videot, animaatiot, simulaatiot, muut sisällöt TVT-alustoilla, posterit, pallo-tikku -rakennussarjat.

Millaisten asioiden olet huomannut olevan helppoja oppilaille kemian tietosisältöjen tuottamisessa?


Millaisia vaikeuksia olet huomannut oppilailla erilaisten kemian tietosisältöjen tuottamisessa?


Millaisia tapoja sinulla on tukea oppilaita kemian tietosisältöjen tuottamisessa?


3.

**TOIVEET JA TARPEET KEMIAN OPPIMATERIAALEIHIN JA NIIDEN MONILUKUTAIDON HYÖDYNTÄMISEEN LIITTYEN**

Millaisia oppimateriaaleihin liittyviä toiveita ja tarpeita olet huomannut?


Millaisia monilukutaitoon liittyviä toiveita ja tarpeita olet huomannut?


Mitä muuta haluat sanoa oppimateriaaleihin tai monilukutaitoon liittyen?


## LIITE 2

### Verkkokyselylomakkeen yhteyteen tehdyt Facebook-julkaisut

17.5.2021:

Hei!

Olen Laura Laato, ja teen kemian opetuksen pro gradu -työtä Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle monilukutaitoon ja oppimateriaaleihin liittyen. Teidän kemian opettajien käytännön kokemukset ja näkemykset olisivat arvokkaita aiheen ymmärtämiseksi paremmin, ja oheisessa kyselyssä olisikin muutamia kysymyksiä siihen liittyen.

Oppimateriaaleissa erilaiset sisällöt voivat olla muodoltaan esimerkiksi kirjoitettua kieltä, kuvia, kemian merkkikieltä ja reaktioyhtälöitä, sekä erilaisia yhdistelmiä edellisistä, kuten videoita, animaatioita tai vaikka postereita. Tällaisten eri muotoisten sisältöjen tulkitseminen ja tuottaminen on liitetty opetussuunnitelmien perusteissa monilukutaitoon. Oppimateriaalien monilukutaitoista hyödyntämistä tarkastellaankin tässä yhteydessä juuri erilaisten oppimateriaalisältöjen tulkitsemisen ja tuottamisen näkökulmasta.

Teiltä opettajilta toivon saavani tietoa ja oppivani lisää siitä, millaisin eri tavoin opettajat tukevat oppilaiden kemian oppimista eri oppimateriaalisältöjen tulkitsemisessa ja tuottamisessa.

Tutkimusaineisto käsitellään luottamuksellisesti, ja vastaajia ei yksilöidä. Työnohjaajana toimii Jouni Väliisaari, [jouni.valisaari@jyu.fi](mailto:jouni.valisaari@jyu.fi)

Kyselyn vastaamiseen menee aikaa n. 20 min. Vastausaikaa on viikko, ja kysely sulkeutuu 24.5.2021

**Suuret kiitokset teille kaikille, jotka ehditte vastaamaan!**

Ystävällisin terveisin,  
Laura Laato  
[laura.m.laato@student.jyu.fi](mailto:laura.m.laato@student.jyu.fi)

24.5.2021:

Hei kemian opettajat!

Vielä tarvitaan teidän apuanne, jotka ehtisitte käydä vastaamassa oheiseen kyselyyn. Vastausaikaa on jatkettu vielä viikolla eteenpäin. Suuri kiitos jo vastanneille!

Hyvää loppukevättä ja kohta alkavaa kesää jokaiselle!