



Mielekkään kemian oppimisympäristön kehittämistutkimus: Kontekstuaalisten kokeellisten työohjeiden kehittäminen yritysysteistyönä

Veli-Matti Ikävalko
Lisensiaattitutkielma

20.11.2015

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kemian laitos

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Ohjaaja:

Prof. Maija Aksela, Kemian opettajankoulutusyksikkö,
Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

Tarkastaja:

Prof. Jyri Manninen, Kasvatustieteiden ja psykologian osasto,
Itä-Suomen yliopisto.

Tiedekunta Matemaattis-luonnontieteellinen		Laitos Kemia	
Tekijä Veli-Matti Ikävalko			
Työn nimi Mielekkään kemian oppimisympäristön kehittämistutkimus: Kontekstuaalisten kokeellisten työohjeiden kehittäminen yritysysteistyönä			
Oppiaine Kemia			
Työn laji/ Ohjaaja Lisensiaattitutkielma / Prof. Maija Aksela		Aika 20.11.2015	Sivumäärä 106 + 13
Tiivistelmä			
Kemian lukio-opetuksen tueksi tarvitaan uusia tutkimuspohjaisesti kehitettyjä mielekkäitä oppimisympäristöjä. Tutkimustiedon mukaan nuorten kiinnostus oppiaineen opiskelua kohtaan on yleensä vähäistä. Oppilaalle relevantin kokeellisen työskentelyn ja kontekstuaalisen, esimerkiksi kemian arkipäivän ilmiöihin liittyvän, opetuksen kautta on mahdollista tukea kiinnostusta. Koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen käyttöön, esimerkiksi yhteistyöhön yritysten kanssa kannustetaan kansallisissa opetussuunnitelman perusteissa. Kehittämistutkimuksen tavoitteena oli kehittää yliopistolaboratoriota mielekkääksi oppimisympäristöksi lukiovierailulle uusien kontekstuaalisten kokeellisten työohjeiden kautta yritysysteistyössä. Kehittämisessä keskityttiin mielekkästä oppimista tukevaan oppimisympäristöön. Kehittämiskohteena oleva Helsingin yliopiston kemian laitoksella sijaitseva Kemianluokka Gadolin - niminen yliopistolaboratorio, on samalla non-formaalin, informaalin, kuin formaalinkin kemian opiskeluun tarkoitettu tiedeluokka. Se on avoin toiminnallinen opintokäyntikohde kaikille opetusasteille. Se on Helsingin yliopiston ja kemian alan yritysten yhteistyöhanke. Kehittämistutkimus sisältää neljä osa-aluetta: 1) tarveanalyysin 1 (nykytilanne Suomen kemian kokeellisissa lukion oppimateriaaleissa.), 2) tarveanalyysin 2 (Kemianluokka Gadolinin opintokäyntien palaute), 3) mielekkään oppimisympäristön arviointityökalun kehittäminen sekä 4) mielekkään oppimisympäristön materiaalien -kontekstuaalisten työohjeiden-kehittämisosan. Tarveanalyysissä I analysoitiin lukion oppikirjojen kokeelliset työohjeet (N=160) niiden kontekstin suhteen aineistopohjaisella sisällönanalyysimenetelmällä viidestätoista kemian oppikirjasta. Tarveanalyysissä II tutkimukseen osallistui Kemianluokka Gadolinissa vuonna 2013-14 oppilaiden kanssa vierailleet opettajat kaikilta luokka-asteilta (N=74). Heidän toiminnallisen opintokäynnin tavoitteet, odotukset ja kehittämistoiveet analysoitiin aineistopohjaisella sisällönanalyysillä. Niiden pohjalta kehitettiin kolmannessa vaiheessa mielekkään oppimisympäristön arviointityökalu. Kehittämistutkimuksen neljännessä osuudessa kehitettiin Kemianluokka Gadoliniin yritysysteistyötahojen kanssa uusia kokeellisia työohjeita tutkimuspohjaisesti tarveanalyysien 1 ja 2 pohjalta. Töiden kehittäminen toteutettiin osana Kemian opettajankoulutusyksikön kurssia ja yrityksen asiantuntijat toimivat opiskelijoiden työparina. Ensimmäisen tarveanalyysin päätuloksena saatiin, että kontekstuaalisuus on vähäistä kokeellisissa työohjeissa. Noin kolmannes oppikirjojen laboratoriotyöohjeista (37.5%) ei sisältänyt minkäänlaista kontekstia. Kemian alan yritysten toimintaan liittyvää kontekstuaalisuutta löytyi neljästä työohjeesta. Suurin kontekstuaalisuuden luokka oli kotitalouteen liittyvä kokeellisuus. Tutkimuksellisten töiden			

osuus oli pieni (6%). Tarveanalyysi osoitti, että on tarpeellista kehittää lisää arkielämään liittyviä kemian kokeellisia töitä.

Kehittämistutkimuksen toisen tarveanalyysin mukaan opettajat pitivät Kemianluokka Gadolinia mielekkäänä oppimisympäristönä ja pitivät seuraavia sen ominaisuuksia tärkeinä: (i) osallistuneisuutta, (ii) oppilaiden välistä yhteistyötä, (iii) materiaaliympäristöä, (iv) merkityksellisyyttä, (v) tietotekniikan käyttöä, (vi) opettajan työn tukemista ja (vii) kokeellisten työohjeiden selkeyttä. Näitä ominaisuuksia kehitetään työohjeissa jatkokehittämisvaiheessa. Tulosten ja aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta kehitettiin kolmannessa vaiheessa mielekkään oppimisympäristön arviointiin käytettävä instrumentti, jota voidaan soveltaa muiden oppimisympäristöjen suunnittelun ja toteutuksen osana.

Kehittämistutkimuksen neljännessä osuudessa kehitettiin Kemianluokka Gadolisiin yritys yhteistyötahojen kanssa yhdeksän kappaletta uusia kokeellisia mielekkäitä työohjeita oppimisympäristön materiaaleiksi. Työt ovat vapaasti kaikkien koulujen käytettävissä. Kehitetyt työohjeet olivat kontekstuaalisuusaiheiltaan sekä Stuckeyn merkityksellisyysasteikolla monipuolisia sekä suurimmalta osalta Tarveanalyysi I:ssä määriteltyä kontekstuaalisuuden tasoa II.

Työohjeiden kehittämisprosessia tutkittaessa ryhmähaastattelun avulla yhteisöllisenä kehittämisenä havaittiin yhteistyöhön ja noviisitoimijuuteen liittyviä piirteitä. Asiantuntijahenkilön ja ohjaajan tuki havaittiin tärkeäksi kontekstuaalisten työohjeiden kehittämisessä.

Kehittämistutkimuksessa saatiin neljänlaista tietoa: 1) mielekkään kemian toiminnallisen oppimisympäristön ominaisuuksista, 2) kemian kokeellisten työohjeiden yhteisöllisestä kehittämisprosessista, 3) lukion oppikirjojen kokeellisten työohjeiden kontekstuaalisesta, joita voidaan soveltaa kemian opetukseen ja oppimisympäristöjen kehittämiseen, sekä 4) non-formaalin ja didaktisen oppimisympäristön kemian kokeellisen opetuksen kehittämisinstrumentista.

Avainsanat

Mielekäs oppimisympäristö – merkityksellinen – kontekstuaalisuus – kemian opetus - tiedeluokka – kokeellisuus – kehittämistutkimus – yritys yhteistyö

Säilytyspaikka

Helsingin yliopiston kirjasto, Kumpulan kampuskirjasto, Physicum

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	5
2	Kehittämistutkimus.....	8
2.1	Kehittämistutkimuksen tavoite	8
2.2	Tutkimuskysymykset	9
2.3	Kemianluokka Gadolin kehittämistutkimuksen oppimisympäristönä.....	10
2.4	Toteutus ja tutkimusmenetelmät.....	14
2.4.1	Kehittämistutkimuksen teoria.....	14
2.4.2	Sisällönanalyysi	16
2.5	Tutkimuksen vaiheet.....	17
3	Tarveanalyysi I: Kontekstuaalisuus kemian kokeellisissa työohjeissa	18
3.1	Johdanto	18
3.2	Teoreettinen ongelma-analyysi: Kontekstuaalisuus ja merkityksellisyys lukion kemian oppimateriaaleissa	19
3.2.1	Merkityksellisyys kemian opetuksessa.....	20
3.2.2	Kontekstuaalisuus kemian opetuksessa.....	22
3.3	Empiirinen ongelma-analyysi: kokeellisten työohjeiden sisällönanalyysi	25
3.3.1	Tutkimuksen toteutus	25
3.3.2	Tutkimuskohde.....	26
3.3.3	Tutkimusaineiston analysointi	26
3.3.4	Tulokset	28
3.4	Yhteenvedo	32
4	Tarveanalyysi II: Mielekäs kemian oppimisympäristö	33
4.1	Johdanto	34
4.2	Teoreettinen ongelma-analyysi: Kemian toiminnalliset luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt.....	34
4.2.1	Oppimisympäristöt.....	34
4.2.2	Kokeellinen työskentely	37
4.2.3	Opintokäynnit opetuksessa.....	39
4.2.4	Formaali, informaali ja non-formaali oppiminen	42
4.2.5	Oppimisympäristöjen arviointi	46
4.3	Empiirinen ongelma-analyysi: Kemianluokka Gadolin toiminnallisena kemian oppimisympäristönä	50
4.3.1	Tutkimusmenetelmä	50
4.3.2	Tutkimuskohde.....	51
4.3.3	Tulokset	54
4.4	Yhteenvedo	71
5	Uusien työohjeiden kehittäminen yritysyhteistyönä.....	72
5.1	Johdanto	72
5.2	Yhteistoiminnallinen kehittäminen	73
5.3	Kehittämisen prosessin kuvaus	75
5.4	Tulokset.....	77

5.4.1	Kehitettyjen työohjeiden analysointi.....	77
5.4.2	Kehittämisen prosessin analysointi.....	80
5.5	Yhteenveto	83
6	Johtopäätökset ja pohdinta.....	84
6.1	Kontekstuaalisuus kemian oppikirjojen työohjeissa ja niiden kehittämistarve.....	84
6.2	Mielekäs didaktinen oppimisympäristö kemian toiminnallisessa opettamisessa	86
6.3	Kokeellisen työskentelyn oppimisympäristön kehittäminen.....	90
6.4	Kontekstuaalisten työohjeiden kehittämisprosessi.....	91
6.5	Tutkimuksen merkitys ja jatkokehittäminen.....	93
	Lähteet.....	94
	Liitteet.....	107

Lisensiaattityöstä julkaistut erilliset artikkelit:

- I **Ikävalko**, V-M. & Aksela, M. (2015). Contextual, relevant and practical chemistry teaching at upper secondary school level textbooks in Finland. *LUMAT*, 3(3), 304-315.

- II Tolppanen, S., Vartiainen, J., **Ikävalko**, V-M. & Aksela M. (2015). Relevance of non-formal Education in Science Education. In I. Eilks (Ed.), *Relevant Chemistry Education - From Theory to Practice*. pp 325-344. Sense Publishing.

Kiitokset:

Haluan kiittää professori Maija Akselaa tärkeästä tuesta ja ohjauksesta. Kiitän tutkimusavustajiani Jane Laamasta, Annina Karia ja Katariina Tammea. Kiitän myös vanhempiani, sillä heidän tukensa minulle ja arvostuksensa koulutusta kohtaan on toiminut ajavana voimana koko opiskeluaikani.

1 Johdanto

Kemian kiinnostavuus Euroopassa ja samoin myös Suomessa on nuorten keskuudessa vähäistä (Kärnä et al., 2012; Lavonen et al., 2005). Yleisesti luonnontieteisiin ja teknologiaan liittyy paljon negatiivisia mielikuvia ja ennakkoluuloja. Tämä liittyy paljolti siihen, ettei todellista kemian merkityksellisyyttä yksilölle, yhteiskunnalle tai ammatteihin juurikaan tunneta ja erilaiset roolimallit lisäävät stereotypioita. Kemian tutkijat nähdään esimerkiksi miespuolisina yksinäisenä puurtajana eristetyssä työhuoneessa tai laboratoriossa (Lavonen et al., 2005).

Kemian lukio-opetuksessa haasteena on, että kokeellisuus koulussa on usein vähäistä opetuksen resurssien puutteessa. Akselan ja Karjalaisen (2008) tutkimuksen mukaan lisätukea tarvitaan resursseihin, tiloihin, välineisiin ja materiaaleihin sekä täydennyskoulutukseen. Erityisesti ryhmäkoot ja ajan puute tulevat haasteeksi lukio-opetuksessa. Myös Montonen (2007) huomioi, että mahdollisuudet kokeellisuuden toteuttamiseen vaihtelevat suuresti eri lukioissa. Heidän mukaansa tukea ja toimenpiteitä tarvitaan erityisesti oppilaiden innostuksen ja kemian arvostuksen nostamiseen kemian oppilasmäärien lisäämiseksi. Lavosen (2005) mukaan opiskelijat eivät kemian työ- ja arviointitapojen yksipuolisuuden vuoksi valitse riittävästi kemiaa lukiossa tai hakeudu opintoihin luonnontieteelliselle ja luonnontieteitä soveltaville aloille. Aksela (2005) painottaa, että merkityksellinen kemian opiskelu on korkeamman ajattelutaidon tukena ja lisää oppilaiden motivaatiota ja kiinnostusta. Myös Derek Hodsonin (1996) mukaan kokeellisella työskentelyllä ja tekemällä oppimisella on tärkeä osa kemian opiskelussa. Kokeellisen työskentelyn tarkoituksena on oppia tieteen käsitteellistä ja teoreettista tietoa, ymmärtää tieteellisen tiedon luonnetta ja antaa mahdollisuuden tehdä tiedettä ja tutkimusta.

Kemian opetuksessa yleisimmät ongelmat ovat heikot yhteydet arkielämän ja tieteellisen tiedon välillä, sekä oppilaiden vaikeudet yhdistää kemiallista teoreettista tietoa eri konteksteihin. Hofsteinin & Kesnerin (2006) mukaan kontekstuaalinen oppiminen, toiminnallinen työskentely ja opintokäynnit uudenlaisiin

oppimisympäristöihin lisäävät kiinnostusta ja antavat paremman kuvan tieteestä. Luokkahuoneen ulkopuolisissa oppimisympäristöissä saavutetaan autenttisuus, jota luokkahuoneen sisällä ei voida luoda (Ruiz-Mallen, 2010). Opintokäynnit voivat olla esimerkiksi kemian alan yritysten tai yliopistojen tiedeluokkiin, joissa voi toteuttaa kokeellisuutta. Luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt ja opintokäynnit lisäävät oppilaiden motivaatiota ja kiinnostusta kemiaa kohtaan sekä kehittävät opetusta (esim. Bell et al., 2009; Dillon et al., 2006; Orion & Hofstein, 1991; Hofstein & Rosenfeld, 1996). Tämä tukee väitettä, että kemian mielekkään opetuksen tueksi tarvitaan uusia tutkimuspohjaisesti kehitettyjä mielekkäitä oppimisympäristöjä.

Kemian opettajat pitävät yhteistyötä tärkeänä yritysten, yliopistojen, tiedekeskusten ja kansalaisjärjestöjen kanssa (Aksela & Karjalainen, 2007). Haasteena tässäkin ovat resurssit ja ajan puute. Yhteistyö esimerkiksi yritysten tai tutkimuskeskusten kanssa on kuitenkin tärkeä pedagoginen työkalu, joka saa oppilaat ja opettajat sen hetkisen tutkimuksen sisälle (Lawless & Rock, 1998). Tehtävä yhteistyö monipuolistaa opiskelua ja tekee siitä mielekkäämpää sekä parantaa opetuksen laatua (Hofstein & Kesner, 2006). Eylonin (2000) tutkimuksessa koettiin onnistuneeksi myös pitkäaikainen yhteistyö, jossa tiedeopettajat, tutkijat ja tekniikan asiantuntijat kehittivät materiaaleja sekä erilaisia opetusympäristöjä tiedeopetuksen käyttöön.

Mielekkääseen opiskeluun tarvitaan opetusresursseja, asianmukaisia työskentelytapoja ja poliittista tahtoa opetussuunnitelmien sisältöjen uudistamiseen (Novak, 2002; Aksela & Juvonen, 1999). Se tarkoittaa käytännön tasolla oppimisen merkityksellisyyttä tukevia opetussuunnitelmia. Luonnontieteiden opetussuunnitelmia on kritisoitu niiden eristyneisyydestä yhteiskunnallisiin, ympäristöllisiin ja taloudellisiin asioista, sekä ne on koettu sisällöllisesti liian ahtaiksi. (kts. Ültay & Çalik, 2012; Stolk et al., 2009; Gilbert, 2006). Opetussuunnitelmien tulisi vastata todellisen maailman tilanteita ja sisältöjen tulisi olla eheyttäviä (Schwartz, 2006). Suomen kansallisissa kemian opetussuunnitelmien perusteissa on kirjattu arkielämäyhteydet sisältöjen rinnalle (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2003).

Arkielämän kontekstit, merkityksellisyys ja luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt tulevat uusissa opetussuunnitelmien perusteissa vielä vahvemmin esille. Lisäksi koulujen paikallisuus on otettu vielä paremmin huomioon (Opetushallitus, 2014). Tämä antaa suuntaa ja tukea laajemmin uusien oppimateriaalien ja luokkahuoneen ulkopuolisten oppimisympäristöjen kehittämiseksi jokapäiväiseen opetustyöhön. Näissä non-formaaleissa oppimisympäristöissä autenttisuus ja oppilaan autonomisuus tulevat esille (Bjornavold, 2000).

Tämän kehittämistutkimuksen (Edelson, 2002) tarkoitus on kehittää tutkimuspohjaisesti Kemianluokka Gadolinin didaktista oppimisympäristöä, sekä samalla pienentää kuilua tutkimuksen ja opetuskäytäntöjen välillä (Pernaa, 2013). Kemian opetusalan kehittämistutkimuksessa syntyy tutkimuspohjaisesti tuotos, joka parantaa opetusmetodeja, oppimisympäristöjä tai toiminnallista laboratoriotyöskentelyä (Collins et al., 2004).

Lisensiaattitutkielman rakenne on jaettu kuuteen lukuun. Luvussa 2. esitellään tutkimusmenetelmät, tutkimuskysymykset ja tutkimussuunnitelma kontekstuaalisten työohjeiden kehittämiseksi. Ensimmäinen tarveanalyysi didaktisen oppimisympäristön kehittämiseksi on esitelty luvussa 3. Luvussa tutkitaan tämän hetkisten lukion kemian oppikirjojen työohjeiden kontekstuaalinen arkikemian sisältö. Luku 4 on kehittämistutkimukseen kuuluva toinen tarveanalyysi, jossa analysoidaan Kemianluokka Gadolin -nimisen oppimisympäristön opettajilta saama palaute opintokäynneiltä. Palautteen pohjalta saadaan tietoa didaktisen oppimisympäristön kehittämiseksi. Palautteen pohjalta rakennetaan myös instrumentti, jolla arvioidaan jatkokehittettäviä kontekstuaalisia työohjeita. Luvussa 5 on kuvattu kehittämisprosessi, jossa yritysysteistyössä Helsingin opettajankoulutusyksikössä kehitetään uusia kontekstuaalisia työohjeita. Samalla saadaan tietoa yhteistoiminnallisesta kehittämisestä. Luvussa 6 ovat tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta sekä jatkokehityssuunnitelma.

2 Kehittämistutkimus

Tässä luvussa käsitellään kehittämistutkimuksen tavoitteet, tarkoitus ja suunnitelma. Lisäksi luvussa esitellään menetelmät, tutkimuskysymykset ja kehitettävä oppimisympäristö.

2.1 Kehittämistutkimuksen tavoite

Kehittämistutkimuksen tarkoituksena on kehittää Kemianluokka Gadolinia mielekkäänä didaktisena oppimisympäristönä tuottamalla kemian kontekstuaalisia työohjeita yritysyhteistyössä yliopistotason laboratorioluokkaan. Gadolin on toiminnallinen oppimisympäristö ja opintokäyntikohde kaikille luokka-asteille. Tutkimuksellisesti kehitettävät työohjeet vastaavat johdannossa esitettyyn tarpeeseen lisätä innostusta ja merkityksellisyyttä kemian opiskeluun. Avargilin (2012) mukaan myös opettajat tarvitsevat pedagogisen ja sisältötiedon tukemista. Kehitettävien työohjeiden oppiainetasoksi on rajattu lukio, sillä niissä käytetään erityisesti lukion kemian opetuksen sisällöissä käytettäviin teknisiin laboratoriolaitteisiin.

Mielekkäällä oppimisympäristöllä tarkoitetaan tässä kehittämistutkimuksessa oppimisympäristöä, joka on 1) monimuotoinen, 2) merkityksellinen ja 3) siinä on mielekästä opiskella.

1. *Monimuotoista oppimisympäristöä.* Monimuotoisuudella tarkoitetaan Manninen et. al. (2007) jakoa oppimisympäristöistä viiteen erilaiseen luokkaan:
 - a. Fyysinen oppimisympäristö (tila tai rakennus, esim. luokkahuoneen sisustus ja istumisjärjestys)
 - b. Sosiaalinen oppimisympäristö (kommunikaatio ja vuorovaikutus)

- c. Tekninen oppimisympäristö (opetusteknologia, esim. mittauslaitteistot, käytettävät ohjelmistot)
- d. Paikallinen oppimisympäristö (koulun ulkopuoliset paikat, esim. työpaikka, metsä, yliopistokampus)
- e. Didaktinen oppimisympäristö (oppimista tukeva toiminta ja oppimateriaalit, esim. kokeelliset työohjeet, moniste, kalvot).

2. *Merkityksellistä oppimisympäristöä.* Merkityksellisellä oppimisympäristöllä tarkoitetaan Stuckey et al. (2013) mukaisesti oppimistilanteiden kontekstuaalisia sisältöjä, joilla on yhteys arkielämään henkilökohtaisella, yhteiskunnallisella ja työelämätasolla. Tähän kuuluu myös oppimisympäristön opiskelussa etenemisen tukemista kansallisen opetussuunnitelmien perusteiden mukaisesti (Opetushallitus, 2003).

3. *Mielekkään oppimisen oppimisympäristöä.* Ausubel (1960) mukaan mielekäs oppiminen on oppilaille merkityksellistä. Novak (2002) mukaan mielekäs oppiminen tukee oppilaan itsenäistä kykyä oppia uutta. Non-formaaleiden oppimistilanteiden on havaittu nostavan oppilaan itsevarmuutta (Tolppanen & Aksela, 2013). Lisäksi tilanteiden on huomattu parantavan oppilaiden asenteita ja motivaatiota (Pedretti, 2002). Lisäksi näissä oppimistilanteissa oppilaat ymmärtävät paremmin yhteyksiä arkielämän ja tieteen välillä (Goldman, 2013).

2.2 Tutkimuskysymykset

Kehittämisessä käytetyillä tutkimuskysymyksillä (Taulukko 1.) pyritään vastaamaan tutkimuksen avulla kehittämisprosessissa oleviin tarpeisiin, haasteisiin ja tavoitteisiin.

Taulukko 1. Kehittämistutkimuksen tutkimuskysymykset.

Tutkimuskysymykset:	Tutkitaan kehittämis- tutkimuksen osiossa
TK1. Minkälaista kontekstuaalisuutta ja teemoja lukion kokeellisista työohjeista löytyy tällä hetkellä?	Tarveanalyysi I
TK2. Mitkä tekijät ovat keskeisiä Kemianluokka Gadolinissa vierailleiden kemian opettajien mielestä?	Tarveanalyysi II
TK3. Mitä oppimisympäristön arviointityökalujen muuttujista hyödynnetään uusien kontekstuaalisten työ-ohjeiden käytännön arvioimiseen ja kehittämiseen?	Tarveanalyysi II
TK 4. Mitä haasteita yhteistoiminnallisessa kehittämisprosessissa esiintyy?	Kontekstuaalisten työohjeiden kehittäminen
TK 5. Minkälaista kontekstuaalisuutta työohjeisiin saadaan yritysyhteistyöllä?	Kontekstuaalisten työohjeiden kehittäminen

Tarveanalyyseissä tarkastellaan arkipäivän kemian kontekstuaalisuutta työohjeissa ja kemian toiminnallista oppimisympäristöä sekä sen kehittämistä. Ensimmäisessä kehittämisosiossa tarkastellaan haasteita työohjeiden kehittämisprosessissa, sekä yritysyhteistyön tuomia kontekstuaalisuuden muotoja.

2.3 Kemianluokka Gadolin kehittämistutkimuksen oppimisympäristönä

Kemianluokka Gadolin on moderni oppimisympäristö, joka on suunniteltu tukemaan oppilaita ja opettajia kemian opetuksessa, sekä edistämään merkityksellisyyttä

yhteiskunnan, työelämän ja kemianteollisuuden välillä (ks. <http://www.kemianluokka.fi>; Aksela & Pernaa, 2009). Hofstein & Kesner (2006) painottavat näitä elementtejä omassa artikkelissaan mielekkään oppimisympäristön takana. Gadolinin toimintaperiaate pohjautuu Suomen kansallisen opetussuunnitelman perusteisiin sekä uusimpaan kemian opetuksen tutkimukseen. Gadolinin tavoitteena on edistää myönteistä kemiakuvausta, erityisesti miten voidaan ratkaista tulevaisuuden haasteita kemian avulla. Tiedeluokan tarkoituksena on myös kannustaa opiskelijoita jokaiselta luokkatasolta kemian opintoihin ja tukemaan opettajien mielekästä oppimista.

Lawless ja Rock (1998) mukaan yritys yhteistyötä voidaan käyttää tärkeänä pedagogisena työkaluna, jolla saadaan oppilaat ja opettajat sen hetkisen tutkimuksen sisälle. Lisäksi yhteistyö monipuolistaa opiskelun ja tekee siitä mielekkäämpää sekä parantaa opetuksen laatua (Hofstein & Kesner, 2006). Eylon (2000) tutki pitkäaikaista yhteistyötä, jossa tiedeopettajat, tutkijat, tekniikan asiantuntijat kehittävät materiaaleja ja erilaisia opetusympäristöjä tiedeopetuksen käyttöön. Yhteistyöstä saatiin hyviä kokemuksia.

Kemianluokka Gadolin kuuluu Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen (osa LUMA-keskus Suomea) resurssikeskuksen, Kemman toimintaa. Se on yhteistyöprojekti Helsingin yliopiston, kemian teollisuuden yritysten, laitevalmistajien, pedagogisten tahojen ja koulujen välillä. Yhteistyökumppaneina ovat Helsingin yliopiston kemian laitos, Helsingin yliopiston farmasian tiedekunta, Kemianteollisuus ry, Suomalaiset ja globaalit yritykset (esim. Kemira, Neste Oil, UPM-Kymmene, AGA, BASF, Borealis Polymers, ja Bruker Corporation). Kemianteollisuuden yritykset ovat myös aktiivisia kumppaneita Gadolinin ohjausryhmässä. Useat yritykset ovat tarjonneet moderneja välineitä Gadolinin käyttöön (esim. Epicur Group, IS-Vet, Laskentaväline Metrohm Nordic, Miliot Science, PLD Finland, 3M, Thermo Fisher Scientific ja VWR International). Gadolin on konkreettinen osa kemian opettajankoulutusta, niin tuleville kuin kentällä oleville opettajille.

Laboratorio sijaitsee Helsingin yliopiston kemian laitoksella ja sen toiminta alkoi syksyllä 2008. Vuoden 2014 loppuun mennessä siellä on käynyt toiminnallisilla opintokäynneillä noin 20 000 lasta, nuorta ja opettajaa ympäri Suomea. Opetusalan ammattilaiset ja päättäjät ovat olleet innokkaita näkemään Gadolin mallin myös kansainvälisellä tasolla.

Jokainen vierailu suunnitellaan yhdessä opettajan kanssa, jotta vierailu olisi linjassa koulukohtaisiin opetussuunnitelmiin ja käynnissä olevan kurssin kanssa. Opettaja voi valita toiminnallisuuden muodon, joita ovat kokeelliset laboratoriotyöt, molekyylihallinnus, tutkimusryhmävierailu, esittely kemian opiskelusta tai työskentelystä kemian alalla, ja kampuksen kierros (fysiikka, matematiikka, maantiede tai meteorologia). Jokainen vierailu kestää 1-8 tuntia. Opettajia pyydetään ennen ja jälkeen vierailua käymään läpi teoriaa, työohje sekä käsittelemään aihetta erilaisin tehtävin. Orion & Hofstein (1994) huomasivat tutkimuksessaan ennen ja jälkeisen toiminnan tehostavan luokkahuoneen ulkopuolisia opintokäyntejä. Myös Orly & Tal (2012) painottavat koulussa tapahtuvan valmistelun tärkeyttä.

Gadolinissa järjestetään myös leirejä, kerhoja, syntymäpäiväjuhlia, työpajoja opettajille, webinaareja sekä vierailuja teollisuuteen. Kokeellisia työohjeita on valittavana yli 60 ja valikoima pyrkii kattamaan kansallisen opetussuunnitelman aihealueet. Suuri osa materiaaleista on kehitetty teollisuuden asiantuntijoiden tai tutkijoiden kanssa. Osa materiaalista on tuotettu yhteistyössä kemian opettajankoulutuksen kanssa. Asiantuntijoiden kanssa myös parannetaan kokeellisia työohjeita, päivitetään ideoita ja menetelmiä, kuten tässä kehittämistutkimuksessa.

Gadolinin toimintaa kehitetään jatkuvasti ja tutkimus on tärkeässä roolissa. Tutkimuspohjaisuus tarkoittaa:

1. Gadolinin toiminta perustuu uusimpaan tutkimuskirjallisuuteen
2. Aktiviteetit ja oppimateriaalit kehitetään tutkimuspohjaisesti
3. Oppilasryhmien vierailukäynteihin liittyvää tutkimustoimintaa.

Gadolin on non-formaali oppimisympäristö, jossa on myös informaaleja toimintamuotoja. Non-formaalin Gadolinista tekee luokkahuoneen ulkopuolisuus, vierailujen ohjaajina toimivat kemian yliopisto-opiskelijat, osallistuminen on ilman formaalia arviointia, oppilailla on mahdollisuus itsenäiseen toimintaan, tiimityöskentely ja yhteistyö, osallistava työskentely ja ohjaajan rooli on olla oppimisen mahdollistaja (kts. Goldman et al., 2013).

Informaaleja toimintoja ovat esimerkiksi syntymäpäivät, leirit ja kerhot, joihin liittyminen on vapaaehtoista ja ovat vapaa-ajan toimintaa. Näissä lapsille ja nuorille avautuu mahdollisuus tavata myös muita, jotka ovat kiinnostuneita tieteistä.

Gadolinissa oppilaille annetaan aikaa, vapautta ja itsenäisyyttä toteuttaa kokeellisuutta. Tämä kuuluu mielekkääseen nonformaaliin oppimisympäristöön (Abrahams & Millar, 2008; Krapp, 2002; Hanharan, 1998; McRobbie & Tobin, 1997). Oppilaat oppivat tutkimuksen taitoja ja tutustuvat tieteen luonteeseen (Hodson, 1996).

Kemianluokka Gadolin -oppimisympäristön kontekstuaalisuuden pääpainoina ovat tiede, teknologia ja yhteiskunta (STS) (Aikenhead, 1994). Perustyöskentelyssä maininnan arvoisina teemoina ovat arkipäivän kemia, molekyyli gastronomia, vihreä kemia, materiaalikemia, kestävä kehitys sekä terveys ja hyvinvointi. Toimintaa kehitetään niin, että yksilöllinen, sosiaalinen ja ammatillinen ulottuvuus (Stuckey et al., 2013) olisivat mukana. Suurin vahvuus tiedeluokassa on toimintatapojen monimuotoisuus.

Kemianluokka Gadolinia on tutkittu oppimisympäristönä niin vierailevien oppilaiden kuin vierailuja järjestävien opettajienkin näkökulmasta (mm. Aksela, 2008, Aksela & Pernaa, 2009). Tutkimuksen mukaan opettajat arvostavat Gadolinissa eniten aitoja laboratorio-olosuhteita, toiminnallisuutta, ammattimaista lähestymistapaa, luovaa ilmapiiriä, tutkijatapauksia, kampuskierrosta ja kemian alan esittelyä.

2.4 Toteutus ja tutkimusmenetelmät

2.4.1 Kehittämistutkimuksen teoria

Kehittämistutkimus on kahtena viime vuosikymmenenä voimakkaasti kasvanut tutkimusala. Menetelmällä kehitetään tutkimuspohjaisesti todellisia opetustilanteita. Kehittämistutkimuksen avulla voidaan vastata kritiikkiin, jossa opetuksen tutkimuksella ei pystytä tarjoamaan käytännönläheistä tietoa kentällä toimiville opettajille. Kehittämistutkimus lähtee aina todellisesta kehitystarpeesta (Pernaa, 2013). Kehittämistutkimus on tehokas työkalu opetuksen kehittämisessä ja se luotiin vastaamaan keskeisiin tiedeopetuksen tutkimisen tarpeisiin (Collins et al., 2004).

- Tarve vastata teoreettisiin kysymyksiin ja kontekstuaaliseen oppimiseen
- Tosielämän esimerkkien ja lähestymistapojen tuominen opetuksen tutkimukseen, pelkän laboratoriotyöskentelyn sijaan
- Tarve laajentaa oppimisen kapeaa aluetta
- Formatiivisen arvioinnin tukemisen tarve

Kehittämistutkimuksessa (Edelson, 2002) tulee kuvata tarkasti miten kehittämisessä edetään, millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on, kuinka kehittäminen on toteutettu ja millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa. Teoreettisesti ja kokeellisesti saadun tiedon on oltava vuorovaikutuksessa keskenään.

Kehittämistutkimus etenee sykleissä. Jokaisesta kehittämistutkimuksen osiosta saadaan uutta tietoa kehittämistutkimuksen edetessä. Yleensä kehittämistuotosta iteroidaan kunnes ollaan päästy optimituloksen. Kehittämistutkimuksen vaiheet voidaan yksinkertaistaa seuraavanlaisesti:

- 1) *Tarveanalyysi*, jossa analyyseillä pyritään kartoittamaan kehittämisen tarpeellisuus tai olemassa oleva ongelma. Tarveanalyysi sisältää teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin.

- 2) *Ensimmäinen kehittämisvaihe*, jossa kuvataan kehittämisprosessi, valmistetaan ensimmäinen kehittämistuotos ja suoritetaan kehittämisprosessin arviointi.
- 3) *Kehittämistuotoksen jatkokehittäminen*, jossa tuotoksen käytännön testaus suoritetaan. Testaus arvioidaan ja jatkokehittämisen tarve määritellään.

Kehittämistutkimus alkaa tarveanalyysillä. Tarveanalyysi on usein ongelma-analyysi. Analyysi tuottaa tutkimuksen pohjaksi tietoa ja teoriaa tutkittavasta kohteesta. Tarveanalyysistä selviää kehittämisen tarve ja analyysi toimii referenssinä kehittämistuotokselle. Analyysistä saadaan myös pohja kehittämistavoitteille. Analyyseissä on tärkeä käyttää sekä teoreettista että empiiristä ongelma-analyysiä tutkimuksen luotettavuuden kannalta.

Kehittämisvaiheessa saadaan tietoa itse kehittämistutkimuksesta prosessina. Kehittämistuotoksen arvioiminen ja testaaminen ovat tutkimuksen kannalta tärkeitä vaiheita. Tällöin saadaan tietoa kyseisen tuotoksen käytännön toimivuudesta ja jatkokehittämistarpeesta. Tällöin voidaan keskittyä tuotoksen puutteisiin ja heikkouksiin. Kehittämistutkimuksen syklisestä luonteesta johtuen suunnitelma päivittyy ja tarkentuu tutkimuksen edetessä.

Kehittämistutkimuksen haasteina ovat lukuisat hallitsemattomat muuttujat, sillä kehittämistuotos testataan autenttisessa oppimistilanteessa (Collins et al., 2004). Tosielämän tilanteet ovat kompleksisia ja niitä on vaikeata tulkita. Tutkimusaineistoa on usein suuri määrä. Kehitystuotosten vertaileminen toisiinsa on vaikeaa.

2.4.2 Sisällönanalyysi

Tässä kehittämistutkimuksessa tutkimusaineiston käsittelyssä käytettiin sisällönanalyysia. Sisällönanalyysi voidaan jakaa kolmeen malliin. Nämä ovat Induktiivinen, eli aineistolähtöinen, deduktiivinen, eli teoriasidonnainen ja teorialähtöiseen analysointimalli (Tuomi & Sarajärvi, 2002; Cohen, et al., 2007).

Tämän liseniaattityön tutkimuksissa (kappaleet 3-5) käytettiin teoriasidonnaista sisällönanalyysia. Olemassa olevasta aineistosta pyrittiin löytämään yhtymäkohdat aiempaan tutkimukseen, eli analysoinnissa korostui yhteys aineiston ja teorian välillä.

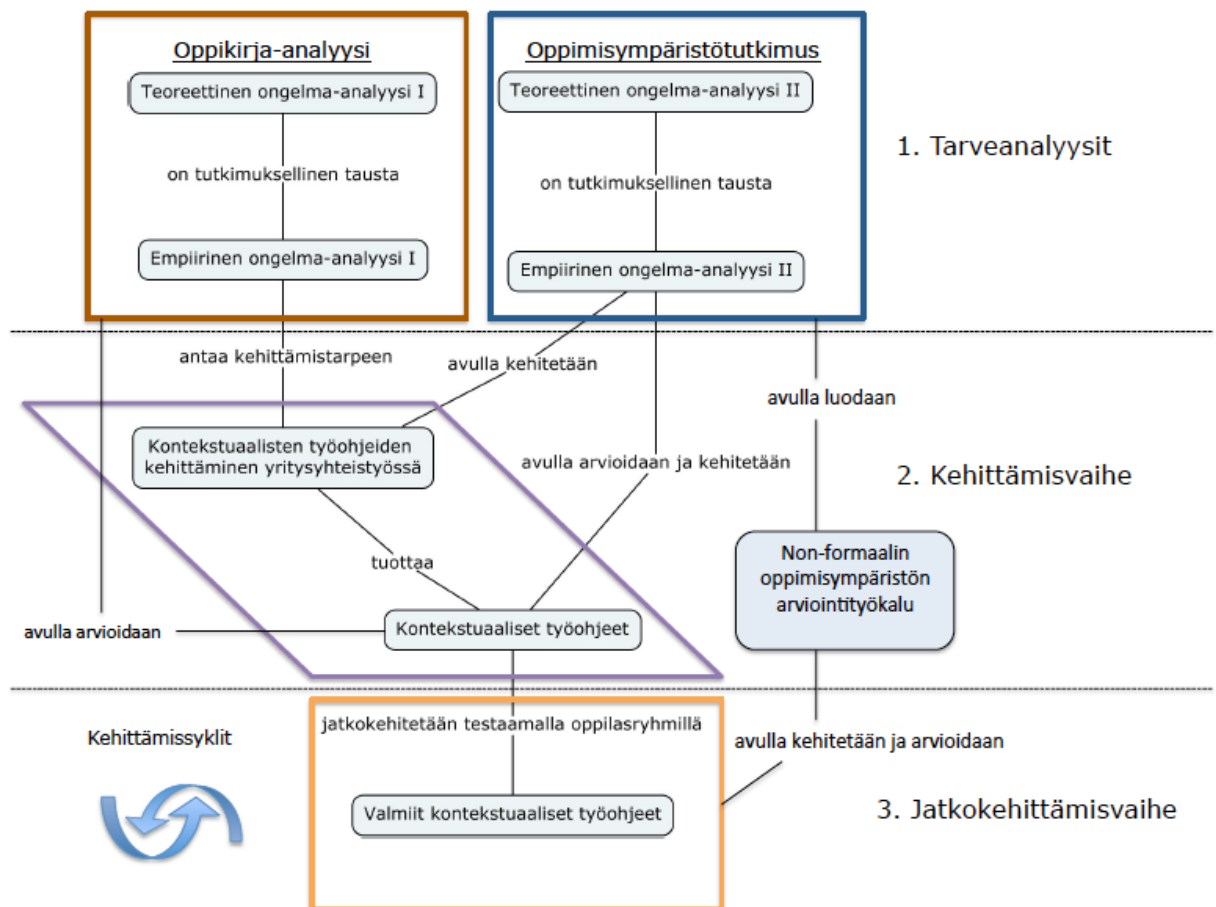
Sisällönanalyysi noudatti seuraavat vaiheet:

1. Aineistoa kerättiin tutkittavasta kohteesta
2. Kerätystä aineistosta valittiin tutkimuksen aiheeseen olennainen aineisto
3. Valittu aineisto järjesteltiin kategorioihin ja muodostettuja kategorioita yhdistellään.
4. Kategorioita verrattiin olemassa olevaan tutkimusaineistoon
5. Kategoriat määriteltiin tutkimusaineiston perusteella
6. Tulokset analysoitiin kategorioiden perusteella.

Analyysin luotettavuuteen vaikuttavat, miten aineisto on tallennettu ja onko luokittelu suoritettu säännönmukaisesti (Hsieh & Shannon, 2005). Sisällönanalyysin luotettavuuteen vaikuttavat monet tekijät, esimerkiksi tutkijan toiminta, käytettävän aineiston laatu, analyysin toteutus sekä raportointi tulosten esittelyn muodossa. Haasteena sisällönanalyysillä on aineiston pelkistäminen. Kerätty aineisto tulisi pelkistää niin, että se kuvaisi mahdollisimman luotettavasti tutkittavaa ilmiötä. (Tuomi & Sarajärvi, 2002).

2.5 Tutkimuksen vaiheet

Kehittäminen seuraa Edelson (2002) kehittämisvaiheita. Kehittämisprosessi on kuvattu seuraavalla käsitekartalla (Kuva 1.), jossa laatikoissa olevat tekstit ovat tutkimus- ja kehitysosia. Tutkimuksessa on kolme osa-aluetta: tarveanalyysit, ensimmäinen kehittämisvaihe ja jatko-kehittämisvaihe. Tässä lisensiaattitutkielmassa keskitytään osa-alueisiin 1 ja 2. Vaiheeseen 3, eli jatkokehittämiseen syvennytään väitöskirjassa.



Kuva 1. Prosessikaavio kontekstuaalisten työohjeiden kehittämisen kolme osa-aluetta.

Tässä lisensoititutkielmassa osa-alueet 1 ja 2 on jaettu neljään vaiheeseen. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe on Tarveanalyysi I. Tarveanalyysissä I tutkitaan tarkemmin nykytilannetta lukion kemian oppikirjoissa. Vaihe kaksi ja kolme sisältyvät Tarveanalyysiin II. Vaiheessa kaksi kartoitetaan mitä opettajat pitävät tärkeänä mielekkäässä kemian oppimisympäristössä. Tämän tiedon perusteella vaiheessa kolme rakennetaan arviointi- ja kehittämistyökalu kehitettyjen työohjeiden jatkokehitykseen. Neljäs vaihe on ensimmäinen kehittämisvaihe, jossa yhteistoiminnallisella kehittämisellä tuotetaan ensimmäiset työohjeversiot.

3 Tarveanalyysi I: Kontekstuaalisuus kemian kokeellisissa työohjeissa

Tässä luvussa analysoidaan Suomessa käytettyjen lukion kemian oppikirjojen kokeellisten työohjeiden kontekstuaalisuus sisällönanalyysimenetelmällä. Analysoinnissa käytetään olemassa olevaa kemian opetuksen kontekstuaalisuuteen liittyvää tutkimusta ja kirjallisuutta.

3.1 Johdanto

Kontekstuaalisuus kemian opetuksessa tarkoittaa lähestymistapoja, jotka ohjaavat oppilaita käyttämään kemian käsitteitä ja tulkitsemaan ilmiöitä tilanteissa, jotka ovat yhteydessä heidän arkielämäänsä, jatko-opintoihin tai työelämäänsä. (Gilbert, 2006; Bennett & Lubben, 2006; Aikenhead, 1994). Kontekstuaalisella opetuksella, jossa arkipäivän ilmiöt ovat sisältöinä, saavutetaan parempia oppimistuloksia, lisätään oppilaiden motivaatiota opiskeluun, sekä nostetaan heidän kiinnostusta kemiaa kohtaa (esim. Gilbert, 2006; Bennett & Lubben, 2006; Ultay & Calik, 2012; Kuhn & Muller, 2014). Erityisesti kontekstuaalisuus kokeellisessa kemian opetuksessa on ollut kiinnostuksen kohteena monissa maissa: (i) Salters-ohjelma Iso-Britanniassa (Bennett

& Lubben, 2006), (ii) Industrial Chemistry -ohjelma Israelissa (Hofstein & Kesner, 2006) ja (iii) Chemistry in Practise -ohjelma Hollannissa (Bulte et al., 2006). Esimerkiksi Chemistry in Practise ohjelmassa oppilaiden motivaation havaittiin lisääntyneen veteen liittyvissä projektitöissä. Oppilaat kokivat tekevänsä jotain, jolla on merkitystä itselleen ja saivat sisäisen autonomian tunteen siitä, ettei työskentely ollut vain opettajaa varten. Myös itse kokeellisen työskentelyn suorittamisen oppilaat kokivat mielekkäänä (Bulte et al., 2006).

Oppikirjat tutkimuskohteena antavat kuvaa kontekstuaalisen kemian opetuksen nykytilanteesta. Oppikirjojen kokeellisia materiaaleja käyttää suurin osa opettajista (Lavonen et al. 2005). Oppikirjoista voidaan tutkia aihetta monesta näkökulmasta (Wilkinson, 1999 mukaan):

- (a) tiede tiedon lähteenä (science as a body of knowledge),
- (b) tieteellinen tutkimus (science as a way of investigating),
- (c) tieteellinen ajattelu (science as a way of thinking),
- (d) tieteen, teknologia ja yhteiskunnan vuorovaikutus (the interaction between science, technology and society)
- (e) tieteen luonteen kemiassa (esim. Vesterinen et al., 2011).

Tässä tutkimuksessa selvitetään, minkälaista arkipäivän kemian kontekstuaalisuutta esiintyy lukion oppikirjojen kokeellisissa työohjeissa Suomessa ja niiden relevanttiutta.

3.2 Teoreettinen ongelma-analyysi: Kontekstuaalisuus ja merkityksellisyys lukion kemian oppimateriaaleissa

Teoreettinen ongelma-analyysi tehdään aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta. Tutkimuskirjallisuutena käytetään kontekstuaalisuuteen ja merkityksellisyyteen liittyviä julkaisuja.

3.2.1 Merkityksellisyys kemian opetuksessa

Euroopan alueella on tehty laaja tutkimus luonnontieteiden merkityksellisyydestä nuorille, eli Relevancy of Science Education (ROSE). Siinä tutkittiin nuorten kiinnostusta kemian opiskelua ja osa-alueita kohtaan. Suomalaisnuoriin kohdistuneesta tutkimuksesta (Lavonen et al., 2005) selviää, että nuorten kiinnostuneisuus kemian ilmiöihin on vähäistä. Tutkimuksen mukaan nuorten kiinnostus on painottunut ympäristöasioihin, tieteen ja teknologian saavutuksiin, päätöksentekoon, vaikuttamismahdollisuuksiin, muiden ihmisten auttamiseen sekä itsensä kehittämiseen.

Merkityksellisyys on tärkeä huomioida entistä enemmän kemian opetuksessa tulevaisuudessa. ”Mitä tarvitsee tietää?” (”need-to-know”) -teema on osana kansainvälistä koulutuskeskustelua ja luo painetta opetuspoliittiseen päätöksentekoon sekä opetussuunnitelmien laatijoihin (Ültay & Çalik, 2012).

Merkityksellisyys ei ole kuitenkaan yksinkertainen käsite. Voidaan kysyä ”kenelle merkityksellistä?” tai ”minkä vuoksi merkityksellinen?”. Jokainen nuori elää omassa maailmassaan ja maailmankuvassaan. Mielenkiinnonkohteet ja arvomaailmat vaihtelevat hetkestä. Ei ole olemassa vain yhtä oikeaa teemaa tai lähestymistapaa. Kuvaavaa on, että oppilaille tärkeäksi pidetyt aihepiirit ja asenteet vaihtelevat eri yhteiskunnan osien keskuudessa. Glen Aikenhead (2003) on yhdistellyt näkökulmia tälle suhtautumiselle: ”Mitä ja miten pitäisi opettaa tieteitä oppilaille?”. Näkökulmat on jaoteltu seitsemään osaan:

1. Akateemiset piirit: ”Kunpa he tietäisivät enemmän tieteistä” (Wish-they-knew science)
2. Opetussuunnitelman tekijät ja tutkijat: ”Tarve yleensä tietää tiedettä” (Need-to-know science)
3. Teollisuus ja ammattilaiset: ”Enemmän käytännöllistä tiedettä” (Functional science)

4. Media: "Houkutellaan heitä innostumaan tieteistä" (Enticed-to-know science)
5. Talousihmiset: "Pitää olla syy jos opiskellaan tieteitä" (Have-cause-to-know science)
6. Kulttuuripiirit: "Tiede on osana kulttuuria" (Science-as-Culture)
7. Oppilaat: "Henkilökohtainen innostus tieteisiin" (Personal curiosity to science)

Näkökulmista havaitaan, että eri toimijat määrittelevät merkityksellisyyden kukin omalla tavallaan. Jokaisella ovat omat motiivinsa intressiensä mukaisesti. Erilaisia toimijatahoja löytyy kymmenittäin ja yllämainitut ovat osa heistä.

Tarttumapintaa merkityksellisyyden tarkastelulle saadaan myös saavutettua yläkäsitteiden avulla. Marc Stuckey et al. (2014) ovat luoneet kolme yläkäsitetasoa merkityksellisyydelle yhdistelemällä aiempia relevanttiteorioita. He esittävät merkityksellisyyden kolmessa eri tasossa:

1. Henkilökohtainen taso, jossa ovat yksilön omat intressit
2. Yhteiskunnallinen taso, jossa yksilö toimii osana yhteisöä
3. Työelämätaso, jossa yksilö tähtää työelämän vaatimuksiin

Teorian jokaisessa tasossa ovat mukana aikaulottuvuudet siten, että mitkä ovat merkityksellistä nyt ja mitkä ovat mahdollisesti tulevaisuudessa. Lisäksi teoriaan sisältyvät ihmisen sisäinen ja ulkoinen motivointinäkökulma, jossa tulevat esille henkilökohtaiset ja sosiaaliset intressit.

Henkilökohtaisella tasolla luodaan omia merkityksiään siitä, miksi haluaa tietää luonnontieteistä enemmän. Se voi olla esimerkiksi hyödyllisiä arjen taitoja tai opintoihin liittyvää motivaatiota nykyhetkeen ja tulevaisuuteen (Stuckey et al., 2014).

Yhteiskunnallisella tasolla toimitaan vastuullisesti yhteiskunnassa, tehdään kestävän kehityksen mukaisia valintoja, osallistutaan yhteiskunnallisiin asioihin. Lisäksi ymmärretään yhteiskunnan ja tieteen yhteyden (Stuckey et al., 2014).

Työelämätaso vastaa motivaatio- ja merkityksellisyyskysymykseen “mikä minusta tulee isona?”. Tasossa otetaan huomioon ammattiin kasvaminen, työuran valinta ja eri suuntautumisvaihtoehtojen punnitseminen (Stuckey et al., 2014).

3.2.2 Kontekstuaalisuus kemian opetuksessa

Kontekstuaalisuuden muodot ovat moniulotteiset, mutta niillä pyritään yhdistämään kemian sisältötieto reaali maailmaan. Kontekstuaalisuus voi olla läsnä opetussisällöissä hyvin paljon tai vähemmän. Lähestymistavat ovat riippuvaisia tavoitteista ja sisällöistä. John Gilbert (2006) pohtii artikkelissaan erilaisia kontekstuaalisuuden malleja. Hän esittelee neljä erilaista mallia, joissa tieto, sisältö ja toimija ovat keskinäisessä vuorovaikutuksessa:

- 1 Ensimmäisenä mallissa on tieto ja sen soveltaminen ovat yksiulotteisessa vuorovaikutuksessa. Tässä mallissa tiedosta seuraa suora johtopäätös sovellukseen jonka toimija suorittaa. Esimerkiksi indikaattori näyttää ruokaetikkaliuoksen pH:ksi alle 7, joten liuos on hapan.
- 2 Toisessa mallissa tieto ja sen soveltaminen ovat interaktiivisessa vuorovaikutuksessa. Tässä mallissa toimija lähestyy tilannetta monesta eri lähtökohdasta ja tietopohjasta. Esimerkiksi etikkahapon happamuutta voidaan käsitellä molekyylirakenteen, etanolin hapettumisen karboksyylihapoksi, mittausautomaation tai muiden esimerkkien kautta.
- 3 Kolmannessa mallissa tieto, sovellus ja tiedon prosessoija eli toimija ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Tässä mallissa mukaan tulee inhimillinen ulottuvuus, eli myös oppilaan omat ajatukset esille.

- 4 Neljännessä mallissa vuorovaikutuksessa ovat tieto, soveltaminen, tiedon prosessoija sekä sosiaalinen ympäristö. Tasoilla 3. ja 4. ollaan korkeampien ajattelutaitojen tasoilla.

Tällä hetkellä on olemassa kaksi yleistä kontekstuaalisuuden suuntausta tiedeopetuksessa:

1. Tiede, teknologia ja yhteiskunta (Science, Technology and Society, STS).
2. Yhteiskunnalliset tiedeaiheet (Socio-Scientific Issues, SSI)

Molempia yhdistää se, että ihminen on aktiivisena toimijana sekä vuorovaikutuksessa elinympäristönsä ja arkensa kanssa. Voidaan esimerkiksi puhua arkipäivän kemiasta.

STS:n konteksteissa yhdistellään vapaasti kolmea teemaa (tiede, teknologia ja yhteiskunta), liikutaan ja luodaan linkkejä aihepiirien sisällä. Voidaan käsitellä omasta elämästä nousevia teemoja, yhteiskunnallisia asioita, kuten työelämää ja siellä toimimisesta. STS lähestymistapa on Gibertin (2006) kontekstuaalisuuden kolmannen mallin tasoa. Kolmannessa mallissa tieto, sovellus ja tiedon prosessoija ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Mallissa mukaan tulee inhimillinen ulottuvuus, eli oppilaan omat ajatukset esille. STS lyhenteeseen voidaan lisätä myös kirjain "E", eli STSE, joka merkitsee ympäristöä (Environment). STS opetuksessa on tarkoitus lisätä merkityksiä tieteen, teknologian ja yhteiskunnan välille, sekä lisäksi ympäristönäkökulmia. STS on lähinnä Gilbertin kontekstuaalisuuden toista ja kolmatta mallia.

SSI-lähestymistapa on Gilbertin neljättä mallia, jossa vuorovaikutuksessa ovat tieto, soveltaminen, tiedon prosessoija sekä sosiaalinen ympäristö. SSI:ssä vuorovaikutteinen yhteinen keskustelu on tärkeässä roolissa. Oppimistilanteiden SSI-tehtävät käsittelevät monisyisiä yhteiskunnallisia haasteita ja päätöksen tekoa, esim. ilmastomuutosta. Lähestymistavassa tieteeseen pohjautuva keskustelu ja

argumentaatio ovat tärkeämmässä roolissa kuin oikeat vastaukset. Monisyisissä tilanteissa toisen etu on toisen vahinko. SSI:lle on ominaista avoimet tehtävät.

SSI:stä on hyviä kokemuksia kemian opetuksessa kompleksisten teemojen opetuksessa (esim. Hofstein et al., 2010), mutta sen täytyy olla hyvin strukturoitua avoimuudesta johtuen (Juntunen & Aksela, 2014).

Tässä tutkimuksessa käsitellään kontekstuaalisuutta erityisesti STS-näkökulmasta. Aikenhead (1994) määrittelee STS opetuksen tasoja sillä ajatuksella, että miten niitä voitaisiin käyttää opetustilanteissa erilaisilla sisältöpainotuksilla. Tasot muodostavat suoran jatkumon puhtaasta luonnontieteellisen teorian tiedon opetuksesta puhtaaseen yläkäsitteelliseen STS oppimiseen, jossa teoreettinen tieto on jo sisällytetty keskusteluun. Viimeisellä portaalla (8.) oppijat voivat tehdä esimerkiksi päätöksiä, sillä heidän teoriaosaaminen on jo sillä tasolla. Tasot voidaan luokitella seuraavasti:

1. STS-sisällön tuoma motivaatio (Motivation by STS Content). Tasossa on pieniä viittauksia STS-teemoihin, mutta niihin ei keskitytä sen enempää.
2. Yleinen STS sisällön mukaan tuominen (Casual Infusion of STS Content). Tasoon tuodaan mukaan teennäisesti lähinnä muistamista vaativia STS viittauksia.
3. Tarkoituksenmukainen STS sisällön mukaan tuominen (Purposeful Infusion of STS Content). Tasossa vaaditaan jo pientä ymmärtämistä luonnontieteellisen tiedon ja STS sisällön välillä.
4. STS opetusta yhden oppiaineen kautta (Singular discipline through STS content)
5. Luonnontieteiden opettaminen STS sisällön kautta (Science Through STS Content)

6. Luonnontiede mukana STS sisällöissä (Science Along with STS Content)
7. Luonnontieteellisen tiedon mukaan tuominen STS sisältöön (Infusion of Science into STS Content)
8. Puhdas STS sisältö (STS Content)

3.3 Empiirinen ongelma-analyysi: kokeellisten työohjeiden sisällönanalyysi

3.3.1 Tutkimuksen toteutus

Analyysissä keskityttiin kemian opetuksessa käytettäviin lukion oppikirjoihin ja niistä löytyviin kokeellisiin työohjeisiin. Tutkimuksessa analysoidaan esiintyvä kontekstuaalisuus ja aihepiirit, jotka kategorisoidaan. Analyysissä käytettiin sisällönanalyysia. Tutkimuksen teoriapohjana käytetään kyseisen ongelman teoreettista ongelma-analyysia (kappale 3.2). Suomalaisten kemian oppikirjojen kokeellisten työohjeiden kontekstuaalisuutta ei ole tutkittu aikaisemmin, joten se on tarpeellista kehittämistyön pohjaksi.

Tutkimuskysymyksenä on selvittää:

TK1. Minkälaista kontekstuaalisuutta ja teemoja lukion kokeellisista työohjeista löytyy tällä hetkellä?

Kontekstuaalisuus (context-based) määritellään tässä tutkimuksessa STS-lähestymistavalla (Aikenhead, 1994), johon kuuluu olennaisena osana ”arkipäivän kemiana”. Se tarkoittaa henkilökohtaisia, sosiaalisia tai teknologisia tilanteita, joissa luonnontieteet ja erityisesti arkipäivän kemia on läsnä. Esimerkiksi kirjojen

työohjeista analysoidaan kaikki ihmisen elämään, elintapoihin, elinympäristöön ja toimintaan liittyvät ilmiöt ja tapahtumat.

Kontekstuaalisuuden aiheista rajataan pois itse työn suoritus, joka on tärkeää kemistin taitojen harjaannuttamista, sekä puhdas kemian teoriasisältö, kuten esimerkiksi kaavat.

Kontekstuaaliseksi työohjeeksi määritellään työohje, jossa kuvataan ensin jokin arkielämään tai johonkin muuhun yllä määriteltyihin aihepiireihin liittyvä teema ja sitä tutkitaan kokeellisin menetelmin joko laboratorio-olosuhteissa tai ennalta annettujen tulosten pohjalta. Viitekehys rakennettiin soveltaen Gilbertin (2006) neljän kontekstuaalisuuden tason mallia, sekä Aikenheadin (1994) kahdeksan portaan STS-sisällön mallia.

3.3.2 Tutkimuskohde

Analyysissä tutkittiin kolmen yleisesti käytössä olevien tämän hetkisen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus, 2003) mukaisten lukion oppikirjojen kokeelliset työt. Kyseessä ovat kirjasarjat (Oppikirjasarja A, Oppikirjasarja B ja Oppikirjasarja C) kattavat myynniltään suurimman osan Suomen lukion oppikirjoista. Jokainen kirjasarja sisälsi viisi osaa. Yhteensä kokeellisia töitä analysoitiin 160 kappaletta (N=160).

3.3.3 Tutkimusaineiston analysointi

Tulokset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Ensimmäisessä vaiheessa jokaisesta työohjeesta taulukoitiin niiden sisältämä kontekstuaalisuus ja aihealueet. Sisältöalueita kategorisoitiin ja yhdisteltiin. Työohjeiden havaittiin sisältävän eri tasoista kontekstuaalisuutta, noudattaen Aikenheadin (1994) kontekstuaalisuuden

portaita. Portaita kuitenkin sovellettiin siten, että ne jaettiin tasoihin 0, I ja II. Sisältö jakaantui kolmeen tasoon: (0) ei kontekstuaalisuutta, (I) epäsuoria kontekstuaalisia viittauksia (Aikenheadin porras 1.) ja (II) kontekstuaalisia työohjeita (Aikenheadin portaat 2.-7.). Jos työohjeessa löytyi tasoja I ja II, työohje määriteltiin tasoksi II.

Tasot määriteltiin tarkemmin seuraavasti:

TASO 0.

Työohje ei ole kontekstuaalinen tai sillä ei ole minkäänlaisia viittauksia arkielämään tai muihin määriteltyihin teemoihin.

TASO I.

Tasossa I on ainoastaan motivationaalinen kontekstuaalinen tekijä arjesta, joka ei liity itse työhön vaan viittaa toiseen tapaukseen tai ilmiöön kuin itse tehtävä kokeellinen työ. Esimerkkejä viittauksista ovat:

- (a) Työohjeessa mainitaan irrallisena työn tarkoitukseen liittymätön arkielämä tai muu määritelmä
- (b) työohjeessa käytetään oppilaalle tuttua kemikaalia, esimerkiksi taloussokeria, mutta sitä ei sidota sen kontekstiin.
- (c) loppukysymyksissä olevat arkielämään viittaavat kysymykset.
- (d) arkielämään viittaava kuva työohjeessa.

TASO II.

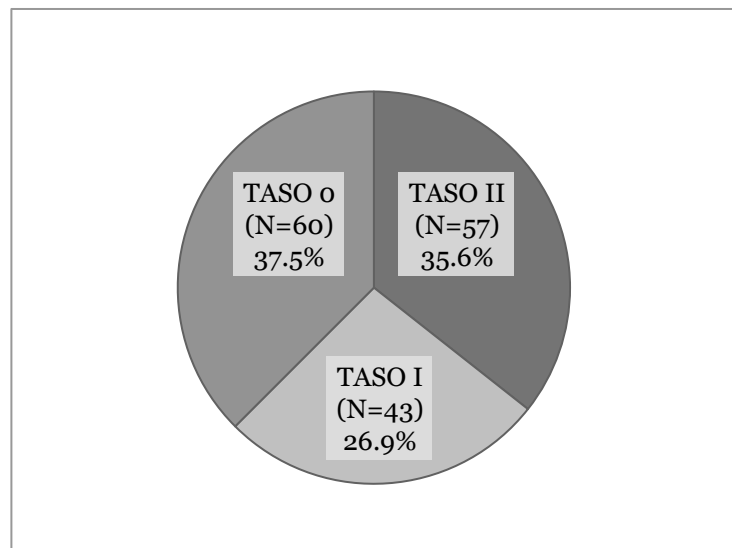
Työohjeessa on kontekstuaalinen lähestymistapa. Työssä tutkittava ilmiö sidotaan kontekstiin. Ohjeen alkuosassa kerrotaan työssä tehtävästä aiheesta. Esimerkiksi työn tarkoituksena on esitellyn arjessa olevan ilmiön tutkimista kokeellisesti. Tason II kontekstuaalisuuksissa esiintyy syventymisen eroja.

(a) Yksinkertaisuudessaan työn tarkoituksena ja toteutusosana voi olla esimerkiksi elintarvikkeiden proteiinien tunnistaminen.

(b) Syvemmin kontekstuaalisuuteen upotaan esimerkiksi työohjeessa, jossa kerrotaan ensin nikkelin esiintymisestä koruissa, siihen liittyvistä terveysasioista ja sen jälkeen tutkitaan löytyykö koruista nikkeliä.

3.3.4 Tulokset

Tuloksista ilmenee 160 työohjeen jakautuminen kolmeen tasoon (Kuva 2). Suurin taso on 0. Tätä tasoa on yli kolmannes (37,5%) eli 60 kpl. Tason 0 työohjeissa ei ollut kontekstia tai viittausta arkielämään tai vastaavaan. Työohjeista yhdeksän kappaletta (6%) olivat avoimia tai tutkimuksellisia, eli kuvastivat Gilbertin (2006) korkeampia kontekstuaalisuuden tasoja.



Kuva 2. Työohjeiden tasojen jakautuminen kolmeen eri osaan.

Seuraavaksi eniten työohjeita on tasolla II (35,6%, 57 kpl). Nämä työt olivat kontekstuaalisia ja ne olivat sidottu arkielämään tai muuhun aiemmin määriteltyihin teemoihin.

Tasoa I oli hieman alle kolmannes 26,9% (43 kpl). Nämä työohjeet sisälsivät ainoastaan kontekstuaalisia viittauksia.

Tulosten luotettavuutta tarkasteltiin kappa-analyysillä (Cohen, 1960). Analyysissä ulkopuolinen henkilö jaotteli 160 työohjeesta 50 ohjetta tasoihin 0-II yllä mainittujen kuvailujen perusteella. Cohenin kappa κ lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\kappa = \frac{\Pr(a) - \Pr(e)}{1 - \Pr(e)}$$

, jossa $\Pr(a)$ on yhteneväisten vastausten todennäköisyys ja $\Pr(e)$ on satunnaisvastausten yhteneväisyyden todennäköisyys. SPSS -analysointiohjelmalla laskettaessa saatiin kappa-arvoksi 0,85. Korkea arvo tukee tulosten luotettavuutta. Kappa-analyysin suoritti tässä tutkimuksessa tutkimusavustaja, jonka oma tutkimusalue liittyi kontekstuaalisen kemian opetuksen kehittämiseen Kemianluokka Gadolinissa.

Oppikirja-analyysissä tarkasteltiin myös työohjeissa nousseita kontekstuaalisuuden aihealueita. Aihealueet jaoteltiin viiden yläkäsitteen alle, jotka nousivat aineistosta (Taulukko 3.). Aihealueet ovat: (1.) Kotitalous, (2.) Ympäristö ja luonto, (3.) Teollisuus, tekniikka ja tuotanto, (4.) Ihmisen biologia ja terveys, sekä (5.) Kulttuuri ja historia. Yhdessä työohjeessa saattoi olla useampi aihealue.

Taulukko 3. Työohjeiden aihealueet jaoteltuna viiteen pääkategoriaan. Esimerkit avataan yksityiskohtaisesti taulukon alla olevassa tekstissä.

Kategoria	YHTEENSÄ	TASO I	TASO II
Kotitalous (N=86)			
Elintarvikkeet ja ruoka-aineet	53	27	26
Yleiskäyttöesineet	19	12	7
Arkikemikaalit	14	5	9
Ympäristö ja luonto (N=17)			
luonto ja ympäristö	8	4	4
Ympäristöhaitat ja ympäristön suojelu	6	3	3
Eläimet ja lemmikit	3	3	0
Teollisuus, tekniikka ja tuotanto (N=17)			
Polttoaineet	6	6	0
Materiaalit	4	0	4
Kemianteollisuus	4	3	1
Maatalous	2	2	0
Kulkuvälineet	1	1	0
Ihmisen biologia ja terveys (N=16)			
Lääkeaineet	7	2	5
Kehon kemia	7	7	0
Terveys	2	0	2
Kulttuuri ja historia (N=7)			
Historia	6	6	0
Taide	1	0	1

Yleisin kategoria oli kotitalous, jota esiintyi teemana 86 kertaa. Kotitalouden suurin kategoria oli elintarvikkeet ja ruoka-aineet. Tämä aihe esiintyi 53 työohjeessa. Aihe oli ylivoimaisesti suurin kaikista. Aihealueeseen sisältyvät ruoka-aineiden liittyvät tutkimukset ja keittiökemikaalien, esimerkiksi leivinjauheen käyttö. Yleiskäyttöesineihin sisältyvät esimerkiksi naulat ja partakoneen terät. Arkikemikaaleissa ovat esimerkiksi puhdistusaineet ja valkaisuaineet.

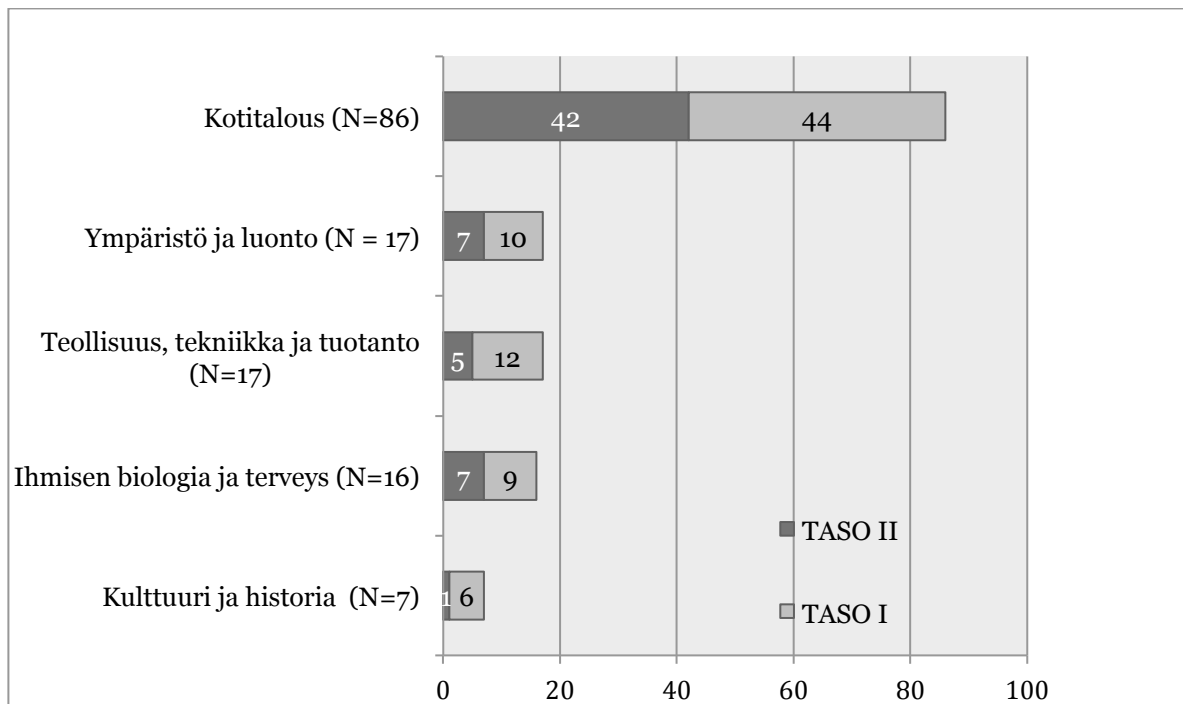
Ympäristö ja luonto -kategoriaan kuuluivat niin kasvi- ja eläinkuntaan sekä ympäristönsuojeluun liittyvät aiheet, jotka esiintyivät 17 kertaa. Näistä aiheista esimerkkejä olivat maaperän mineraaleihin tai hyönteisiin liittyvä tematiikka. Ympäristönsuojeluun kuului esimerkiksi kaivovesien puhtauden analysointi.

Teollisuuden, tekniikan ja tuotannon kategoriaan viitattiin 17 kertaa. Polttoaineet on laitettu tähän kategoriaan, sillä se liittyy tekniikkaan ja kulkuvälineisiin. Kemianteollisuudesta oli yhteensä neljä työtä. Esimerkkinä näistä oli polttoaineista bensiini, materiaaleista metallien peittäys, kemianteollisuudesta esimerkiksi viittaus hajusteiden valmistukseen, maataloudessa lannoitteiden käyttöön ja kulkuvälineistä autoihin.

Ihmisen biologiasta ja terveydestä oli mainintoina työohjeissa 16 kertaa. Esimerkkeinä lääkeaineista ovat aspiriinisynteesi, kehon kemiasta urean muodostuminen kehossa ja terveydestä nikkeliallergia.

Kulttuuri ja historia on otettu aiheina seitsemän kertaa. Esimerkkeinä historiassa on alkometrin kehityshistoria ja taiteessa väärennösten analysointi spektroskopian avulla.

Tarkasteltaessa pylväsdiagrammina (Kuva 3.) kontekstuaalisuuden tasoja II ja I havaitaan, että ne ovat jakautuneet lähes puoliksi jokaisessa kategoriassa, hieman painottuneena tasoon I. Poikkeuksina ovat ”Teollisuus, tekniikka ja tuotanto” ja ”Kulttuuri ja historia”, jossa taso I on selvästi voimakkaampana.



Kuva 3. Tasojen II ja I jakautuminen viiden kategorian sisällä. Tason II työohjeet ovat kontekstuaalisia ja Tason I työohjeet sisältävät kontekstuaalisia viittauksia.

3.4 Yhteenveto

Aikenhead (1994) kahdeksan portaan STS-sisällön mallia sovellettaessa havaittiin, että kahdeksanportainen asteikko ei ole paras mahdollinen, työohjeiden kontekstuaalisuuden tason vaihtelevuuden vuoksi. Kontekstuaalisuutta ei voinut selkeästi prosentuaalisesti arvottaa STS-sisällön ja teorian suhteen. Lisäksi kahdeksanportainen asteikko ei voinut sellaisenaan toimia sen vuoksi, sillä Aikenheadin ajatuksena on ylimmillä portailla Gilbertin tasojen 2, 3 ja 4 olevan läsnä. Nämä tasot puuttuivat aineistosta lähes kokonaan. Näin ollen kategorisointi yksinkertaistettiin kolmeen tasoon 0, I ja II. Havaittiin, että sisältö jakaantui miltei tasan kolmeen tasoon: (0) ei kontekstuaalisuutta, (I) epäsuoria kontekstuaalisia viittauksia ja (II) kontekstuaaliset työohjeet. Yli kolmannes laboratoriotyöohjeista

(37.5%) ei sisältänyt minkäänlaista kontekstia. Perinteinen kokeellinen työskentely rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuksellisia tai avoimia tehtäviä oli yhdeksän (6%) työhjetta 160:sta työhjeesta. Tämä tarkoittaa sitä, että kokeellisen työn suoritusosa on suurimmilta osin ensimmäistä Gilbert (2006) kontekstuaalisuuden tasoa. Toisin sanoen tiedon soveltaminen ei tullut esille työskentelyvaiheessa.

Työhjeiden kontekstuaalisuuden tasoista ja kategorioihin jakautumisesta Stuckey et al. (2013) merkityksellisyyden tasoihin huomattiin, että painopiste on suurelta osalta henkilökohtaisella tasolla. Tason 0 työhjeet tähtäävät kurssin teoriasisällön osaamiseen ja niiden voidaan ajatella olevan henkilökohtaista tasoa. Suurimmassa aihepiirissä, eli Kotitalous -kategoriassa olevat aihealueet ovat myös hyvin pitkälle henkilökohtaista tasoa, eikä niissä ole juurikaan työhjeita, joissa on yhteiskunnallista tai työelämäulottuvuutta. Yhteiskunnallista ulottuvuutta löytyy ympäristönsuojelullisista teemoista. Työelämäulottuvuutta löytyy esimerkiksi kemianteollisuus-, maatalous- ja lääketiedeaihealueista.

Tutkimustulosten mukaan havaitaan, että työhjeiden kontekstuaalisuuden ja merkityksellisyyden monipuolistamiselle on tarvetta. Verrattuna ROSE-tutkimuksen (Lavonen et al., 2005) tuloksiin nuorten kiinnostus päätöksenteosta, vaikutusmahdollisuuksista, muiden ihmisten auttamisesta sekä itsensä kehittäminen uupuu työhjeista. Kontekstuaalisuus ei ole itsestäänselvyys tämän hetken kemian kokeellisissa työhjemateriaaleissa. Niiden aihealueet ovat yksipuolisia.

4 Tarveanalyysi II: Mielekäs kemian oppimisympäristö

Tässä luvussa analysoidaan kemian oppimisympäristö Kemianluokka Gadoliniin vierailleiden opettajien antama palaute sisällönanalyysimenetelmällä. Tuloksista saadaan myös työkalu työhjeiden jatkokehittämiselle.

4.1 Johdanto

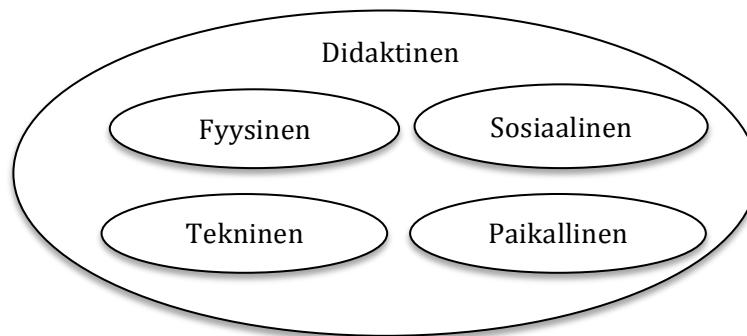
Kansallisen lukio-opetussuunnitelman kemian opintojen tavoitteena on saada *”kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan”*. Tavoitteisiin kuuluu myös *”tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppia suunnittelemaan niitä”*. (Opetushallitus, 2003). Novakin (2002) mukaan mielekäs oppiminen tukee oppilaan itsenäistä kykyä oppimaan uutta. Opetussuunnitelman perusteiden arviointiosassa painotetaan havaintojen tekemistä, mittausten ja kokeiden suunnittelua sekä toteutusta. Lisäksi työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö ovat osana arviointia. (Opetushallitus, 2003). Uudessa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2014) ovat vahvasti mukana luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt. Mielekkään tiedeopiskelun kehittämiseen tarvitaan opetusalan toimijoiden omistautumista, opetusresursseja ja poliittista tahtoa (Novak, 2002).

4.2 Teoreettinen ongelma-analyysi: Kemian toiminnalliset luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt

4.2.1 Oppimisympäristöt

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2004) määritellään oppimisympäristö oppimiseen liittyvänä fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden yhdistelmänä, jossa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat. Lukion opetussuunnitelman perusteissa puolestaan todetaan, että oppimisympäristön tulee tukea sekä opiskelijan omaa tiedonrakentamisprosessia että itsenäistä ja aktiivista työskentelyä. Lukio-opiskelijoiden lähtötaso on vaihteleva, jolloin oppimisympäristön ja opetusmenetelmien tulee olla monipuolisia tukeakseen hyvin kaikenlaisia oppijoita. (Opetushallitus, 2003)

Opintovierailut kohdistuvat yleensä oppilaille uuteen oppimisympäristöön. Suunnitteluvaiheessa pääpaino voi olla yhdellä tai useammalla oppimisympäristön osa-alueella. Manninen et al. (2007) mukaan oppimisympäristössä tulee olla aina didaktinen näkökulma mukana. Didaktinen oppimisympäristö on oppimista tukeva ympäristö. Usein didaktinen näkökulma kuitenkin jää muiden näkökulmien varjoon. Esimerkiksi Rebarin (2012) tutkimuksessa on todettu opettajien keskittyvän opintovierailujen suunnittelussa eniten logistiikkaan ja ryhmän hallintaan, jolloin didaktinen puoli vierailusta saattaa jäädä vajaaksi ja monet oppimismahdollisuudet jäävät käyttämättä. Manninen et al. (2007) mukaan oppimisympäristöt voidaan jaotella viiteen näkökulmaan, jossa didaktisuudella on merkittävä rooli.

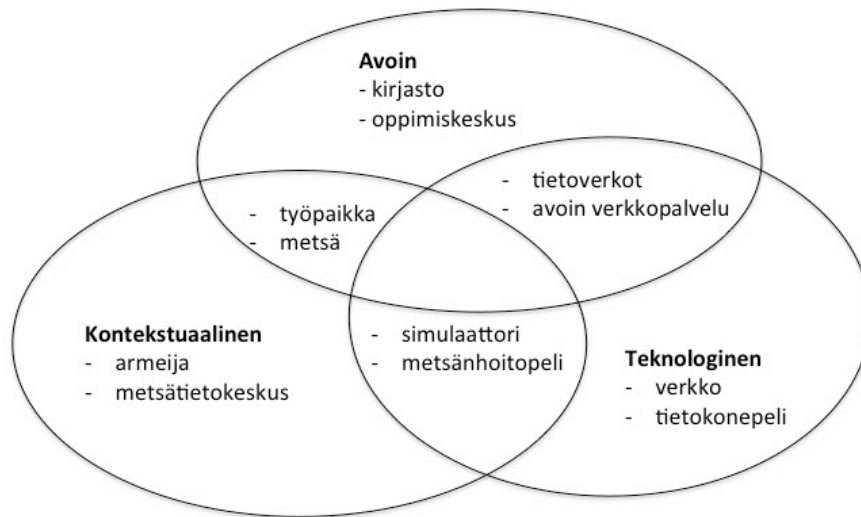


Kuva 4. Oppimisympäristön fyysisen, sosiaalisen, teknisen, paikallisen ja didaktisen näkökulman suhde .

Kuvasta havaitaan, että oppimisympäristöt ovat riippuvaisia didaktisesta lähestymistavasta, jos oppimista halutaan tukea. Esimerkiksi kemian laboratorio-opetuksen sisältöjen tavoite saadaan toteutettua didaktisten materiaalien ja ohjeiden kautta. Didaktinen oppimisympäristö toimii ärsykkeiden ja sisällön luojana. Didaktiseen näkökulmaan vaikuttavat myös oppimis- ja opettamiskäsitykset (Manninen et al., 2007).

Manninen et al. (2007) antavat myös esimerkin avoimesta, kontekstuaalisesta ja teknologisesta oppimisympäristöistä. Jaotteluna (Kuva 5.) liittyen metsäteemaan.

Koulun ulkopuolisia paikallisia oppimisympäristöjä voi olla kirjastoista ja museoista tiedekeskuksiin tai lähimetsään.



Kuva 5. Jaottelu kolmeen oppimisympäristöjen perustyyppiin (Manninen et al., 2007).

Salmisen et al. (2012) mukaan oppimisympäristöt tarjoavat luonnollisen tavan keskittyä johonkin tiettyyn ilmiöön, kuten jonkin tietyn historiallisen aikakauden esineisiin. Myös monet oppikirjoissa esitetyt asiat selkeytyvät ja konkretisoituvat vierailulla ja oppilaat pääsevät tutustumaan erilaisiin tiedonlähteisiin. Koulun ulkopuolisen oppimisympäristön käytössä korostuu informaali ja non-formaali oppiminen sekä kontekstuaalisuus. Tavoitteena on oppia autenttisessa ympäristössä, jolloin opitulle asialle heti muodostuu tarkoitus ja tarve (Manninen et al., 2007). Kontekstuaalisuudella on todettu olevan positiivinen vaikutus oppilaiden suhtautumiseen luonnontieteitä kohtaan (Bennett et al., 2003).

Motivaatio on kemian opiskelun ja oppimisen kannalta tärkein lähtökohta (Abrahams & Millar, 2008). Krappin (2002) mukaan oppilaiden kiinnostuksen rinnalla kulkee

persoonallisuuden kehitys. Mielekkäässä oppimisympäristössä opettajan rooli on olla empaattinen, täyttää oppilaiden psykologisen tarpeen ja tukea oppimista. Tällöin oppimisesta tulee enemmän autonomista, itsenäistä sekä motivoitunutta (Abrahams & Millar, 2008).

Mielekkään oppimisympäristön tulee olla opetuksellisesti merkityksellinen (McRobbie & Tobin 1997; Ausubel, 1960). Siinä ennakoiva suunnittelu, koulutus tehtäviin, jokaisen oppilaan oppimisen arvostus ja valinnanvapaus sekä oppilaiden ilmaisunvapaus luovat toimivan kokonaisuuden (Hanrahan, 1998).

Yksipuoliset tila-, kaluste- ja laiteratkaisut eivät tarjoa opettajille ja oppilaille mahdollisuuksia hyödyntää uusia opetus- ja oppimisprosessin moninaistuvia mahdollisuuksia. Tällöin koulun opetustilojen muuttumattomuudesta muodostuu toimintakulttuurin uudistumista hidastava tekijä. Kuuskorven (2012) fyysisten oppimisympäristöjen tutkimuksen keskeisenä tuloksena hahmottui opetustila, joka tarjoaa mahdollisuuden muodollisten ja epämuodollisten yksilö- ja ryhmätyömuotojen sekä eri opetusmenetelmien ja oppimistapojen joustavan käytön. Opetustilan sisällä ilmeni kolmen erilaisen kaluste-elementin tarve: henkilökohtainen yksilö- tai parityöpiste, ryhmätyöpiste ja vapaamuotoinen työpiste. Tuloksena korostui toiminnallisuutta ja sosiaalisuutta tukevat opetus- ja oppimisprosessin muodot.

4.2.2 Kokeellinen työskentely

Kokeellinen työskentely ja tekemällä oppiminen on tärkeä osa kemian opiskelua. Hyvä kokeellinen oppilastyö tukee teorian oppimista, sekä työssä tarkasteltava ilmiö tulee selkeästi esille (Aksela & Karjalainen, 2008). Lisäksi kokeellisen työn yksi tärkeimmistä vaiheista on tulosten pohtiminen silloin, kun kokeellisen työn tavoitteena on kemian oppiminen. Silloinkin, kun kokeellisuuden tavoitteena on pelkästään motoristen taitojen harjaannuttaminen tai työvälineisiin tutustuminen on

syytä pohtia, miksi kyseisiä välineitä käytetään tai miksi välineet ovat tietynlaisia. Kriittinen ajattelu kuuluu osana kemian kokeellisuuteen. Akselan ja Karjalaisen (2008) tutkimuksessa havaittiin, että kemian opettajien mielestä hyvä kokeellinen työ tulee olla ajallisesti riittävän lyhyt, opettavainen, yksinkertainen ja toteutettavissa yksinkertaisilla välineillä. Lisäksi työn on oltava turvallinen ja monipuolinen.

Derek Hodsonin (1996) mukaan kokeellisen työskentelyn tarkoituksena on:

1. oppia tieteen käsitteellistä ja teoreettista tietoa
2. ymmärtää tieteellisen tiedon luonnetta
3. mahdollisuus tehdä tiedettä ja tutkimusta

Lisäksi kokeelliset työohjeet tulisi olla tavoitteellisia. Hodson (1996) painottaa erityisesti, että kokeellisessa työskentelyssä pitää olla tarkoituksenmukaisuus ja struktuuri. Teoriatason tulee kohdata oppilaan sen hetkinen taso. Kokeellisen työskentelyn tulee olla oppilaalle merkityksellinen, toiminnasta tulee saada tyydytystä ja työn tekeminen tulisi vahvistaa oppilaan itseluottamusta. Myös työskentelyn aikana tulisi kokea valinnan vapautta. (Bolte et al., 2013; Hofstein & Kesner, 2006)

Hyvät työohjeet innostavat tutkittavaan ilmiöön ja kemian opiskeluun. Lukion opetussuunnitelman (Opetushallitus, 2003) kemian opintojen tavoitteena on saada *”kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan”*. Tavoitteena oppilaalla on tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppia suunnittelemaan niitä. Lukion kansallisen opetussuunnitelman arviointiosassa painotetaan myös havaintojen tekemistä, kokeiden suunnittelua ja toteutusta. Lisäksi työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö ovat osana arviointia.

Hyvien työohjeiden tulisi edistää kemian oppimista. Abrahams & Millarin (2008) mukaan reseptimäiset työohjeet eivät kehitä tutkimisen taitoja. Lisäksi he muistuttavat, että kokeellisuuden tekeminen on eri asia kuin tiedon testaaminen ja soveltaminen. Tällä he viittaavat tieteen luonteeseen ja Hodsonin (1996)

mainitsemaan kokeellisuuden kritiikkiin, jossa kokeellisuus saattaa aiheuttaa tiedollista epäjärjestystä ja haitata oppimista. Kokeellisista töistä Hodson mainitsee, että ilmiöitä ei voida tulkita ilman tiedollista valmistautumista. Ilman valmistautumista ei tiedetä mitä ja miten tarkkaillaan, eikä tunnisteta sitä mitä on löydetty. Kokeellisuus tarvitsee kriteerit ja teoreettisen ymmärryksen.

Hodsonin (1996) mukaan hyvässä strukturoidussa kokeellisessa työskentelyssä tulisi olla neljä tärkeää elementtiä, jotta kokeellinen työskentely olisi laadukasta.

1. Suunnittelu- ja valmisteluosa (kysymykset, hypoteesit, tekniset sovellutukset, tutkimuksen valmistelu)
2. Suoritusosa (Kokeellisuuden toteutus ja tiedon keräys)
3. Reflektointiosa (Tulosten analysointi ja tulkinta sekä yhdistäminen teoriaan)
4. Raportointiosa (Tulosten ja tulkinnan tallennus ja jakaminen)

4.2.3 Opintokäynnit opetuksessa

Hofsteinin ja Kesnerin (2006) mukaan kontekstuaalinen oppiminen, laboratoriotyöskentely ja opintokäynnit lisäävät kiinnostusta ja antavat paremman kuvan tieteestä. Esimerkkeinä opintokäynnit kemian alan yrityksien tai yliopistojen tiedeluokkiin, joissa voi toteuttaa kontekstuaalista kemian kokeellisuutta. Luokkahuoneen ulkopuoliset oppimisympäristöt ja opintokäynnit lisäävät oppilaiden motivaatiota ja kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan sekä kehittävät opetusta (esim. Bell et al., 2009; Dillon et al., 2006; Orion & Hofstein, 1991; Hofstein & Rosenfeld, 1996). Luokkahuoneen ulkopuolisissa oppimisympäristöissä saavutetaan autenttisuus, jota luokkahuoneen sisällä ei voida luoda (Ruiz-Mallen, 2010).

Akselan ja Juvosen (1999) tutkimuksen mukaan innostava opettaja, oppilaan motivaatio, opiskelupaikka ja työskentelytapa vaikuttavat oppimiseen. Opettajien mukaan autenttisella oppimisympäristöllä on positiivista vaikutusta oppimiseen.

Lisäksi opettajien mielestä kemiaa oppii parhaiten käyttämällä monipuolisia työtapoja, kuten vierailemalla erilaisissa kemian tuotanto- ja tutkimuslaitoksissa, sekä liittämällä kemian opetus arkielämään ja ympäröivään yhteiskuntaan. Haasteina opintokäyntien toteuttamiselle koettiin yrityksien halukkuus yhteistyöhön. Myös käytettävissä olevien resurssien vähäisyys, kuten matkarahojen saanti, koettiin yhteistyön esteeksi. Opettajasta itsestään johtuvia syitä, kuten henkilösuhteiden puute, mainittiin yhteistyötä estävinä tekijöinä.

Yleissivistävän koulun kemian opetuksen yhtenä tehtävänä on tukea oppilaiden luonnontieteellisen perussivistyksen kehittymistä. Seuraavaan luetteloon on koottu perusteluja opintokäyntien tärkeyteen osana opetusta (Loukomies et al., 2006 mukaillen):

1. Opintokäynnillä opitaan kemiaa ja voidaan perehtyä erityisesti sellaisiin kemian käsitteisiin ja osa-alueisiin, kuten materiaalitieteeseen tai nanoteknologiaan, joihin koulussa ei voi helposti perehtyä.
2. Opintokäynnillä kohdataan kemian käsitteitä erilaisissa asiayhteyksissä ja tutustutaan luonnontieteiden sovellutuksiin.
3. Opintokäynnin konteksti voi lisätä oppilaiden kiinnostusta kemiaa kohtaan.
4. Käyntikohteessa voi olla oppilaiden käytössä laitteita ja välineitä, joita koulussa ei ole. Oppilaat kokevat ja näkevät erilaisia tapoja tarkkailla ja seurata teollisuuden prosesseja.
5. Opintokäynti työtapana soveltuu opetussuunnitelman perusteiden aihekokonaisuuksien opettamiseen. Esimerkkeinä:
 - a. osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys
 - b. vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta
 - c. ihminen ja teknologia
6. Opintokäynnillä on mahdollisuus kehittää oppilaiden ryhmässä työskentelyä, tiedonhankintataitoja ja tiedon raportointiin liittyviä opiskelutottumuksia.
7. Opintokäynnin yhteydessä opitaan suunnittelemaan opiskelua, ottamaan vastuuta ja työskentelemään tavoitteellisesti. Lähialueen yritykset ja yhteisöt

tarjoavat sellaisia opiskeluympäristöjä, joita koulussa opiskelemalla olisi vaikea saavuttaa. Oppilas tutustuu uusiin asioihin omassa lähiympäristössään.

8. Käyntikohteessa nähdään kemian ja teknologian alan työntekijöitä aidossa ympäristössä. Opintokäynnin aikana nähdään erilaisia työelämän roolimalleja.
9. Toteutetaan opetussuunnitelman tavoitetta käyttää tiedonlähteenä alan asiantuntijoita.
10. Opintokäynnillä kartutetaan tietoa työstä ja ammateista. Käynti luo kontakteja koulun ulkopuolisiin aikuisiin. Asiantuntijoiden henkilökohtaisella kerronnalla voi olla suurempi vaikutus oppilaiden asenteisiin ja uravalintoihin kuin opinto-ohjaajan luennoinnilla koulussa.

Opintokäynnin toteuttamisen tulisi Loukomies et al. (2006) mukaan sisältää alla olevat vaiheet. Tuntimäärät ovat ohjeelliset.

1. Opettajan ennakkosuunnittelu ja alustava yhteydenotto opintokäynnin kohteeseen (1 h)
2. Oppilaiden perehdyttäminen opintokäynnin kohteeseen ja yhteissuunnittelu, tavoitteiden ja tehtävien sopiminen (1 – 2 h)
3. Opintokäynti (2 – 4 h)
4. Jatkotyöskentely (1 – 2h)
5. Arviointi ja seuraavan käynnin suunnittelu (1 h)

Luokkahuoneen ulkoisten opintokäyntien perusrungoksi ovat myös aiemmin Orion ja Hofstein (1991) ehdottaneet:

- 1) Etukäteistehtävät ja -toiminta
- 2) Toiminta opintokäynnin aikana
- 3) Jälkikäteen suoritettavat tehtävät ja toiminnot vierailuun liittyen

Opintokäynnit ilman huolellista valmistelua eivät tuo haluttua vaikutusta oppimiseen. Orly & Tal (2012) huomasivat tutkiessaan koululaisten luokkahuoneen ulkopuolelle

tekemiä luontoretkeä, että onnistuneet käynnit tarvitsevat hyvän etukäteissuunnittelun. Tämä tukee myös Orion & Hofstein (1991) tutkimusta, jossa varsinkin hyvin etukäteen valmistelluilla vierailuilla parannetaan opintokäynnillä tapahtuvaa oppimista. Tutkimuksessa vierailun kytkemisen opetussuunnitelmaan pidettiin erittäin tärkeänä, sillä tiedon taso ja tyyppi määräytyvät sen mukaan. Heidän tutkimuksessaan tärkeimmät huomioonotettavat tekijät oppimisen parantamiseksi koulun ulkopuolisissa opintokäynneissä ovat: (1.) Käsitellyn tiedon taso ja tyyppi. (2.) Tutustuminen opintokäyntipaikan ympäristöön ja (3.) Henkinen valmistautuminen. Orly & Tal (2012) tutkimuksessaan kiinnittivät huomiota opintokäyntien havainnointiryhmässä seuraaviin puutteisiin:

- (a) Etukäteisvalmistelu oppilaiden kanssa luokkahuoneessa oli vähäistä
- (b) opettajien ja retken ohjaajien välinen vuoropuhelu oli vähäistä
- (c) sisällöt kohtasivat harvoin koulukohtaisen opetussuunnitelman
- (d) opetuksen tavoitteista ei juurikaan keskusteltu tai määritelty
- (e) oppilaille tuttua lähiympäristöä ei käytetty tarpeeksi hyväksi
- (f) ohjaajat yhdistivät puutteellisesti opittavat asiat oppilaiden arkielämään
- (g) yhteisoppimista käytettiin sangen vähän hyväksi

Mortensen (2011) paransi kehittämistutkimuksessaan museovierailuja informaalina koululuokan ulkopuolisena oppimisympäristönä. Hän huomasi, että oppimisympäristön tehtävät tulisi olla monipuolisia. Opintokäynneillä pitäisi ottaa huomioon myös haastavampia tehtäviä, eikä vai keskittyä ilmeisiin ja helppoihin tehtäviin. Tutkimuksessa yhdisteltiin opittava teoria, teknologia, taito ja tehtävätyyppi.

4.2.4 Formaali, informaali ja non-formaali oppiminen

Oppimistilanteet voidaan yleisesti jakaa esimerkiksi kolmeen erilaiseen tapaan: formaaliin, informaaliin ja non-formaaliin (Eshach, 2007). Formaali ja informaali

oppiminen voidaan ajatella olevan toisensa vastakohtia ja janan ääripäitä. Formaalisissa tilanteissa on opettajajohtoinen ilmapiiri ja informaalissa oppimistilanteissa oppilaalla suuri valta autonomiseen työskentelyyn (Greenfield & Lave, 1982). Non-formaali oppiminen sijaitsee näiden kahden välissä, omin erityispiirtein (Bjornavold, 2000).

Greenfield & Lave (1982) antavat artikkelissaan esimerkin jaottelusta (Taulukko 4.) kahteen ääripäähän formaaliin ja informaalisiin oppimiseen.

Taulukko 4. Greenfield & Laven (1982) jaottelu informaalin ja formaalin oppimisen eroista.

Informaali oppiminen	Formaali oppiminen
1. aktiviteetit arkipäivän tilanteista 2. oppilas on vastuullinen tietojen ja taitojen hankkimisesta 3. henkilökohtainen: vertaiset opettavat 4. pientä tai ei laisinkaan täsmällistä pedagogiikkaa tai opetussuunnitelmaa 5. muutos ja epäjatkuvuus arvossa 6. opitaan tarkkailemalla tai matkimalla 7. opettaminen esimerkkiä näyttämällä 8. sosiaalinen rakenne jossa aikuiset toimivat oppijoiden motivoijina	1. ei arkipäivän tilanteita. 2. opettaja on vastuullinen tietojen ja taitojen oppimisesta. 3. yleisluonteinen: opettajat eivät ole vertaisia 4. täsmällinen pedagogiikka ja opetussuunnitelma. 5. jatkuvuutta tai perinteitä arvostetaan 6. Opitaan keskustelemalla ja kyselemällä 7. Opetetaan suullisilla ohjeilla yleisiä periaatteita 8. Vähemmän sosiaalista motivaatiota

Formaalisissa toiminnallinen ja sosiaalinen osallistuminen on vähäistä ja opettajalla on tilanteesta vetovastuu. Informaalisissa on vastuu oppilaalla itsellään ja hän toimii aktiivisessa ja sosiaalisessa vuorovaikutuksesta. Informaali oppimisympäristö antaa tutkimukselliseen opiskeluun hyvän alustan. (Sanders, 2007; Gerber et al., 2001)

Rogoff et al. (2003) määrittelevät informaalin ja formaalin oppimistilanteen (Taulukko 5.) samassa hengessä kuin edelliset, jakamatta oppimistilanneajattelua vaihtoehtoihin ”jompaa kumpaa”. He kutsuvat tilanteita osallistaviksi (intent participation) ja johdetuiksi (assembly-line instruction). Oppimistilanteissa tarkkaillaan muuttuvia ominaisuuksia, kuten: osallistumista, motivaatiota, kommunikaatiota, oppimista ja rooleja.

Taulukko 5. Rogoff et al. (2003) jaottelu osallistavan ja johdetun oppimisen välillä.

	Osallistava	Johdettu
Osallistuminen	• Yhdessä tekeminen • Vertainen • Jakautunut vastuu	• Hierarkinen ja muuttumattomat roolit
Motivaatio	• Aktiivisuuden merkitys • Merkityksellisyys selvillä joka työvaiheessa ja siirtymissä	• Ulkoiset palkinnot ja uhkaukset • Merkityksellisyys selvillä joka työvaiheessa ja siirtymissä
Arviointi	• Joka välivaiheessa oppimista tukien	• Erillinen oppimisesta • Tukee reseptimäisyyttä
Kommunikaatio	• Yhdessä tehtäessä sanoin ja elein kun tarpeen	• Suullista • Kysymyksiä ja kyselyjä
Oppiminen	• Esimerkkien kautta jaetusti osallistuen tarkkailemalla	• Oppitunnit • Tehtävät • Epäselvät tavoitteet
Roolit	• Asiantuntijat ohjaavat osallistuen samalla toimintaan oppijoiden aloitteesta	• Asiantuntijat ohjaavat, jakavat tehtävät, ilman osallistumista • Oppijat vastaanottavat tietoa

Taulukosta 5. nähdään, että osallistavassa oppimisessä on seuraavat piirteet: 1) motivaatio tulee yhteisen toiminnan kautta, 2) arviointi tukee oppimista, 3) ohjaajat oppimista tukevassa roolissa, 4) ja siihen sisältyy tutkimuksellisuutta. Johdetussa

tilanteessa asiantuntijat jakavat tehtävät, motivaatio tulee palkinnoista ja uhkauksista. Toiminta on usein suullista ja sokraattista.

Oppiminen on aina kontekstuaalinen tapahtuma ja non-formaalissa oppimisen lähtökohta (Bjornavold, 2000). Non-formaalissa oppimisessa oppilaat ymmärtävät yhteyksiä arkielämän ja tieteen välillä (Goldman, 2013). Oppimistilanteissa kohdataan odottamattomia asioita, joita pyritään ymmärtämään tai selittämään. Non-formaali oppimisympäristö toimii kouluopetuksen jatkeena ja noudattaa aihepiireiltään opetussuunnitelmaa (Bjornavold, 2000).

Goldman et al. (2013) määrittelevät non-formaalin oppimisen seuraavien tekijöiden kautta:

1. Osallistuminen ilman formaalia arviointia
2. Oppilaiden itsenäisyys
3. Osallistujat vetävät aktiviteettejä ilman opettajan aktiivista osallistumista
4. Tiimityöskentely ja yhteistyö
5. Osallistava työskentely
6. Ohjaajan rooli on olla oppimisen mahdollistaja
7. Ohjaaja ei ole oma opettaja vaan esimerkiksi yliopiston työntekijä
8. Diskursiivinen lähestymistapa
9. Luokkahuoneen ulkopuolinen oppimisympäristö

Non-formaali oppimisen on havaittu nostavan oppilaan itsevarmuutta oppimistilanteissa ja helpottaneen tulevissa ammatinvalintatilanteissa (Tolppanen & Aksela, 2013). Non-formaaleilla oppimisympäristöillä on myös huomattu parantavaa vaikutusta oppilaiden asenteisiin ja motivaatioon (Pedretti, 2002).

Non-formaaleissa oppimisympäristöissä on enemmän vapausasteita normaaliin kouluopetukseen verrattuna. Aihealueet ja aikataulut ovat vapaampia. Aihealueiden ei välttämättä tarvitse olla opetussuunnitelmaan kytkettyjä. Voidaan käyttää uusia

metodeja ja tehdä projekteja joita koulun sisällä ei ole mahdollista tehdä, esimerkiksi yhteistyöprojekti läheisen yrityksen kanssa (Eshach, 2007).

Silberman-Keller (2003) on määritellyt yleisiä raameja non-formaaleille oppimistilanteille:

- 1 toimitaan tilanteessa joka on sidottu aikaan ja paikkaan
- 2 luodaan ilmiöpohjaisia prosesseja, joiden tuomaa tietoa analysoidaan
- 3 käytetään dialogia ja diskurssia osana opetusta ja oppimista
- 4 on kyseessä tosielämän tilanne tai todenkaltainen tilanne

Bjornavoldin (2000) mukaan non-formaalin oppimisen arviointia ei tule rajoittaa vain teknisiin tai instrumentaalsiin kysymyksiin. Niiden tulee olla luotettavia ja valideja, joissa osallistujien ääntä kuunnellaan. Käytetyt menetelmät tulee olla monipuolisia ja oppimistilanteiden heterogeenisuus otettava huomioon.

4.2.5 Oppimisympäristöjen arviointi

Mielekkäiden oppimisympäristöjen toimintaa voidaan arvioida monella eri instrumenteilla. Instrumentti valitaan aina oppimisympäristökohtaisesti siitä näkökulmasta mitä oppimisympäristössä halutaan tutkia. Esimerkkejä soveltuvista instrumenteista ovat (kts. Dorman et al., 2006; Barry, 1998):

- 1) Oppimisympäristön inventaario (Learning Environment Inventory, LEI)
- 2) Luokkahuoneympäristön arviointiasteikko (Classroom Environment Scale, CES)
- 3) Yksilöllistetty luokkahuoneympäristön kyselylomake
(Individualised Classroom Environment Questionnaire, ICEQ)
- 4) My class-inventaario (My Class Inventory, MCI)

- 5) Yliopiston luokkahuoneympäristön inventaario
(College and University Classroom Environment Inventory, CUCEI)
- 6) Opettajien vuorovaikutuskysely
(Questionnaire on Teacher Interaction, QTI)
- 7) Kemian laboratorioympäristö inventaario
(Chemistry Laboratory Environment Inventory, CLEI)
- 8) Konstruktivistisen oppimisympäristön kartoitus
(Constructivist Learning Environment Survey, CLES)
- 9) WIHIC-arviointityökalu
(What Is Happening In This Class, WIHIC)
- 10) Teknologisen ja tavoitteellisen oppimisympäristön inventaario
(Technology-Rich Outcomes-Focused Learning Environment Inventory, TROFLEI)
- 11) Tavoitteellisen oppimisympäristön kyselylomake
(Outcomes-Based Learning Environment Questionnaire, OBLEQ)

Toiminnallisessa tiedeopetuksessa ja laboratorio-oppimisympäristöissä on viime vuosina kirjallisuudessa käytetty edellä mainituista mielekkyyttä kuvaavia arviointi-instrumentteja: CLES, OBLEQ, CLEI ja TROFLEI (kts. alla).

4.2.5.1 CLES - malli

Aldridge et al. (2000) käyttivät tutkimuksessaan CLES-instrumentin mukaisia tekijöitä. Tutkimuksessa vertailtiin australialaisten ja taiwanilaisten lukiolaisten toiminnan eroja tiedeopetustilanteessa omassa luokassaan. CLES on sosiokonstruktivistinen, jossa merkityksellinen yhdessä toimiminen on suuressa roolissa. Seurattavia tekijöitä arvioinnissa olivat:

- Henkilökohtainen merkityksellisyys (Personal relevance)
- Luokkahuonekeskustelu (Student negotiation)

- Jaettu vastuu (Shared control)
- Kriittinen puhe (Critical voice)
- Epävarmuus (Uncertainty).

CLES-instrumentti kehitettiin tarpeesta luoda mielekäs sosiokonstruktivistinen instrumentti (Taylor et al., 1997). Aiemmin käytetyssä MCI-instrumentissa tarkkailtiin oppilaiden välistä yhteistyötä (student cohesiveness), jännitteitä (friction), kilpailullisuutta (competitiveness), sekä oppilaiden saamaa tyytyväisyyttä (satisfaction) oppimistilanteessa (Fraser et al., 1982).

4.2.5.2 OBLEQ - malli

Aldridge et al. (2006) loivat OBLEQ arviointi-instrumentin oppimisympäristölle, jossa lähtökohtana on tavoitteellisuus (Outcomes-Based). Instrumentin filosofiana on vastuu omasta oppimisesta (Responsibility for Own Learning). Tässä instrumentissa arvioidaan seitsemää eri tekijää:

- Osallistuminen (Involvement) - oppilaiden kiinnostus, keskusteluihin osallistuminen, ylimääräisten tehtävien tekeminen ja tekemisestä nauttiminen.
- Tutkiminen (Investigation) - tutkimisen taidot, tutkimuksen tekeminen ja ongelman ratkaisu
- Yhteistyö (Cooperation) - oppilaiden yhteistyö verrattuna keskinäiseen kilpailuun.
- Tasapuolisuus (Equity) - opettajan tasapuolinen kohtelu kaikkia oppilaita kohtaan.
- Eriyttäminen (Differentiation) - opettajan toiminta oppilaiden kykyjen, ominaisuuksien ja kiinnostuneisuuden pohjalta
- Merkityksellisyys (Personal Relevance) - koulun ulkopuoliset aiheet
- Vastuu omasta oppimisesta (Responsibility for Own Learning) - oppilaiden panostus opiskeluun, motivoituminen palautteesta ja oikeilla jäljillä olemisesta.

4.2.5.3 CLEI-malli

CLEI on The Science Laboratory Environment Inventory (SLEI) pohjalta kehitetty kemian oppimisympäristölle ominainen arviointi-instrumentti (Wong et al. 1997, Wong & Fraser 1991). Se on erityisesti valjastettu tutkimuksellisuuteen ja kokeellisiin laboratoriotöihin. Instrumentissa seurataan viittä muuttujaa:

- Oppilaiden välinen yhteistyö (Student Cohesiveness)
- Tehtävien avoimuus (Open-endedness)
- Tutkimuksen integrointi muihin konteksteihin (Integration)
- Ohjeiden selkeys (Rule Clarity)
- Materiaaliympäristö (Material Environment)

Tsai (2003) huomasi Taiwanin yläkouluissa (N=1000) instrumenttia käyttäessään, että opiskelijat arvostivat oppilaiden välistä yhteistyötä, avoimia ja tutkimuksellisia tehtäviä, sekä teorian ja käytännön yhdistämistä. Tarvetta he kokivat ohjeistuksessa ja materiaalien käytössä. Opettajat kokivat tarpeellisenä kehityskohteena materiaalien ja laitteiden käytön, töiden toimivuuden, ajan hyötykäytön, sekä ohjeistuksen.

4.2.5.4 TROFLEI-malli

TROFLEI on teknologiapainotteisen ja tavoitteellisen oppimisympäristön arviointi-instrumentti jota on käytetty tiedeopetuksessa (esim. Dorman et al. 2006). Lisäarvoa edellisiin tässä instrumentissa on tietotekniikan käyttö, opettajien tukeminen ja nuorten eetos. Instrumentissa seurataan kymmentä muuttujaa:

- Oppilaiden välinen yhteistyö (Student cohesiveness)
- Opettajien tukeminen (Teacher support)
- Osallistuminen (Involvement)

- Suuntautuneisuus (Orientation)
- Tutkiminen (Investigation)
- Yhteistyö (Cooperation)
- Tasapuolisuus (Equity)
- Eriyttäminen (Differentiation)
- Tietotekniikan käyttö (Computer usage)
- Nuorten eetos (Young adult ethos)

4.3 Empiirinen ongelma-analyysi: Kemianluokka Gadolin toiminnallisena kemian oppimisympäristönä

4.3.1 Tutkimusmenetelmä

Kemianluokka Gadolinin toiminnan alkuvaiheilla Aksela ja Pernaa (2009) toteuttivat tutkimuksen tiedeluokkatoimintaan liittyen. Opettajilta kysyttiin heidän toiveitaan, kokemuksiaan ja palautetta vierailusta. Nyt vuosina 2013-2014 toteutettiin uusi tutkimus, jossa oli periaatteena samankaltainen lähestymistapa kuten edeltäjillä, mutta haluttiin vielä tarkempaa tietoa eri luokka-asteilta. Lisäksi halutaan tietoa mitkä toimintamuodot tukevat opettajien mielestä eniten vierailua. Samalla halutaan tietoa mitä muuttujia mielekkään oppimisympäristön arvioimisessa ja kehittämisessä seurataan.

Tulokset analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Suljetut kysymykset perustuivat Akselan ja Pernaan (2009) aiempaan tutkimukseen. Avoimet kysymykset analysoitiin oppimisympäristöteorioiden pohjalta.

Tutkimuskysymykset:

TK2. Mitkä tekijät ovat keskeisiä Kemianluokka Gadolinissa vierailneiden kemian opettajien mielestä?

TK3. Mitä oppimisympäristön arviointityökalujen muuttujista käytetään uusien kontekstuaalisten työ-ohjeiden käytännön arvioimiseen ja kehittämiseen?

Tutkimusaineistoa on kerätty kahdella tavalla. Tilastoja on koottu kaikista vuoden 2013 ajalle varatuista opintokäynneistä opettajien varauksen yhteydessä antamista tiedoista. Näin on saatu vierailujen kokonaismäärät, vierailujen ohjelman koostumukset, tehdyt työt ja ryhmäkoot. Yhteensä vierailuja toteutui 221.

Tämän lisäksi aineistoa kerättiin lähettämällä kaikille opettajille jokaiselta luokka-asteelta sähköinen kyselylomake. Lomake lähetettiin kaikille vierailuja varanneille ja vastaamispyyntö lähetettiin kolmesti, jotta vastauksia saataisiin mahdollisimman paljon. Lomakkeeseen vastattiin nimettömästi aikavälillä helmikuu-toukokuu 2014. Kysymyksissä kartoitettiin opettajien ajatuksia opintokäynnistä: taustatiedot, tietoa vierailukäyntien kokonaisjärjestelyistä ja opettajien mielipiteitä kemianluokka Gadolinin toiminnasta. Vierailukäyntien kokonaisjärjestelyissä kysymykset oli muotoiltu väittämiksi, jotka käsittelivät kaikkea käynnin suunnittelusta ja ennakkotehtävistä aina käynnin jälkeiseen läpikäyntiin koululla.

4.3.2 Tutkimuskohde

Kyselylomake lähetettiin kaikille vuonna 2013 Kemianluokka Gadolinissa oman oppilasryhmänsä kanssa käyneille 147 opettajalle. Heistä 74 vastasi kyselyyn. Vastausprosentti oli 50 %. Taulukossa 6. on koottu tutkimukseen vastanneiden taustatiedot. Suurin osa vastaajista oli naisopettajia, viisi miestä (7%) ja loput naisia.

Taulukko 6. Kyselylomakkeeseen vastanneet opettajat (N=74).

	Luokat						N
Opetusaste	Alakoulu 23 (31,1%)	Yläkoulu 24 (32,4%)	Lukio 21 (28,4%)	Ammatillinen koulutus 6 (8,1%)			74
Toimenkuva	Luokan- opettaja 22 (30%)	Aineenopettajat ja muut 52 (70%)					74
Opetus- kokemus	1-5 vuotta 16 (22%)	6-10 vuotta 15 (20%)	11-20 vuotta 28 (38%)	yli 20 vuotta 15 (20%)			74
Maakunta	Uusimaa 63 (85%)	Päijät- Häme 3	Kymen- laakso 2	Kanta- Häme 2	Varsinais- Suomi 2	Etelä- Karjala 2	74
Vierailu- käyntien lukumäärä	1 30 (40%)	2 16 (22%)	3 13 (18%)	4 tai enemmän 15 (20%)			74

Taulukosta 6. Havaitaan, että suurin osa opettajista oli Uudeltamaalta sekä aineenopettajia. Luokka-asteet menivät suurin piirtein tasan alakoulun, yläkoulun ja lukion suhteen. Ammatillisen koulutuksen opettajia oli hieman vähemmän, sillä lukumäärällisesti tältä asteelta oli vähemmän vierailuja vuoden 2013 aikana. Suurin osa vierailleista opettajista oli käynyt Kemianluokka Gadolinissa kaksi tai useamman kertaa.

Yhteensä kyselylomakkeeseen vastasi 74 opettajaa, joista 23 (31,1%) oli alakoulun opettajia, 24 (32,4%) oli yläkoulun opettajia, 21 (28,4%) toimi lukion opettajina ja 6 (8,1%) toimi ammatillisen koulutuksen opettajina. Lähes kolmannes ilmoitti olevansa luokanopettajia. Vastanneiden opettajien opetusaste jakautui aika tasaisesti alakoulun, yläkoulun ja lukion välille. Ammatillisen koulutuksen opettajia oli huomattavasti vähemmän. Ammatillisia oppilaitoksia on tutkimuksessa käsitelty erillisenä opetusasteena, vaikka otos onkin pieni.

Vastaajilla opetuskokemus jakautui suhteellisen tasan. 11-20 vuotta opettaneita (38%) oli hieman enemmän kuin muita. Mikäli ikäryhmiä haluaa verrata ajallisesti samanpituisina, 1-10 vuotta opettaneita oli enemmän (42%) kuin 11-20 vuotta opettaneita.

Valtaosa vastaajista (73 henkilöä tai 99%) ilmoittaa äidinkielekseen suomen. Yhdellä vastaajalla on äidinkielenä ruotsi.

Opettajien ikäjakaumassa suurimmaksi ikäryhmäksi nousee 40-49 vuotiaat, joita oli 26 (35,1%). Muita ikäryhmiä edustettiin seuraavasti: 30-39-vuotiaita vastaajia oli 21 (28,3%), 50-59-vuotiaita oli 18 (24,3%) ja 20-29-vuotiaita 5 (6,8%). Pienimmäksi ryhmäksi jäivät yli 60-vuotiaat, joita oli 4 (5,4%).

Opetettavia aineita ilmoitti yhteensä 56 opettajaa. Heistä 53 (95% aineita valinneista) ilmoitti opettavansa kemiaa, 34 (61%) matematiikkaa, 30 (54%) fysiikkaa, 8 (14%) biologiaa, 7 (13%) maantiedettä, 2 (4%) tietotekniikkaa ja 8 (14%) muuta ainetta. Kaikista 74 kyselyyn vastanneesta, kemiaa ilmoitti opettavansa 72%.

Kaikista vastanneista 4 (5%) on valinnut opetettavia aineita ja vaihtoehdon ”luokanopettaja”. Nämä neljä ovat kuitenkin ilmoittaneet opetusasteekseen alakoulun. Aineenopettajaa ei tarjottu vaihtoehtona kyselyssä, sillä haluttiin tarkempaa tietoa opetettavista aineista.

4.3.3 Tulokset

4.3.3.1 Vierailujen rakenteellinen sisältö

Vuoden 2013 aikana Kemianluokka Gadolinissa kävi noin 3900 oppilasta ja yhteensä 221 ryhmää. Ryhmät jakautuivat siten, että alakoulusta 33%, yläkoulusta 37%, lukiosta 24%, ammatillisesta koulutuksesta 6%. Taulukkoon 7. on kerätty kaikki vuoden 2013 aikana ryhmien tekemät työskentelymuodot. Sisältöinä ovat laboratoriotyöskentely, molekyyylimallinnus, yleisesittely, kampuskierros ja tutkimusryhmävierailu.

Taulukko 7. Vierailuryhmien opintokäyntien sisältö eri tasoilla.

Toimintamuoto	Alakoulu		Yläkoulu %	Lukio %	Ammattiopisto %	Muu %
	1-4 lk % kaikista	5-6 lk %				
L	90,4	77	46,2	38,2	58,5	92,3
L+M	0	17,3	12,8	38,2	8,3	0
L+Y	4,8	0	5,1	11,8	0	7,7
L+K	4,8	1,9	14,1	0	8,3	0
L+Y+M	0	3,8	3,8	0	8,3	0
L+Y+K	0	0	10,3	2,9	8,3	0
L+M+Y+K	0	0	7,7	2,9	8,3	0
L+M+Y+K+T	0	0	0	6,0	0	0
YHT.	100	100	100	100	100	100

L = laboratoriotyöskentely

M = molekyyylimallinnus

Y = yleisesittely

K = kampuskierros

T = tutkimuslaboratoriovierailu

Taulukosta 7. havaitaan, että kaikilla luokkatasoilla yhtenä vierailun sisältömuotona oli laboratoriotyöskentely. Alakouluryhmillä tämä korostui eniten, siten että 1.-4. luokilla n. 90% käynneistä oli pelkästään laboratoriotyöskentelyä. Luokilla 5.-6. Sisältöinä alle 20% vierailuissa oli mukana molekyyli-mallinnusta. Tuloksista havaitaan, että lukiotasolla TVT:n käyttö osana vierailua, on huomattavasti suurempi kuin muilla luokka-asteilla.

4.3.3.2 Kyselylomake: väittämät

Opettajille annetut väittämät on alkujaan arvioitu skaalalla "Samaa mieltä", "Jonkin verran samaa mieltä", "Ei samaa eikä eri mieltä", "Jonkin verran eri mieltä", "Eri mieltä". Vastaukset (Taulukko 8.) on koodattu lukuarvoin, jolloin numero 5 on annettu vastaukselle "Samaa mieltä" ja 1 on annettu vastaukselle "Eri mieltä". Näin on saatu lukuarvoin tulkittavissa oleva asteikko ja vastauksille on laskettu keskiarvo ja keskihajonta.

Taulukko 8. Vierailukäynnin tarkoitus eri oppiasteilla.

väittämän jatko	Opetusasteittain keskiarvo (ja keskihajonta)				Kaikki vastanneet	
	ala- koulu	ylä- koulu	lukio	ammatil- linen	k.a.	N
innostaa kemian opiskeluun	4,91 (0,42)	4,83 (0,49)	5,00 (0,00)	4,83 (0,41)	4,90 (0,38)	73
saada vaihtelua opetukseen.	4,91 (0,29)	4,86 (0,35)	4,81 (0,51)	5,00 (0,00)	4,88 (0,37)	72
päästä tekemään töitä, joita ei voi tehdä koulussa.	4,74 (0,45)	4,58 (0,72)	4,76 (0,77)	5,00 (0,00)	4,72 (0,63)	74
saada uutta tietoa ja uusia näkökulmia.	4,83 (0,39)	4,22 (0,95)	4,38 (0,86)	4,17 (0,75)	4,45 (0,80)	73
käyttää uutta laitetta.	4,44 (1,04)	4,32 (0,84)	4,62 (0,80)	4,00 (1,55)	4,42 (0,96)	72

tutustua kemian laitokseen.	4,00 (1,31)	4,13 (1,01)	4,33 (0,97)	4,00 (1,26)	4,14 (1,11)	73
tutustua Kumpulan kampukseen.	3,48 (1,65)	3,77 (1,15)	4,24 (0,89)	3,67 (1,51)	3,81 (1,31)	72
saada tietoa kemian alan opiskelusta.	2,65 (1,47)	3,41 (1,05)	4,05 (0,86)	3,00 (1,26)	3,32 (1,28)	72
tutustua kemian alan työmahdollisuuksiin.	2,70 (1,64)	3,27 (1,16)	3,71 (0,96)	2,83 (1,47)	3,18 (1,35)	72
tehdä molekyylimallinnusta.	2,30 (1,30)	3,22 (1,54)	3,00 (1,64)	2,50 (1,76)	2,81 (1,53)	73

Opettajat ovat opetusasteesta riippumatta olleet suhteellisen samaa mieltä ensimmäisten väittämien kanssa (Taulukko 8.). Vierailun tavoitteena on ollut innostaa opiskeluun, saada vaihtelua opetukseen, käyttää uutta laitetta, tehdä töitä, joita ei koulussa pysty tekemään sekä saada uutta tietoa ja uusia näkökulmia. Näiden väittämien opetusastekohtaisetkin keskiarvot ovat olleet vähintään 4,00 ja hajonta on myös koko opettajaryhmässä ollut pientä.

Suurinta hajontaa tulee uusien laitteiden kohdalla alakoulun ja ammatillisen koulutuksen osalta. Alakouluryhmät eivät välttämättä ole käyttäneet vierailullaan monimutkaisia laitteita, minkä takia osa opettajista ovat saattaneet arvioida väittämät eri tavalla kuin valtaosa vastaajista.

Kemian alan työmahdollisuudet ja alan opiskelu ovat selkeämmin olleet yläkoulun ja lukion tavoitteita. Yläkoulun ja lukion keskiarvot ovat nousseet enemmän jokseenkin samaa mieltä olevien puolelle, kun taas alakoulun ja ammatillisen keskiarvot jäävät alle neutraalin keskitason, mikä tarkoittaisi sitä, että opettajat ovat jokseenkin eri mieltä. Alakoulussa ei todennäköisesti pidetä eri ammatteihin valmistautumista niin tärkeänä ja ammatillisessa koulutuksessa opiskelevan ei ehkä oleteta pyrkivän yliopisto-opiskelijaksi valmistuttuaan.

Kemian laitokseen ja Kumpulan kampukseen tutustuminen on ollut tärkeämpi tavoite lukio-opettajille kuin muiden asteiden opettajille ja ainoastaan lukio-opettajien keskiarvo ylittääkin yleisen kaikkien vastanneiden keskiarvon näiden väittämien kohdalla. Kaikilla asteilla on kuitenkin pidetty tärkeänä tavoitteena kemian laitokseen tutustumista, sillä väittämien keskiarvon perusteella opettajat ovat enemmän samaa mieltä kuin eri mieltä väittämien kanssa. Vastausten keskihajontaa vertaillen, ovat lukio-opettajat myös olleet muiden asteiden opettajia yksimielisempiä näiden väittämien kohdalla. Muilla asteilla keskihajonta on yli yhden, kun taas lukion kohdalla hajonta jää selkeästi alle yhden.

Molekyyylimallinnus on jakanut vastaajien mielipiteitä kaikilla opetusasteilla. Kaikista väittämistä juuri molekyyylimallinnus on saanut suurimman keskihajonnan yläkoulun, lukion ja ammatillisen koulun opettajien kohdalla (hajonta yli 1,50 näissä kolmessa). Alakoulussakin hajonta on suurta (1,30). Alakoululaisten opettajien vastauksissa hajonta oli kuitenkin molekyyylimallinnusta suurempaa Kemian laitokseen ja kampukseen tutustumisen sekä alan työmahdollisuuksien ja alan opiskelun kohdalla. Alakoulun opettajat ovat siis olleet hieman yksimielisempiä molekyyylimallinnuskysymyksessä, vaikka jäävätkin aika alhaiseen keskiarvoon.

Taulukkoon 9. on kirjattu ennen vierailua tehdyt aktiviteetit. Vastauksista nähdään, että miltei jokainen opettaja on toteuttanut jonkinlaisia aktiviteetteja ennen vierailua.

Taulukko 9. Ennen vierailua tehdyt aktiviteetit eri oppiasteilla.

Väittämän jatko	Opetusasteittain keskiarvo (ja keskihajonta)				Kaikki vastanneet	
	ala- koulu	Ylä- koulu	lukio	ammatil- linen	k.a.	N
käymällä läpi vierailun ohjelman.	4,39 (0,89)	4,73 (0,55)	4,48 (0,68)	3,40 (2,19)	4,45 (0,92)	71
käymällä läpi aiheiden teoriaa.	4,09 (1,16)	3,87 (1,32)	4,24 (0,99)	3,20 (1,64)	4,00 (1,21)	72
käymällä läpi käyttäytymissääntöjä.	4,55 (0,96)	4,61 (0,58)	2,71 (1,65)	2,20 (1,64)	3,86 (1,50)	71
pohtimalla työturvallisuutta.	3,96 (1,40)	3,50 (1,50)	2,81 (1,50)	3,20 (1,30)	3,42 (1,50)	71
käymällä läpi työohjeita.	3,48 (1,70)	2,68 (1,73)	3,14 (1,56)	2,00 (1,41)	3,03 (1,67)	71
käymällä läpi työssä/töissä käytettäviä laitteita.	2,78 (1,51)	2,91 (1,55)	2,62 (1,60)	1,40 (0,89)	2,67 (1,53)	70
tutustumalla kemian laitoksen sivuille.	2,48 (1,38)	1,96 (1,40)	2,29 (1,52)	2,60 (1,52)	2,26 (1,42)	72
tutustumalla Luma-keskuksen lasten ja nuorten tiedeverkkolehtiin.	2,39 (1,44)	1,77 (1,07)	1,86 (1,20)	1,40 (0,89)	1,97 (1,24)	71
Emme käyneet läpi vierailua ennen kemianluokka Gadoliniin tuloa.	1,36 (1,00)	1,77 (1,30)	2,21 (1,51)	3,00 (1,83)	1,84 (1,38)	62

Opettajat ovat samaa mieltä siitä, että käyntiä pohjustetaan käymällä läpi aiheiden teoriaa. Kaikkien asteiden keskiarvot ovat yli neutraalin 3,00 ja opettajat ovat keskimääräisesti jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Hajontaa kuitenkin on ja erityisesti ammatillisen koulutuksen puolella hajonta on suurta ja keskiarvo muita asteita matalampi. Myös yläkoulussa keskiarvo on jäänyt alle kaikkien vastanneiden keskiarvon.

Vierailuohjelman läpikäymisestä opettajat ovat myös olleet aika samaa mieltä, vaikka ammatillisen koulutuksen opettajat ovatkin olleet aiheesta erittäin montaa mieltä (hajonta 2,19, kun muilla opetusasteilla jää selkeästi alle 1,00). Vierailun ohjelman läpikäyminen on ollut erityisesti yläkoulussa suosittua ja lisäksi opettajat ovat olleet lähes yksimielisiä väittämän kohdalla (hajonta vain 0,55). Kaikkien opetusasteiden yhteinen keskiarvo 4,45 kielii siitä, että opettajat kuitenkin ovat aika samaa mieltä väittämän kanssa.

Työohjeiden läpikäynti on jakanut opettajien mielipiteitä kaikilla asteilla ja ainoastaan ammatillisen koulutuksen keskihajonta jää alle 1,50 tämän väittämän kohdalla. Hajonta on ollut suurta ja keskiarvo on aika neutraali, joten opettajat vaikuttaisivat käyvän läpi työohjeita erittäin vaihtelevasti kaikilla opetusasteilla. Alakoulussa ja lukiossa työohjeita on käyty läpi hieman useammin kuin yläkoulussa tai ammatillisessa.

Ala- ja yläkoulussa pohjustuksessa nousee esille käyttäytymissääntöjen läpikäynti. Peruskoululaisilla on keskiarvo yli 4,50 tämän väittämän kohdalla, kun vastaavat luvut ovat lukiolaisille 2,71 ja ammatilliselle koulutukselle 2,20. Peruskoulun opettajat ovat siis aika samaa mieltä väittämän kanssa, kun taas toisen asteen opettajat ovat jokseenkin eri mieltä tai lähellä neutraalia keskitietä. Ero voi olla sidoksissa siihen, että peruskoulussa useammin muistutetaan käytössäännöistä.

Toinen ero peruskoululaisten ja sitä vanhempien välillä on vierailun pohjustuksen sivuuttaminen. Varsinkin ammatillisessa on tämä vaihtoehto ollut suositumpi kuin muilla asteilla. Vaihtoehto ei kuitenkaan ole saanut miltään asteelta keskiarvoksi yli 3,00 ja hajonta on ollut aika suurta varsinkin lukion ja ammatillisen koulutuksen puolella (keskihajonta yli 1,50). Suuri osa opettajista on siis tämän väittämän kanssa eri mieltä. Myös käytettäviin välineisiin etukäteen tutustuminen on ollut erittäin pientä jokaisella oppitasolla.

Taulukkoon 10. on kirjattu ennen vierailun jälkeen tehdyt aktiviteetit. Vastauksista nähdään, että lähes jokainen opettaja on toteuttanut jonkinlaisia aktiviteettejä vierailun jälkeen.

Taulukko 10. Vierailukäynnin jälkeinen toiminta eri oppiasteilla.

Väittämän jatko	Opetusasteittain keskiarvo (ja keskihajonta)				Kaikki vastanneet	
	ala- koulu	ylä- koulu	lukio	ammatil- linen	k.a.	N
käymällä palautekeskusten.	4,52 (0,73)	3,87 (1,32)	3,60 (1,47)	4,40 (0,89)	4,04 (1,22)	70
kertaamalla työn teorian.	3,23 (1,49)	3,50 (1,57)	3,81 (1,29)	4,00 (0,71)	3,54 (1,41)	70
laajentamalla vierailulla käytyä teoriaa / tutustuimme aiheeseen lisää.	2,73 (1,49)	2,65 (1,50)	3,29 (1,45)	3,40 (1,52)	2,93 (1,48)	68
käymällä läpi työssä käytettäviä laitteita.	2,55 (1,37)	2,86 (1,20)	3,00 (1,38)	2,60 (1,14)	2,78 (1,38)	68
pohtimalla työturvallisuutta.	3,09 (1,51)	2,70 (1,42)	2,24 (1,48)	2,80 (1,48)	2,69 (1,48)	68
tekemällä työselostuksen.	2,33 (1,62)	2,24 (1,51)	2,57 (1,57)	3,20 (2,05)	2,44 (1,59)	68
käymällä läpi työohjeita.	2,46 (1,44)	2,14 (1,20)	2,62 (1,53)	2,00 (1,41)	2,38 (1,38)	69
tutustumalla Luma keskuksen lasten ja nuorten tiedeverkkolehtiin.	2,19 (1,53)	1,43 (0,98)	1,67 (1,11)	1,40 (0,89)	1,74 (1,23)	69
tutustumalla kemian laitoksen sivuille.	1,96 (1,21)	1,33 (0,66)	1,90 (1,29)	1,60 (0,89)	1,72 (1,09)	68
Emme käyneet läpi vierailua.	1,33 (0,84)	1,55 (1,05)	1,80 (1,28)	1,50 (1,00)	1,57 (1,07)	62

Vierailun jälkeinen läpikäyminen on toteutettu vaihtelevasti. Suosituimpia väittämistä ovat olleet palautekeskustelu ja työn teorian kertaus. Kaikki muut väittämissä

ehdotetut läpikäyntikeinot ovat kaikkien opettajien arvioidessa jääneet keskiarvoltaan alle neutraalin puolivälin mikä tarkoittaisi, että opettajat ovat keskimäärin jokseenkin eri mieltä väittämien kanssa. Hajonta on kuitenkin monin paikoin suurta.

Alakoulussa teorian kertauksen ja palautekeskustelun jälkeen kolmanneksi suosituin läpikäyntivaihtoehto on ollut työturvallisuuden pohtiminen, joka myös on hieman suositumpaa kuin vanhemmilla opetusasteilla.

Kaikkein vähiten suosittu väitteistä on vierailun läpikäymisen pois jättäminen, joka on alakoululaisten opettajilla ainoa alle 2,00 keskiarvon alle jäävä väittämä. Myös verrattuna muihin opetusasteisiin on tämä väittämä alakoulun kohdalla saanut kaikkein pienimmän keskiarvon ja opettajat ovat siis väittämän kanssa eri mieltä.

Yläkoulun opettajat puolestaan ovat vastanneet kolmanneksi suosituimmaksi väittämäksi työssä käytettyjen laitteiden läpikäymisen. Tässä tosin keskiarvo jää alle neutraalin kolmosen, joten monet ovat olleet tämän väittämän kohdalla eri mieltä. Ainoastaan kaikkien asteiden suosiossa olleet kaksi väittämää saavat yläkoulun opettajilta keskiarvon, joka on neutraalin kolmosen yläpuolella ja opettajat siis keskimäärin samaa mieltä väittämän kanssa.

Lukio-opettajat ja ammatillisen koulutuksen opettajat ovat vastanneet kolmanneksi suosituimmaksi väittämäksi teorian laajentamisen tai aiheen jatkotyöstämisen vierailun jälkeen. Keskihajonta tämän väittämän kohdalla on kuitenkin aika suurta (noin 1,5). Toisen asteen koulutuksissa suosituimpia ovat olleet yleisestikin suosituimmat väitteet palautekeskustelusta ja työn läpi käymisestä.

Työselostusten tekeminen on noussut yli neutraalin puolivälin vain ammatillisessa koulutuksessa, tosin hajonta on erittäin suurta tällä asteella (2,05). Muut opettajat ovat olleet keskimäärin eri mieltä väittämän kanssa. Avovastauksissa on opettajilla

ollut mahdollista antaa muita vastausvaihtoehtoja. Näistä oppimispäiväkirja on mainittu kahdesti.

Yläkoulun, lukion ja ammatillisen koulutuksen kaikkein huonoimman keskiarvon sai väittämä tiedeverkkolehtien käytöstä. Myös keskihajonta näiden asteiden kohdalla on tämän väittämän osalta suhteellisen pieni verrattuna muiden sarjan väittämien arvostelun hajontaan. Monet ovat siis olleet eri mieltä väittämän kanssa ja vain harvat vierailivat tiedeverkkolehtien sivuilla oppilaiden kanssa.

Taulukkoon 11. on kirjattu vastaukset vierailun opetussuunnitelmaan kytkemisestä. Yleisesti ottaen on vierailun kytkeminen opetussuunnitelmaan onnistunut kaikilla opetusasteilla.

Taulukko 11. Opintokäynnin opetussuunnitelmaan kytkentä.

Väittämä	Opetusasteittain keskiarvo (ja keskihajonta)				Kaikki vastanneet	
	alakoulu	yläkoulu	lukio	amma- tillinen	k.a.	N
Vierailulla tehdyt työt olivat ajankohtaisia kurssilla käydyn sisällön kanssa.	4,68 (0,72)	4,48 (0,59)	4,52 (1,50)	5,00 (0,00)	4,59 (0,65)	71
Vierailun ohjelma liittyi koulukohtaiseen tai valtakunnalliseen OPSiin.	4,55 (0,96)	4,17 (1,40)	4,67 (0,58)	4,80 (0,45)	4,47 (1,03)	72
Olin miettinyt OPS kytkentää vierailusta sopiessani.	4,50 (1,01)	3,65 (1,58)	3,91 (1,45)	5,00 (0,00)	4,00 (1,37)	72

Matalimmat keskiarvot on saanut väittämä ”Olin miettinyt OPS kytkentää vierailusta sopiessani”. Hajonta on suurta ja arvot ovat lähellä neutraalia keskilinjaa varsinkin yläkoulun ja lukion osalta, mikä viittaisi siihen, että osa näiden asteiden opettajista ei ole pohjannut vierailua suoraan opetussuunnitelmaan heti vierailua varatessa.

Ammatillisen koulutuksen arvot ovat erittäin yksimielisiä opetussuunnitelmaan kytkemisestä.

Taulukossa 12. On opettajien havaintoja omien oppilaiden toiminnasta vierailun aikana. Erityisesti peruskoulun ja ammatillisen opetuksen oppilaat vaikuttaisivat opettajien mielestä olevan aktiivisempia kuin yleensä. Opettajat ovat myös arvioineet näiden opetusasteiden oppilaat kiinnostuneemmiksi kuin yleensä.

Taulukko 12. Oppilaiden toiminta vierailun aikana.

Väittämän jatko	Opetusasteen keskiarvo (ja keskihajonta)				Kaikki (N=74*)
	alakoulu (N=23)	yläkoulu (N=24)	lukio (N=21*)	ammatillinen (N=6)	k.a.
aktiivisempia kuin yleensä	4,40 (0,58)	4,08 (0,77)	3,48 (1,08)	4,17 (0,98)	4,01 (0,90)
kiinnostuneempia kuin yleensä	4,48 (0,67)	4,21 (0,72)	3,86 (0,79)	4,33 (1,03)	4,20 (0,78)
rauhallisempia kuin yleensä	3,13 (1,01)	3,96 (0,81)	3,15* (1,18)	4,00 (0,89)	3,48* (1,06)

Alakoululaisten ja lukiolaisten rauhallisuuden arviointi on jäänyt keskiarvoltaan aika puoleen väliin ja opettajien mielipiteissä on aika suurta hajontaa. Yläkoulun ja ammattikoulun opettajat puolestaan ovat arvioineet oppilaansa hieman yhdenmukaisemmin ja hieman rauhallisemmiksi kuin yleensä.

4.3.3.3 Kyselylomake: avoimet kysymykset

Tutkimuksessa oli mukana avoimia kysymyksiä. Ensimmäinen oli “Mikä oli mielestäsi parasta vierailussa kemianluokka Gadoliniin ja miksi?” ja toinen “Mitä opit itse vierailusta?”. Avokysymysten vastaukset on käsitelty kvalitatiivisesti sisällönanalyysillä. Saman opettajan antama vastaus saattoi kokonaisuutena kuulua

useampaan luokkaan. Aineistosta ensin ryhmiteltiin opettajien kommenteista sisällöt. Sisällöt jaoteltiin aluksi yläkategorioihin. Vertailemalla näitä oppimisympäristöjen arviointityökalujen muuttujiin (Kappaleet 4.2.1-4.2.4), havaittiin vastausten noudattavan kirjallisuutta. Kategorioita yhdisteltiin ja ne määriteltiin, jotta ne olisivat linjassa aiemman tutkimuksen kanssa.

Arviointityökalujen muuttujakategoriat määriteltiin yhdistelyn ja kategorisoinnin jälkeen seuraavalla tavalla:

Osallistuneisuus -kategoriaan kuuluu toiminnallinen työskentely laboratoriossa tai muissa vierailun aktiviteeteissa. Toiminnalliseen työskentelyyn kuuluvat esimerkiksi kokeellinen työskentely tai mallintaminen. Opettajien mainitessa työskentelystä tai tekemisestä, vastaus kuuluu tähän kategoriaan. Osallistuneisuuteen kuuluu myös elämyksien tai positiivisten kokemusten saaminen toiminnan kautta.

Merkityksellisyys -kategoriaan kuuluvat henkilökohtaisiin, yhteiskunnallisiin tai ammatinvalintaan liittyvät vastaukset. Tähän kategoriaan kuuluvat myös vastaukset, jotka liittyvät tulevaisuuden kemian opiskeluun tai opiskelusta esittelemiseen. Myös itse kemian laitoksen näkeminen lasketaan tähän kategoriaan.

Opettajan työn tukemisen -kategoriaan kuuluvat opettajan kokemukset oppia jotain uusia menetelmiä tai töitä vierailun aikana, sekä uusien ideoiden ja näkökulmien saaminen. Lisäksi tähän kategoriaan kuuluu opettajan oman ryhmän seuraamisen mahdollisuus ja oppilastuntemuksen parantaminen.

Tietotekniikan käyttö -kategoriaan kuuluvat tietoteknisten välineiden käyttö, kuten molekyyli mallinnus, internet tai TVT-välineet. Mittausautomaatiota ei lasketa tähän kategoriaan, vaan se kuuluu materiaaliympäristöön.

Ohjeiden selkeys -kategoriaan kuuluu työohjeiden selkeäksi kokemisen tärkeys.

Materiaaliympäristö -kategoriaan kuuluu tiedeluokan tärkeys siitä näkökulmasta, että se sisältää laitteita, välineitä, tiloja, ohjelmia sekä kokeellisia töitä joita opettajan mielestä ei ole koulussa.

Eriyttäminen -kategoriassa on huomioitu tai pidetään tärkeänä vastaajan mielestä erityistarpeiden huomioiminen, kuten kielen, ryhmän tason tai erityisoppilaiden tarpeet.

Taulukossa 13. on jaoteltu opettajien vastaukset arviointityökalujen muuttujiin. Kysymyksenä oli "Mikä oli mielestäsi parasta vierailussa Kemianluokka Gadoliniin ja miksi?". Yhden opettajan vastaukset saattoivat kuulua moneen luokkaan.

Taulukko 13. Parasta vierailussa Kemianluokka Gadoliniin.

	alakoulu (N=23)	yläkoulu (N=24)	lukio (N=21)	amma- tillinen (N=6)	yhteensä (N=74)	frekvenssi (N=74)
Osallistuneisuus	16	17	8	2	43	58%
Materiaaliympäristö	10	14	14	1	39	53%
Merkityksellisyys	4	5	7	2	18	24%
Eriyttäminen	1	2	1	0	4	5%
Tietotekniikka	0	0	4	0	4	5%
Ohjeiden selkeys	0	0	0	1	1	1%

Kun vastaukset jaoteltiin yllä mainittuihin kategorioihin, saatiin luotettavuutta mittaavaksi Cohenin kappa-arvoksi 0,96 (N=88). Tämä kertoo jaottelun korkeasta luotettavuudesta. Kappa-analyysin suoritti tutkimusavustaja, jonka oma tutkimusalue liittyi kontekstuaalisen kemian opetuksen kehittämiseen Kemianluokka Gadolinissa.

Opettajien vastaukset jaettiin luokkiin Taulukko 10:n perusteella. **Osallistuneisuus** oli ala- ja yläkoulu sekä ammatillisessa koulutuksessa tärkein asia. Monessa vastauksessa arvostettiin itse toiminnallista työskentelyä ja innostavaa ilmapiiriä.

"Oppilaiden innostus tehtäviä töitä kohtaan oli hienoa!" [Opettaja 63],

"Itsetekeminen. Ahaa-elämykset. Hauskaa eli motivoivaa." [Opettaja 17]

"Lapset saivat kokeilla laboratoriossa työskentelyä ja tehdä käytännön läheisiä töitä." [Opettaja 4]

Materiaaliympäristö oli erityisesti lukion tärkein asia. Ala- ja yläkouluissa tämä oli seuraavaksi tärkein tekijä. Kuvaavia kommentteja tässä muuttujassa oli:

"Pystyimme tekemään työn, jota koulussa en ole voinut teettää." [Opettaja 72]

"IR" [Opettaja 58]

"Saimme toimia kemianluokassa, kun omassa koulussamme se ei ole mahdollista" [Opettaja 21]

Kolmantena teemana opettajat pitivät tärkeänä **merkityksellisyyttä**. Merkityksellisyys liittyi laboratoriotyöskentelyaiheisiin ja yliopistoon opiskelu- sekä työpaikkana. Kuvaavia kommentteja olivat esimerkiksi:

"Mielenkiintoisia teemoja" [Opettaja 49]

"Oppilaat pääsivät näkemään yliopiston laboratoriotiloja ja mitä yliopistolla tehdään" [Opettaja 18]

"tutkimuslaboratoriovierailu oli myös hyvä." [Opettaja 34]

"oppilaat näkivät, että kemian laitos on iso ja mielenkiintoinen opiskelupaikka". [Opettaja 57]

Neljänneksi tärkeä asia opettajille oli **eriyttäminen**. Tämä muuttuja liittyi erityisryhmiin ja eri kielellä opettaminen. Kuvaavia kommentteja olivat

"erityisoppilaat huomioonottava asenne" [Opettaja 33]

"meille löytyi ruotsinkieliset ohjaajat" [Opettaja 66]

Lukio-opettajat olivat ainoita, joille tärkeää oli **tietotekniikan** käyttö vierailun aikana. Tämä liittyy tiedon syventämisessä molekyyalitasolle. Heille molekyylimallinnus oli tärkeää, esimerkkinä kommentti

"molekyylimallinnus - käytetty ohjelma oli todella monipuolinen" [Opettaja 74]

Yhdelle ammatillisen koulutuksen opettajalle **ohjeiden selkeys** oli tärkeä asia:

"Selkeät ohjeet ja selkeät työt." [Opettaja 49]

Taulukossa 14. on jaoteltu opettajien vastaukset arviointityökalujen muuttujiin kysymyksen: "Mitä itse opit vierailusta?" mukaan. Tällä kysymyksellä haetaan opettajan työn tukemiseen ja täydennyskoulutukseen liittyviä teemoja. 27 opettajaa vastasi tähän kysymykseen.

Taulukko 14. Opettajan oma oppiminen vierailusta.

	alakoulu (N=23)	yläkoulu (N=24)	lukio (N=21)	ammatillinen (N=6)	yhteensä (N=74)	frekvenssi (N=74)
Opettajan tukeminen	3	7	2	1	13	18%
Materiaaliympäristö	0	1	1	1	3	4%
Tietotekniikka	0	1	1	1	3	4%
Osallistuneisuus	2	0	1	0	3	4%
Merkityksellisyys	0	1	1	0	2	3%
Ohjeiden selkeys	1	0	0	0	1	1%

Kun vastaukset jaoteltiin yllä mainittuihin kategorioihin, saatiin luotettavuutta mittaavaksi Cohenin kappa-arvoksi 0.84 (N=27). Tämä kertoo jaottelun luotettavasta tarkastelusta. Kappa-analyysin suoritti tutkimusavustaja, jonka oma tutkimusalue liittyi kontekstuaalisen kemian opetuksen kehittämiseen Kemianluokka Gadolinissa.

Taulukosta 14 havaitaan, että **opettajan työn tukeminen** yleisellä tasolla oli tärkein asia, erityisesti yläkouluopettajilla. Kuvaavia kommentteja oli

"Kannattaa lähteä, tuo uusia ideoita opetukseen!" [Opettaja 10]

"Kemian perusasioiden mieleenpalautus" [Opettaja 25]

"Kemiasta lisää tietoa" [Opettaja 64]

"Kerrankin oli mahdollisuus havainnoida opiskelijoiden toimintaa 'ulkopuolisena' eli tuntui että oppilaantuntemus parani." [Opettaja 16]

Toisena oppimisteemana nousi tarkentavasti **tietotekniikka**. Kuvaavana kommenttina on:

"Molekyylimallinnusohjelma oli mielenkiintoinen, tämä oli uusiutunut omaan opiskeluaikaan verrattuna, kun olisikin ollut jo silloin käytössä". [Opettaja 58]

Neljä ala- ja yläkoulun opettajaa oppi **osallistuneisuudesta**. Kuvaavana kommenttina on:

"Muistui mieleen asioita omilta opiskeluajoilta, ja että mikä opiskelijoita kiinnostaa ja hämmästyttää." [Opettaja 34]

Neljänneksi tärkein opittu asia oli **merkityksellisyys**. Muuttujasta esimerkkinä kommentti:

"Pöpötesti oli uusi minulle. Opin, että jumppavesipulloa kannattaa pestä ja tyhjentää." [Opettaja 70]

Myös **ohjeiden selkeydestä** opittiin omaa työtä silmälläpitäen:

"Hyvin täsmälliset työohjeet säästävät aikaa ja vähentävät turhaa sähläystä." [Opettaja 33]

Muita opittuja asioita olivat **tutkiminen, materiaaliympäristö, vastuu omasta oppimisesta ja yhteistyö**.

Opettajilta toivottiin vielä avoimina kysymyksinä kehityskohteita laboratoriovierailulle. Näitä vastauksia ei sovitettu heterogeenisyyden vuoksi arviointityökaluihin.

Töitä toivoi lisää joko yleisesti tai tiettyyn aihealueeseen kytkettynä yhteensä 11 eri opettajaa (16% kysymykseen vastanneista). Ehdotuksia eri aihealueiden töistä tuli erityisesti yläkoulusta, mutta myös lukion ja ammatillisen koulutuksen puolelta. Ehdotukset olivat selkeitä aihealueita, kuten biokemiaa, sähkökemian ja metallien kemian. Yhteensä 6 opettajista (9%) toivoi tiettyyn aihealueeseen lisää töitä. Yleisesti lisää töitä ja työohjeita toivoi 5 opettajaa (7%). Yli puolet lisää töitä toivoneista oli yläkoulun opettajia.

Erityisesti yläkoulun opettajat toivoivat vierailuaikoja lisää tai joustavammin. Kaikilta asteilta tuli kuitenkin toiveita tähän kategoriaan ja vierailuaikojen järjestämiseen vastasikin 11 eri opettajaa (16% kysymykseen vastanneista). Lukion opettajat ovat ainoita, jotka eivät erikseen ole toivoneet enempää vierailuaikoja tai mahdollisuutta päästä käymään useammin. Yksi lukio-opettaja on kuitenkin toivonut joustavampia ja pidempiä vierailuaikoja.

Oppilaan ikään ja aiempaan osaamistasoon toivottiin myös paremmin sovellettuja töitä (14% kysymykseen vastanneista). Tarkemmin kuvailtiin töiden helpottamista alakoulun nuoremmille luokille, kun oppilaat eivät vielä osaa käyttää kunnolla

esimerkiksi vaakaa. Haastavampia tai tieteellisempiä töitä toivottiin puolestaan lukion oppilaille, jotka jo opiskelevat syventävillä lukion kursseilla ja janoavat tietoa oikeasta laboratoriotyöskentelystä.

Tiedonkulkuun ja Gadolinin mainontaan toivotaan kehittämistä erityisesti alakoulun puolelta. Tiedonkulku on välillä ollut hankalaa ohjaajan ja opettajan välillä ennen vierailua. Myös mainonta opettajille ja Kemian laitoksen nettisivut saivat kehittämistoiveita. Vain perusopetuksen piirissä toimivat opettajat ovat toivoneet tätä aluetta kehitettäväksi.

Ainoastaan yläkoulun ja lukion opettajat toivovat enemmän tutustumista laitokseen ja sen yksiköihin. Tämä on hyvin linjassa sen kanssa, että ainoastaan yläkoulun ja lukion opettajat pitivät yliopistoon ja kemian laitokseen tutustumista tärkeänä.

Yleistä kiitosta ja kehuja toiminnan hienoudesta tuli monelta opetusasteelta. Vierailukokemusta kuvattiin myös yleisesti positiivisena ja ohjaajia kiiteltiin. Yhteensä 24 eri opettajaa (77% kysymykseen vastanneista) nosti esille ainoastaan positiivista palautetta tässä vastauskentässä. Tästä esimerkkikommenttina:

“Parhaillaan vetäjien ja oppilaiden välillä on synkannut loistavasti. Oppilaat ovat kyselleet opiskelusta, opiskelijaelämästä sekä palkkauksesta. Eipä moni hesalaisnuori ole edes tiennyt mahtavasta Kumpulan campuksesta, kiitos!” [Opettaja 5]

Yläkoulun ja lukion opettajat kommentoivat vielä tässä kohtaa työn suorituksessa ilmenneitä epäkohtia ja lukio-opettajat ohjaajan kanssa olleita ongelmia. Yhteensä viisi opettajaa nosti esille näitä kehityskohteita muuta kohdassa.

Yläkoulun opettajista kaksi mainitsi vielä toiveen ohjaajan tarkemmasta esittäytymisestä ja yliopistomaailman esittelystä. Yhdistettynä edeltävään kysymykseen kehityskohteista yhteensä neljä eri henkilöä (5% kaikista kyselyn vastaajista) toivoi jossakin muodossa lisää yliopiston tai ohjaajan esittelyä. Tästä esimerkkikommenttina:

“Vierailu on aina ollut tarpeellinen. Opettaja-opiskelijat voisivat aluksi kertoa enemmänkin, kuinka kauan ovat opiskelleet, mitä opiskelevat, mihin toivovat sijoittuvansa, ym. Pieni laitoskierrros on myös mukava, vaikkakin vain jokin mielenkiintoinen kohde riittää. Mutta tulemme taas mielellämme :).” [Opettaja 3]

4.4 Yhteenveto

Kemianluokka Gadolin on fyysinen, sosiaalinen, tekninen, paikallinen ja didaktinen oppimisympäristö, eli kuuluu Manninen et al. (2007) oppimisympäristöjen jokaiseen osioon. Fyysisen Gadolinista tekee sen olemalla laboratoriotila. Sosiaalisen tekee yhdessä toimiminen ryhmässä. Teknisyys tulee opettajien tärkeäksi kokemasta materiaaliympäristöstä. Paikallisen Gadolinista tekee sen oleminen koulun ulkopuolinen oppimisympäristö. Lisäksi didaktisuus tulee opintokäyntien yhdistämisestä opetussuunnitelmaan ja oppimistavoitteisiin. Opetussuunnitelmaan kytkeminen on Orion & Hofstein (1991) mukaan tärkeä tekijä, sillä tällä tavoin saadaan sopiva teoria- sekä tietosisältö varmistettua, jonka havaittiin parantavan oppimista opintokäynneissä. Voidaan siis todeta, että Kemianluokka Gadolin on monipuolinen oppimisympäristö, joka tukee erilaisia toimintamuotoja oppimisprosessissa. Se myös kattaa kansallisten opetussuunnitelmien (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2005; Opetushallitus, 2015) asettamat vaatimukset.

Kemianluokka Gadolin on toiminnallisissa opintokäynneissä edellisten luokitteluiden mukaan myös non-formaali oppimisympäristö (Bjornavold, 2000; Goldman et al., 2013), jolla on monia informaaleja (Rogoff et al., 2003; Greenfield & Lave, 1982) muotoja toiminnassaan. Non-formaalin oppimisympäristön piirteitä ovat esimerkiksi koululuokan ulkopuolisuus, yliopistolaboratorio, ohjeet ovat sidottu kontekstiin (STS) ja arkipäivään, yliopisto-ohjaajat ohjaavat, monet työt tutkimuksellisia ja käytetään vertaisopetusta. Informaaleja toimintamuotoja ovat esimerkiksi kerhot, leirit ja tiedesyntymäpäivät.

Opettajille suunnatun tutkimuksen mukaan he arvostavat Gadolinissa eniten innostavaa, motivoivaa ja osallistavaa työskentelyä. Lisäksi materiaalit ja resurssit

joita omassa koulussa ei ole, koetaan erityisen tärkeänä. Muita kohteita joita opettajat arvostivat, ovat tietotekniikan käyttö, työohjeiden ja toiminnan merkityksellisyys, eriyttäminen, ohjeiden selkeys, sekä opettajan työn tukeminen. Nämä tekijät nousivat mielekkääksi oppimisympäristön muuttujiksi työohjetutkimuksen kehitysvaiheeseen. Monipuoliset resurssit, toimintamuodot ja sisällöt mahdollistavat didaktisen oppimisympäristön kehittämisen. Tekijöiden pohjalta rakennetaan oppimisympäristön arviointiin ja uusien työohjeiden kehittämiseksi työkalu. Työkalu esitellään luvussa 6.2.

Opettajille suunnattu tutkimus oli samalla myös Kemianluokka Gadolinin vierailukäyttökokemusten kuvaus kaikilla luokka-asteilla. Tutkimuksen päätavoitteena on didaktisen oppimisympäristön kehittäminen lukiotasolle. Tuloksista saadaan kokonaiskuva opettajien tiedeluokkakäytöstä jokaiselle luokka-asteelle. Tuloksista voidaan vertailla mitkä tekijät ovat tärkeitä kaikille opettajille ja mitkä ainoastaan lukion opettajille.

5 Uusien työohjeiden kehittäminen yritysysteistyönä

Tässä luvussa esitellään ensimmäinen kehittämistuotos, eli yhdeksän yritysysteistyönä kehitettyä työohjetta. Lisäksi kuvaillaan ja analysoidaan yhteistoiminnallisen kehittämisen prosessi sisällönanalyysimenetelmällä.

5.1 Johdanto

Teknologia-aiheisten opetuksen kontekstien kehittäminen voidaan katsoa lähteneen 50-60-luvun avaruusaikakaudesta, jossa luonnontieteiden ja teknologian opetusta pidettiin tärkeinä tulevien tiedemiesten ja -naisten kouluttamiseksi. Kehitys on jatkunut 70-luvun teollisuusaikakaudesta nykypäivän ympäristöasioihin. (kts. Stuckey et al., 2013.). Viime vuosina on siirrytty opetuksessa arkielämän esimerkkien suuntaan.

Tarveanalyysissä I tuli ilmi, että uusille merkityksellisille ja kontekstuaalisille työohjeille on tarve. Havaittiin, että lukioon suunnatut oppikirjojen työohjeet kaipaavat kehittämistä kontekstuaalisuuden osalta. Oppimisympäristö Kemianluokka Gadolin valittiin kehitysympäristöksi siksi, että sillä on resurssit toteuttaa mielekäs opintokäynti materiaaliympäristönsä sekä yliopistoresurssiensa vuoksi (Kappale 4.3) Samalla myös kehitetään tiedeluokkatoimintaa tutkimusperusteisesti. Työohjeiden kehittämisessä didaktinen oppimisympäristö on pääpainona. Hyvä kokeellinen työohje on esitetty Kappaleessa 4.2.2. Ensimmäisen kehittämisvaiheen työohjeita arvioidaan Tarveanalyysi I luoduilla kontekstuaalisuuden tasoilla ja teemojen kategorisoinneilla.

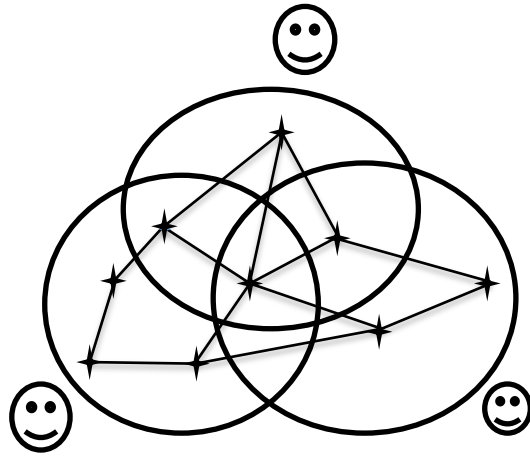
Kehittämisvaiheen tutkimuskysymyksinä ovat seuraavat:

TK4. Mitä haasteita yhteistoiminnallisessa kehittämisprosessissa esiintyy?

TK 5. Minkälaista kontekstuaalisuutta työohjeisiin saadaan yritysyhteistyöllä?

5.2 Yhteistoiminnallinen kehittäminen

Yhteisöllinen suunnittelu (collaborative design) on nykyajassa yleisesti käytetty muoto varsinkin erityisesti suurissa ja monimutkaisissa projekteissa, jotka vaativat monia eri alueen asiantuntijoita (Klein et al., 2006). Esimerkiksi yhden lentokoneen valmistamiseen tarvitaan tuhansia eri osa-alueiden ammattilaisia yhteisölliseen suunnitteluun. Yhteisöllisessä suunnittelussa kartoitetaan aluksi taustatiedot ja vaatimukset suunniteltavalle kohteelle. Prosessissa luodaan yhteinen suunnittelutila (design space). Klein et al. (2006) kuvailevat yhteistoiminnallista suunnittelua toimijoiden alitilojen (sub space) yhdistymisellä yhteiseksi suunnittelutilaksi (Kuva 6.).



Kuva 6. Yhteisöllisen suunnittelun mallikaavio (Klein et al. 2006).

Suunnittelutilan ei tarvitse olla fyysinen. Yhteisöllisessä suunnittelussa toimijat ovat kuitenkin riippuvaisia toisistaan, heidän panoksestaan ja aikatauluistaan. Suunnittelutuotos pyrkii iteroitumaan optimitulokseen (Klein et. al. 2006). Piirainen, Kolfschoten & Lukosch (2009) toivat esille kirjallisuusanalyysissään yhteistoiminnallisesta suunnittelusta elementtejä, jotka tulevat esille toiminnan aikana tai tulee ottaa prosessissa huomioon. Nämä ovat:

- 1) yhteisymmärryksen luominen toimijoiden välille
- 2) hyvän laatutuloksen saavuttaminen
- 3) täsmällisyyden ja oleellisuuksien tasapainottaminen prosessissa
- 4) kommunikaation ylläpitäminen tekijöiden kesken
- 5) lopputuotteen omistamisen varmistaminen

Toimijoiden ollessa yhteisymmärryksessä ja luottaen toisiinsa, kehittäminen on laadukasta. Tämä pätee myös toisin päin. Ilman yhteisymmärrystä ja luottamusta kehittäminen on heikkolaatuista. Jos kehittäjät ovat noviiseja, he tarvitsevat enemmän ohjausta ja yksityiskohtaisempia ohjeita. (Chao, Saj & Hamilton 2010)

5.3 Kehittämisprosessin kuvaus

Tutkimushankkeen kehittämisvaiheessa kehitettiin yhteistoiminnallisesti Kemianluokka Gadolinissa Helsingin yliopiston Kemian opettajankoulutusyksikön ja Suomen kemianteollisuuden yritysten kanssa uusia työohjeita oppilaslaboratorioon. Kehitystyö alkoi keväällä 2013 ja jatkui testausvaiheena Gadolinissa vierailevien oppilasryhmien kanssa vuodesta 2013 eteenpäin.

Työohjeiden ensimmäiset versiot kehitettiin yksikön Kokeellisuus kemian opetuksessa II –kurssilla aikavälillä tammikuu – toukokuu 2013. Kurssi oli suunnattu maisterivaiheen kemianopettajaksi opiskeleville. Kurssilla oli yhteensä kymmenen opiskelijaa. Kehittämisprosessia vei eteenpäin tutkimusta suorittanut tutkija. Opiskelijat valittiin kehittäjiksi sen vuoksi, että he samalla oppisivat työohjeiden kehittämistä tulevaisuuden ammattiaan varten. Samalla he oppivat yritysyhteistyön tekemisestä. Lisäksi opiskelijat ovat valmistumisen jälkeen mahdollisesti tiedeluokan käyttäjiä omien oppilaidensa kanssa. Kehittäjät opiskelijoina muistavat myös lähellä olevan ajan omista lukiokokemuksistaan.

Opiskelijat ja yrityksen asiantuntija suorittivat kehitystyön yhteistoiminnallisesti. Yrityksen henkilö oli tieteenalueensa ja teollisuuden asiantuntija. Asiantuntija oli joko tutkija tai muuhun henkilökuntaan kuuluva. Jokainen yritys edusti asiantuntijuutta omasta alastaan, esimerkiksi AGA:lla olivat kaasut, Borealiksella muovit ja Brukerilla spektroskopian analyysivälineistö.

Kehitystyössä mukana olleet kemianteollisuuden yritykset olivat: 3M, Aga, Borealis, Bruker, Kemira, Laskentaväline, Neste Oil, Metrohm ja UPM. Työohjeita kehitettiin aikavälillä tammikuu-toukokuu 2013 yhteensä yhdeksän kappaletta, jokaisen yrityksen kanssa kehitettiin yksi työohjekokonaisuus.

Opiskelijat olivat aluksi kahdenkeskisessä yhteydessä asiantuntijan kanssa, jossa he suunnittelivat yhdessä työn teeman, joka sopi yrityksen sisältöalaan. Tapaaminen oli

joko yrityksen tiloissa, yliopiston tiloissa tai puhelinkeskustelu. Yrityksen asiantuntijaa oli pyydetty ennen tapaamista miettimään mahdollisia työohjeen aiheita, jotka edustavat heidän yrityksensä osaamisaluetta.

Työohjeiden kehittämisessä annettiin sekä tutkimus- että tarveanalyysiperustaisesti seuraavat ohjeet:

1. Työohjeet tulisivat olla kontekstuaalisia (Gilbert 2006, Aikenhead 1994), sillä Tarveanalyysissä I havaittiin tarve kontekstuaalisten työohjeiden kehittämiseksi.
2. Työohjeissa tulisi olla valmistava osa, toteutusosa ja reflektointiosa (Hodson 1994; Orion & Hofstein 1991, Loukomies et al. 2006), sillä Tarveanalyysi II:n teoriaosassa tuotiin esille, että opintokäyntien didaktisen vaikutuksen parantamiseksi, työohjeen on tuettava etukäteistoimintaa ja koontia.
3. Työohjeissa tulisi käyttää modernia laboratoriotekniikkaa jos mahdollista (Dorman et al. 2006, Wong et al. 1997, Wong & Fraser 1991), sillä Tarveanalyysi II:n teoriaosassa tuotiin esille, että non-formaaleissa oppimisympäristöissä voidaan harjoitella tutkijana olemista modernissa ja autenttisessa ympäristössä.
4. Työohjeiden tulisi olla kestävän kehityksen mukaisia (Opetushallitus 2003). Tällä ohjeella pyrittiin vähentämään jätteen määrää, sekä tuomaan teemoja kestävän kemian opetuksesta
5. Työohjeiden tulisi olla kansallisen opetussuunnitelman mukaisia (Opetushallitus 2003), sillä Tarveanalyysi II:n teoriaosassa tuotiin esille, että koulun ulkopuolisissa non-formaaleissa oppimisympäristöissä opitaan opetussuunnitelman mukaisia sisältötietoja muiden osa-alueiden lisäksi.

Opiskelijan ja asiantuntijan tapaamisen jälkeen opiskelijat olivat pääasiallisesti sähköpostiyhteydessä asiantuntijoiden kanssa. Opiskelijat keskustelivat yritystapaamisen jälkeen kehittämisprojektia vetäneen tutkijan kanssa. Tässä he keskustelivat ja suunnittelivat työohjeen yksityiskohdista tarkemmin. Tällä interventiolla pyrittiin pitämään huoli siitä, että kehittämiseen annetut ohjeet toteutuisivat.

Opiskelijat testasivat työt oppimisympäristö Kemianluokka Gadolinissa. He myös esittelivät kehittämänsä työt toisilleen ja saivat toisiltaan palautetta, jonka perusteella viimeistelivät töitä. Projektia vetänyt tutkija sekä kurssin opettaja auttoivat tarvittaessa työn teoriassa ja kontekstuaalisessa sisällössä.

5.4 Tulokset

5.4.1 Kehitettyjen työohjeiden analysointi

Kehitettyt työohjeet analysoitiin Tarveanalyysi I:ssa luodussa kontekstuaalisuuden kolmella tasolla. Lisäksi työohjeet sijoitettiin viiteen aihepiiriin, jotka määriteltiin tarveanalyysissä I. Kehitettyt työohjeet on esitelty Taulukossa 15. Liitteeseen I on esimerkkinä valittu yksi kehitetyistä työohjeista. Esimerkkinä on tutkimuksellinen työ ”Ongelmia sellutehtaalla”. Työohje on kontekstuaalinen työ kraft-ligniiniin liittyen. Se sisältää sekä etukäteis- että jälkikääteistehtävät.

Taulukko. 15. Yritysyhteistyössä kehitettyjen töiden kontekstuaalisuustasot (0-II), sisällöt ja kategoriat.

Työn nimi	Yhteistyö-taho	Taso	Sisältöalueet	Kategoriat
1. Mitä piilee talousvedessä?	Metrohm	II	- Ionit - Liuos - Veden laatu - Kromatografia (IC)	1. Ympäristö ja luonto 2. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 3. Ihmisen biologia ja terveys 4. Kotitalous
2. Liian taipuisa muovi	Borealis	II	- Polymeeri - Muovilaadut - Spektroskopia (IR)	1. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 2. Kotitalous
3. Ongelmia sellutehtaalla	UPM	II	- Paperin valmistus - Hapot ja emäkset	1. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto
4. Kloorijäämät vedessä	Kemira	II	- Veden laatu - Kompleksointi - Spektroskopia (Vis)	1. Ympäristö ja luonto 2. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 3. Ihmisen biologia ja terveys 4. Kotitalous
5. Suolapitoisuuden määrittäminen	Laskenta-väline	I	- Liuos - Ionit - Veden johtokyky - Mittausautomaatio	1. Ympäristö ja luonto 2. Kotitalous
6. Biodiesel	Neste Oil	II	- Orgaaninen synteesi	1. Ympäristö ja luonto 2. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 3. Kotitalous
7. Limsan sokeripitoisuus	Bruker	II	- Liuos - Liukoisuus - Laadunvarmistus	1. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 2. Kotitalous

8. Kolibakteeria tutkimassa	3M	II	- Mikrobiologia - Hygienia - Indikaattorit	1. Ympäristö ja luonto 2. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 3. Ihmisen biologia ja terveys 4. Kotitalous
9. Veden kovuus	Aga	II	- Kaasut - Veden kovuus - Happamuus - Kaasujen liukoisuus veteen - Mittausautomaatio	1. Ympäristö ja luonto 2. Teollisuus, tekniikka ja tuotanto 3. Ihmisen biologia ja terveys 4. Kotitalous

Tarkasteltaessa työohjeita havaitaan, että kaikki työohjeet olivat kontekstuaalisia. Ainoastaan työ ”Suolapitoisuuden määrittäminen” oli kontekstuaalisuuden tasoa I, muut työt olivat kontekstuaalisuustasoa II.

Suurin osa työohjeista oli monipuolisia kontekstuaalisuudessaan ja kuuluivat 3-4 eri kontekstuaalisuussisällön pääkategoriaan. Vertailtaessa tarveanalyysissä I muodostettuihin kontekstuaalisuuden pääkategorioihin kahdeksan työtä yhdeksästä (89%) kuului osioon ”Teollisuus, tekniikka ja tuotanto”. Kahdeksantyytä (89%) myös kuului kategoriaan ” Ympäristö ja luonto”. Kuusi työtä (67%) kuului kategoriaan ” Ympäristö ja luonto” ja neljä työtä (44%) kategoriaan ”Ihmisen biologia ja terveys”.

Jokaiseen työhön kuului valmistava osa, toteutusosa ja reflektointiosa. Kahdeksassa työssä (89%) käytettiin modernia laboratoriotekniikkaa. Kahdessa työssä tulee talteen kerättäviä jätteitä. Missään töissä ei käytetty myrkyllisiä kemikaaleja.

Kehitetyt työohjeet löytyvät Kemianluokka Gadolinin työohjepankista (ks. <http://www.kemianluokka.fi>)

5.4.2 Kehittämisprosessin analysointi

Kehittämisprosessin aikana kerättiin tutkimusaineistoa kehittämistyöstä. Kurssin lopussa pidettiin ryhmähaastattelu, joka analysoitiin. Ryhmähaastattelussa oli kuusi (N=6) kymmenen hengen ryhmästä. Tuen tarve ja haasteet jaoteltiin aineistolähtöisesti seuraavasti:

1. Alun vaikeus
2. Epävarmuuden sieto
3. Työn määrä ei lopulta ollut niin suuri kuin aluksi kuvitteli
4. Kehittäminen oli toisille työläämpää kuin toisille
5. Kehittäminen oli opettavaista
6. Kehittäminen helpompaa, jos oli etukäteen tuttua
7. Yhteistyöhenkilön tuki oli tärkeää
8. Yhteistyöhenkilön tavoitettavuus oli haaste
9. Kokeellisen työn toimiminen oli haaste

Alun vaikeus, kun ei tiedä mitä on tulossa, oli vahvasti kehittäjien mukaan läsnä. Uusi työtehtävä ja siihen ryhtyminen koettiin kynnyksenä, johon liittyi myös muutosvastarintaa. Tämä nähtiin vasta kehittämisprosessin lopussa. **Epävarmuuden sieto** liittyi alun vaikeuteen ja prosessiin ryhtymiseen. Kuvaavia kommentteja olivat seuraavat:

“Sitä olis kyllä ehkä pitänyt tuoda enemmän esille, mitä siinä oikeesti sitten tehdään... Ei se työmäärä sitten loppujen lopuksi niin valtava oo” [Mies 1]

“mun mielestä se oli tosi hankala, just se... Mä nään jälkeenpäin, kun mä aattelen niin... Jos se ois jotenkin ollut se alku jotenkin selkeämpi niin paljon vähemmällä vaivalla olis” [Nainen 1]

“Mutta mä oon aina sitä, että muutosvastarintahan on semmosen ihmiselämään kuuluva” [Nainen 2]

“Se semmonen niinku paineensieto ja epävarmuuden sieto, niin se on mulle niinku... Mua ärsyttää, jos sit on joku hirvee, ettei tiedä mikä tää nyt oikeestaan on. Että se lisää niinku sitä tunnetta siitä työmäärästä aika paljon.” [Nainen 1]

“Esiteltiin vähän sellasena uutena ja kokeiluna ja semmosta niin sit ihmisille tuli sellainen olo, että mitä tämä oikeen on” [Mies 1]

Opiskelijat ymmärsivät, että **jälkikäteen työmäärä ei ollut niin suurta kuin luuli.** Esimerkkikommenttina:

“Se työmäärä ei ollu kuitenkaan ihan järkyttävä, mutta se, että kun ei oikein tiennyt, mitä tämän tulemaan pitää” [Nainen 1]

Opiskelijoita **helpotti, jos kehittäminen oli etukäteen tuttua.** Helpotti jos tiesi etukäteen mitä olisi tulossa ja omasi toimintamalleja. Esimerkkikommenttina:

“mä oon joskus aikaisemmin jotakin semmosta prosessia joutunut tekemään tietotekniikan opinnoissa, jossa suunniteltiin jotakin juttua. Ja mä niinku siihen vertasin tätä, että kun siinä jouduttiin tekemään jotain protoa ja sit sitä niinku iterointia, kun sitä pitää aina niinku iteroida sitä protoa.” [Nainen 2]

Osa opiskelijoista piti kehittämistä **opettavaisena.** Myös itse oppimisprosessia pidettiin antoisana. Esimerkkikommenttina:

“mä yritin kovaa miettiä, että miten tää liittyy sinne opettajan arkeen, että kyllähän sielläkin kun menee niin pitää suunnitella ainakin ensimmäisenä vuonna aika paljon. Ja varmaan toisenakin....Mä ainakin yritin ottaa sen oppimiskokemuksena.” [Nainen 2]

Kehittämistä pidettiin myös **työläänä.** Kehitystyössä joutui prosessoimaan tietoa uudella tavalla. Esimerkkikommenttina:

“Ehkä sillai teknisesti ajatellen, et se mikä musta oli kaikista ehkä työläintä oli se, että kun tän mun yhteistyöfirman kanssa niin oli se, että sieltä tuli hirvee määrä englanninkielisiä työohjeita tiedostona ja sit piti lähteä niitä availeen ja ei yhtään niinku osannu niistä tulkinta, että mihin ne liittyy.” [Nainen 2]

Yhteistyöhenkilön tuki oli tärkeää opiskelijoiden mielestä. Samalla pohdittiin yhteistyön määrän astetta asiantuntijan kanssa. Asiantuntijaa olisi tarvittu enemmän läsnä olevaksi testauksen aikana. Lisäksi koettiin **yhteistyöhenkilön tavoitettavuus haasteeksi**.

Esimerkkikommentteina:

“Mä oisin kaivannut enemmän sitä yhteistyötä kumppanilta, että hän ei ois niinku heittänyt niitä hanskoja mulle, vaan mä oisin nimenomaan kaivannut, että hän olis ollut niinku se joka on asiantuntija ja kertoo.” [Nainen 1]

“tietenkin jos se nyt oikeesti tulis tuonne labraan, niin sithän ne ongelmat varmaan ratkeis vähän niinku nopeemmin kuin silleen, että mä laitan sähköpostia ja se on jossakin viikon sairauslomalla tai viikon pois täältä ja tälleen, että siinä tulee niinku tämmösiä käytännön ongelmia. Jos se ois oikeesti tuolla labrassa kehittämässä, niin se varmaan ois huomattavasti hedelmällisempää, sitte... Ei silleen sähköpostilla kysyä sitä ja tätä...” [Mies 3]

“Kyllä mä mielestäni hyvinkin sen saman sähköpostiosoitteen olin kirjoittanut mitä hän silloin anto, mutta en mä oo saanu mitään vastausta siihen.” [Mies 2]

Työn toimivuus oli haaste, joidenkin oppilaiden mielestä. Samalla tuli esille, että työohjeen tekeminen koettiin mielekkääksi. Esimerkkikommentteina:

“Ylimäärästä ahistusta, kun se ei näytäkään toimivan, mutta. Se, että se tehdään jonkun yrityksen kanssa konkreettinen työ, joka ei oo niinku pelkkää teoriaa, niin se tuo lisäarvoa tälle työn tekemiselle huomattavasti, ainakin mun mielestä...” [Mies 3]

“Mun mielestä työohjeen kirjoittaminen oli tosi helppoa... Mutta haasteena ehkä saada toimimaan se...” [Nainen 1]

5.5 Yhteenveto

Uudet yritysysteistyössä kehitetyt kontekstuaaliset työohjeet sisälsivät pääasiallisesti tason II kontekstuaalisuutta. Kontekstuaalisuuden teemat olivat monipuolisia ja liittyivät useampaan kategoriaan.

Yhteistoimintaan liittyvät haasteet kuvastivat prosessin aikana aiemman tutkimuksen mukaisia osa-alueita. Suurin osa ryhmähaastattelun kommenteista liittyi tuen tarpeeseen kehitysprosessin aikana. Opiskelijat vasta harjoittelivat työohjeiden laatimista. Uuden ja tuntemattoman työn aloittaminen pidettiin suurimpana haasteena. Kehitystyössä toivottiin tukea ja asiantuntijan läsnäoloa.

Asiantuntijan ja ohjaajan tavoitettavuus olivat kehittäjille tärkeitä tekijöitä. Tavoittamattomuutta pidettiin negatiivisena asiana. Yhteisymmärrys toimijoiden välillä saavutettiin työn aluksi, mutta sen toivottiin jatkuvan koko prosessin aikana.

Työohjeet arvioitiin niiden kontekstuaalisen sisällön kautta. Kehittämisprosessin tärkein tavoite oli kehittää uusia kontekstuaalisia työohjeita yritysysteistyössä. Tarveanalyysissä I luodun arviointityökalun mukaisesti kahdeksan yhdeksästä työohjeesta oli tason II kontekstuaalinen. Lisäksi töiden sisällöt kuuluivat enemmän kuin yhteen sisältöalueeseen. Tämä kertoo ohjeiden monipuolisesta merkityksellisyydestä. Työohjeiden aihesisällöt myös kuvastivat yritysten toimialaa.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä luvussa johtopäätökset ja pohdinta suoritetaan tutkimuskysymysten kautta.

6.1 Kontekstuaalisuus kemian oppikirjojen työohjeissa ja niiden kehittämistarve

Uusien työohjeiden kehittämisen tarpeellisuudelle tutkittiin kemian lukio-oppikirjojen työohjeiden kontekstuaalisia sisältöjä tarkemmin. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä (TK1.) oli: *”Minkälaista kontekstuaalisuutta ja teemoja lukion kokeellisista työohjeista löytyy tällä hetkellä?”*. Lukion oppikirjojen työohjeiden (N=160) STS- sisältö analysoitiin sisällönanalyysimenetelmällä viidestätoista kemian oppikirjasta. Havaittiin, että sisältö jakaantui miltei tasan kolmeen tasoon: (0) ei kontekstuaalisuutta, (I) epäsuoria kontekstuaalisia viittauksia ja (II) kontekstuaaliset työohjeet. Yli kolmannes laboratoriotyöohjeista (37.5%) ei sisältänyt minkäänlaista kontekstia (Taso 0).

Tulosten luotettavuutta arvioitiin luokittelussa tasoihin 0-II. Luotettavuuden tarkasteluun käytettiin kappa-analyysiä, joka on rinnakkaisarviointiin perustuva menetelmä. Kappa-arvoksi saatiin 0.85, joka kuvastaa luokittelun korkeaa luotettavuutta.

Jaottelussa oli sovellettu Aikenheadin (1994) kahdeksan portaan STS-sisällön mallia. Sovellettaessa havaittiin, että kahdeksanportainen asteikko ei ollut paras mahdollinen, työohjeiden kontekstuaalisuuden tason vaihtelevuuden vuoksi. Kontekstuaalisuutta ei voitu selkeästi suoraan prosentuaalisesti arvottaa STS-sisällön ja teorian suhteen Aikenheadin malliin. Tämän vuoksi kahdeksanportaista asteikkoa ei sellaisenaan voitu käyttää, sillä Aikenheadin ajatuksena on ylimmillä portailla Gilbertin (2006) tasojen 2, 3 ja 4 olevan läsnä. Nämä tasot puuttuivat aineistosta lähes kokonaan. Näin ollen kategorisointi yksinkertaistettiin kolmeen tasoon 0, I ja II.

Luotettavuuden kannalta on myös huomioitavaa, että opettajat käyttävät opetuksessa materiaaleja myös oppikirjojen ulkopuolelta sekä opettajat muokkaavat ohjeita omannäköisiksi. Lisäksi opetustilanteessa tapahtuva puhe tuo mukanaan sisältöjä, sekä kontekstia. Nämä rajattiin tutkimuksesta ulos, sillä haluttiin keskittyä yleisesti ja laajemmin valtakunnalliseen kemian opetukseen.

Tutkittaessa lukion oppikirjoja ja sovellettaessa työohjeita Gilbertin (2006) neljän kontekstuaalisuuden tason malliin havaittiin, että työohjeet ovat suurimmilta osin Gilbertin ensimmäistä kontekstuaalisuuden tasoa. Korkeamman tason tehtäviä, eli avoimia tai tutkimuksellisia työohjeita oli yhdeksän (6%).

Kontekstuaalisuus jakautui hyvin voimakkaasti kotitalouden piiriin. Tulosten luotettavuustarkastelussa tämä voidaan selittää raaka-aineiden ja materiaalien helposta saatavuudesta. Lisäksi ne ovat turvallisia ja halpoja. Toisaalta tämä tarkoittaa myös sitä, että kontekstuaalisuutta on painotettu liikaa yhteen arkielämän osaan ja muut jääneet vähemmälle. Tässä tiedeluokka monipuolisena materiaaliympäristönä tarjoaa laajemmin vaihtoehtoja kontekstuaaliselle sisällölle.

Työohjeiden sisältöjen kontekstuaalisuuden tasoista ja kategorioihin jakautumisesta (Stuckey et al. 2013) merkityksellisyystasoihin huomataan, että painopiste on suurelta osalta henkilökohtaisella tasolla. Tason 0 työohjeet tähtäävät kurssin teoriasisällön osaamiseen tai välineiden käytön harjoitteluun ja niiden voidaan ajatella olevan henkilökohtaista tasoa. Suurimmassa aihepiirissä, eli Kotitalous - kategoriassa olevat aihealueet ovat myös hyvin pitkälle henkilökohtaista tasoa, eikä niissä ole juurikaan työohjeita, joissa on yhteiskunnallista tai työelämäulottuvuutta. Yhteiskunnallista ulottuvuutta löytyi ympäristönsuojelullisista teemoista. Työelämäulottuvuutta löytyi esimerkiksi kemianteollisuus-, maatalous- ja lääketiedeaihealueista. Kokeellisissa töissä läsnäoleva kemistin kädentaitojen harjoittelu laboratoriossa jätettiin huomioimatta, sillä haluttiin selvittää mihin kontekstiin kokeellinen työskentely on sidottu.

Tutkimustulosten mukaan havaitaan, että työohjeiden kontekstuaalisuuden ja merkityksellisuuden monipuolistamiselle on tarvetta. Verrattuna ROSE-tutkimuksen (Lavonen et al., 2005) tuloksiin nuorten kiinnostus päätöksenteosta, vaikutusmahdollisuuksista, muiden ihmisten auttamisesta ja itsensä kehittämisestä uupui työohjeista. Kontekstuaalisuus ei ole itsestäänselvyys tämän hetken materiaaleissa. Myöskään tieteen luonne ja korkeamman ajattelun tasot eivät ole läsnä. Tutkimuksellisuus opettaa oppilaita ajattelemaan kuten tiedemiehet (Anastopoulou, 2012; Edelson et al., 1999), antaa mahdollisuuden tehdä oikeaa tiedettä (de Jong, 2006), sekä rohkaisee tieteelliseen keskusteluun (Grandy & Duschl, 2007). Tuloksista syntyy uusien työohjeiden tarve kontekstuaalisten sisältöjen osalle, kehitettäessä erityisesti didaktista oppimisympäristöä lukio-opetukseen.

Kansainvälisestä kirjallisuudesta ei löydy suoraa vertailukohtaa tämän kaltaisesta tutkimuksesta, jossa keskitytään kemian oppikirjojen työohjeiden kontekstuaaliin sisältöihin. Voidaan kuitenkin todeta, että kontekstuaalista lähestymistapaa kehitetään ulkomailla. Kehittämisessä on otettava huomioon henkilökohtaisen tason lisäksi, myös yhteiskunnallinen sekä teknologia- ja työelämätaso huomioon, kuten STS-lähestymistapaan kuuluu.

6.2 Mielekäs didaktinen oppimisympäristö kemian toiminnallisessa opettamisessa

Luvussa 2.1 määriteltiin mielekäs oppimisympäristö kirjallisuuden perusteella. Mielekkäällä oppimisympäristöllä tarkoitettiin tässä kehittämistutkimuksessa (1) monimuotoista oppimisympäristöä, (2) merkityksellistä oppimisympäristöä, sekä Novakin (2002) määritelmää (3) mielekkään oppimisen oppimisympäristöstä. Monimuotoisuuden määritelmäksi otettiin Manninen et. al. (2007) jakoa oppimisympäristöistä viiteen erilaiseen luokkaan: fyysinen, sosiaalinen, tekninen, paikallinen ja didaktinen. Merkityksellisellä oppimisympäristöllä tarkoitettiin Stuckey et al. (2013) mukaisesti oppimistilanteiden kontekstuaalisia sisältöjä (kts.

Tarveanalyysi I), joilla on yhteys arkielämään: henkilökohtaisella, yhteiskunnallisella ja työelämätasolla. Tähän kuuluu myös oppimisympäristön opiskelussa etenemisen tukemista kansallisen opetussuunnitelman mukaisesti. Novakin (2002) mukaan mielekäs oppiminen tukee oppilaan itsenäistä kykyä oppia uutta. Non-formaali oppiminen on havaittu nostavan oppilaan itsevarmuutta oppimistilanteissa (Tolppanen & Aksela, 2013). Non-formaaleilla oppimisympäristöillä on myös huomattu parantavaa vaikutusta oppilaiden asenteisiin ja motivaatioon (Pedretti, 2002). Lisäksi non-formaalissa oppimisessa oppilaat ymmärtävät yhteyksiä arkielämän ja tieteen välillä. (Goldman, 2013).

Toisena tutkimuskysymyksenä (TK2.) oli ”Mitkä tekijät ovat keskeisiä kemian oppimisympäristössä Kemianluokka Gadolinissa vierailleiden kemian opettajien mielestä?”.

Yleisesti opettajat käyttivät tiedeluokkavierailua (1) kemian opiskeluun innostamiseen, (2) vaihtelun saamisen opetukseen, (3) pääsemään tekemään töitä, joita ei voi tehdä koulussa, (4) saamaan uutta tietoa ja uusia näkökulmia, (5) käyttämään uutta laitetta, (6) tutustumiseen kemian laitokseen, (7) tutustumiseen Kumpulan kampukseen, (8) saamaan tietoa kemian alan opiskelusta, (9) tutustumaan kemian alan työmahdollisuuksiin ja (10) tehdä molekyylihallinnusta. Lukiotasolla tiedeluokan käyttö oli painottunut alempia luokkatasoja enemmän kemian jatko-opiskelumahdollisuuksiin ja molekyylihallinnukseen.

Opettajien avointen kysymysten vastauksia vertailtiin oppimisympäristön arviointi-instrumentteihin CLES, OBLEQ, CLEI ja TROFLEI. Havaittiin, että ne mukailivat näiden instrumenttien muuttujia hyvin tarkasti. He arvostavat Gadolinissa eniten innostavaa, motivoivaa ja osallistavaa työskentelyä, eli (1) osallistuneisuutta. Lisäksi (2) materiaaliympäristö koetaan erityisen tärkeänä. Muita kohteita joita opettajat arvostivat, ovat (3) tietotekniikka, (4) työohjeiden ja toiminnan merkityksellisyys, (5) eriyttäminen, sekä (6) ohjeiden selkeys. Kysymyksissä painotettiin vierailukokemuksia.

Tuloksia tarkasteltaessa havaittiin, että Kemianluokka Gadolin kuuluu Manninen et al. (2007) luettelemiin oppimisympäristöluokitteluihin. Fyysisen oppimisympäristön Gadolinista tekee sen olemalla konkreettinen laboratoriotila, sen tietotekniikkaan soveltuvat tilat ja sekä muut toimintaan soveltuvat tilat. Tässä tutkimuksessa opettajat pitivät yliopiston tiloja ja kampusympäristöä tärkeänä osana vierailua. Sosiaalisen oppimisympäristön tekee yhdessä toimiminen koululuokan kanssa tai pienemmissä ryhmissä, sekä sen erityistarpeet huomioonottavana. Tutkimuksessa havaittiin, että opettajat pitivät oppilasryhmän huomioon ottamista osana vierailua hyvänä. Teknisen oppimisympäristön tekee Kemianluokka Gadolinin monipuolinen materiaaliympäristö olemalla yliopistotason laboratorio, sekä kaikki mahdolliset kampuksen tuomat fasilitetit. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että opettajat kokivat tämän yhtenä tärkeimpänä. Paikallisen oppimisympäristön Gadolinista tekee sen oleminen koulun ulkopuolinen oppimisympäristö. Uusissa opetussuunnitelmissa paikallinen oppimisympäristö on painotettu. Didaktisen oppimisympäristön Kemianluokka Gadolinista tekee käytetyt sisällöt, jotka tukevat oppimisprosessia ja yhdistävät opintokäynnit opetussuunnitelmaan. Opettajat pitivät opetussuunnitelmaan kytkemisen erittäin tärkeänä asiana. Opetussuunnitelmaan kytkeminen on myös Orionin ja Hofsteinin (1991) mukaan tärkeä tekijä, sillä tällä tavoin saadaan sopiva teoria- sekä tietosisältö varmistettua, jonka havaittiin parantavan sisältöoppimista opintokäynneissä. Tämän perusteella voidaan todeta, että Kemianluokka Gadolin on monipuolinen oppimisympäristö, joka tukee erilaisia toimintamuotoja ja hyödyntää erilaisia oppimisympäristöjä oppimisprosesseissa. Tämän voidaan sanoa olevan yleisesti mielekkään kemian kokeellisen didaktisen oppimisympäristön ominaisuus.

Kemianluokka Gadolin kattaa kansallisten opetussuunnitelmien (Opetushallitus, 2004; Opetushallitus, 2005; Opetushallitus, 2015) asettamat vaatimukset luokkahuoneen ulkopuolisille oppimisympäristöille. Toiminnan maksuttomuus ja opettajien vastauksista ilmennyt kohtuullinen ajankäyttö vierailua suunnitellessa kertoo opintokäynnin saavutettavuudesta. Hyvä kommunikaatio on opettajille tärkeää.

Gadolin on toiminnallisissa opintokäynneissä non-formaali oppimisympäristö (Bjornavold 2000; Goldman et al., 2013), jolla on myös monia informaaleja (Rogoff, 2003; Greenfield & Lave, 1982) toimintamuotoja, esimerkiksi kerhot, leirit ja tiedesyntymäpäivät. Non-formaalia oppimisympäristöä tukevat esimerkiksi koululuokan ulkopuolisuus, yliopistolaboratorio, ohjeet ovat sidottu kontekstiin (STS) ja arkipäivään, yliopisto-ohjaajat ohjaavat, monet työt tutkimuksellisia, vertaisopetus jne. Kemianluokka Gadolinissa kokeellinen työskentely on tavoitteellista, tarkoituksenmukaista ja strukturoitua (Hodson, 1994).

Tulosten luotettavuutta opettajien avointen kysymysten vastauksissa arvioitiin Kappa-analyysillä. Vastaukset oli jaoteltu oppimisympäristön arviointiin käytettyjen muuttujien mukaisesti. Kysyttäessä mikä oli ”parasta vierailussa”, kappa-arvoksi saatiin 0,96. ja ”mitä opit vierailusta” kappa-arvona oli 0,84. Tämä kuvastaa jaottelun korkeaa luotettavuutta. Opettajat pitivät parhaimpina osallistuneisuutta, materiaaliympäristöä ja merkityksellisyyttä. Vierailusta oppimisessa tuli esille voimakkaimmin opettajan työn tukeminen. Avoimet kysymykset voidaan mieltää opettajilta saatuun yleiseen palautteeseen vierailusta, mutta samalla opettajat ilmaisivat tekijöitä, joita pitävät oppimisympäristössä tärkeimpinä. Muissa avoimissa kysymyksissä oppimisympäristöihin liittyviä arviointitrendejä ei havaittu, joten ne jätettiin luokittelematta. Vierailun kehittämiseen liittyvät vastaukset liittyivät yleiseen järjestelyyn, kommunikaatioon ja ohjaajien toimintaan vierailun aikana. Lisäksi toivottiin lisää kokeellisia töitä. Vapaassa palautteessa opettajat lähinnä kiittivät vierailusta ja lupasivat tulla uudelleen.

Muita tärkeitä kehityskohteita uusiin työohjeisiin tuli esille opettajien vastauksista. Vierailuihin toivottiin selkeitä etukäteistehtäviä. Tämä tukee Orly & Tal (2012), Loukomies et al. (2006) ja Orion & Hofstein (1991) kanssa hyvälle valmistautumiselle opintokäyntiä varten. Loukomies et al. (2006) ja Orion & Hofstein (1991) painottavat myös vierailun jälkeistä toimintaa. Tämä osa-alue on tärkeä työohjeiden jatkokehittämisessä.

6.3 Kokeellisen työskentelyn oppimisympäristön kehittäminen

Mielekkään oppimisympäristön kehittäminen pyrkii mielekkäisiin didaktisiin lähestymistapoihin (esim. Novak 2002, Ausubel 1960, Manninen et al. 2007). Mielekäs oppimisympäristö on monipuolinen ja vastaa oppimisympäristön käyttäjien tarpeeseen. Didaktinen oppimisympäristö on oppimista tukeva ympäristö ja siinä tulee ottaa huomioon Manninen et al. (2007) mukaan muutkin oppimisympäristöt, kuten luvussa 4.2.1 esiteltiin. Esimerkiksi huomioon tulisi ottaa materiaaliympäristö, fyysisen ja paikallisuuden oppimisympäristön tuoma lisäarvo, kuten tässä yhteydessä yliopistotilat ja tutkimuksen mahdollisuudet. Lisäksi oppimisympäristön erityispiirteet tulisi ottaa huomioon työkalua kehitettäessä. Esimerkiksi Kemianluokka Gadolin on non-formaalioppimisympäristö, jossa tutkimuksellisuuden ja tieteen luonteen läsnäolo on olennainen osa.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä (TK3.) oli: *“Mitä oppimisympäristön arviointityökalujen muuttujista käytetään uusien kontekstuaalisten työ-ohjeiden käytännön arvioimiseen ja kehittämiseen?”* Opettajien vastausten ja kirjallisuuden pohjalta rakennettiin valmiina olevien instrumenttien pohjalta uusien työohjeiden jatkokehittämisen osalle seuraavasti:

1. Osallistuneisuus (toiminnallisuus ja motivaatio)
2. Oppilaiden välinen yhteistyö
3. Materiaaliympäristö (Laboratorio välineet, joita ei koulusta löydy)
4. Merkityksellisyys (henkilökohtainen-, yhteiskunnallinen- ja työelämätaaso)
5. Tutkiminen (tutkimuksellisuus)
6. Tietotekniikan käyttö (TVT:n sisällyttäminen, välineet ja tiedonhaku)
7. Opettajan työn tukeminen (uusia toteutustapoja, aikaa tutustua omiin oppilaisiin)
8. Ohjeiden selkeys

Opettajien vastauksista saatu "eriyttäminen" on sisällytetty osallistuneisuuteen, sillä Gadolinissa vierailevat ryhmät ovat heterogeenisiä ja tiedeluokan ohjaajille uusia, eikä heillä ole opettajan didaktista historiaa oppilaiden kanna. Tarkemmat tiedot oppilaiden yksilöllisestä erilaisuudesta ei ole tiedossa, ellei opettajat niitä erikseen mainitse vierailua varattaessa.

Instrumentin luotettavuutta arvioitaessa opettajilta saaduista avoimien kysymysten vastauksissa toiset muuttujat olivat enemmän esillä kuin toiset. Tämä voi tarkoittaa sitä, että vähemmän vastatuilla osa-alueilla tiedeluokassa on kehitettävää. Esimerkiksi TVT:n käyttö oli edustettuna vain ylemmillä luokka-asteilla. Lisäksi vastauksista ei noussut juurikaan kirjallisuudessa olevasta arviointi-instrumenttien muuttujasta "tutkiminen", vaikka se on non-formaalissa oppimisympäristössä toteutettavaa toimintaa (esim. Goldman et al., 2013). Jatkokehittämisessä työohjeisiin painotetaan tutkimuksellisuutta, riippuen työohjeen sisällöllisestä luonteesta. Tämä otettiin kirjallisuuden perusteella arviointimuuttujaksi ja kehitystyön tärkeäksi osa-alueeksi.

6.4 Kontekstuaalisten työohjeiden kehittämisprosessi

Uudet kontekstuaaliset työohjeet kehitettiin yhteisöllisenä suunnitteluna kemian opettajaksi opiskelevien ja asiantuntijoiden välillä. Yhteistoimintaan liittyvät haasteet kuvastivat prosessin aikana aiemman tutkimuksen mukaisia osa-alueita. Piirainen et al. (2009) ja Klein et al. (2006) mukaan kehitystuotoksen tulisi saavuttaa optimitulos. Kehittämisprosessissa on aika ja resurssit rajana, joten täydellisyys on tavoittamatonta. Tämä havaittiin myös kehittämisprosessiin aikana. Kehittäminen suoritettiin osana kemian opettajiksi opiskelevien kurssia. Kyse oli siis noviisitoimijoiden tuotoksesta. Tämä tuli selkeästi esille myös kehittäjien vastauksista, jotka ovat esillä tarkemmin tutkimuskysymyksen alikysymyksissä. Kehittämisprosessin aikana kehittäjiä tuettiin ja valmiita työohjeita vielä viimeisteltiin palautuksen jälkeen.

Neljäntenä tutkimuskysymyksenä (TK4.) oli: *“Mitä haasteita yhteistoiminnallisessa kehittämisprosessissa esiintyy?”* Kysymykseen vastattiin ryhmähaastattelemalla työohjeiden kehittäjiä (N=6). Ryhmähaastatteluun valittiin opiskelijat, sillä he lopulta tekivät suurimman työn kehittämisprosessissa. Suurin osa ryhmähaastattelun kommenteista liittyi tuen tarpeeseen kehitysprosessin aikana. Uuden ja tuntemattoman työn aloittaminen pidettiin suurimpana haasteena. Tähän liittyi myös epävarmuuden sieto. Opiskelijoita helpotti, jos kehittäminen oli etukäteen tuttua. Lisäksi kehitystyössä toivottiin tukea ja asiantuntijan läsnäoloa. Nämä huomiot tekivät myös Chao, Saj & Hamilton (2010) omassa yhteisöllisessä kehittämisprosessissaan koskien kehitystyössä oleviin noviiseihin. Tutkimukset painottavat kehittämistyön aikana olevaa keskinäistä luottamusta ja kommunikaatiota (Chao et al. , 2010; Piirainen et al., 2009; Klein et al., 2006). Asiantuntijan ja ohjaajan tavoitettavuus olivat kehittäjille tärkeitä tekijöitä. Tavoittamattomuutta pidettiin negatiivisena asiana. Yhteisymmärrys toimijoiden välillä saavutettiin työn aluksi, mutta sen toivottiin jatkuvan koko prosessin aikana.

Ryhmähaastattelun luotettavuutta tarkasteltaessa, tehtiin havainto, että vastaukset annettiin lähinnä ryhmänä, mutta myös saatiin yksilöllisiä kommentteja. Haastattelu tehtiin ääninauhurilla, jolloin haastateltavien eleet eivät tule esille ja kuinka moni oli mistäkin esille tulleesta teemasta samaa mieltä. Näin ollen äänessä olleiden lauseet käsiteltiin siten, että mitä haasteita tai teemoja yleisesti nousee kehittämistyöstä, ilman kvantitatiivista ulottuvuutta. Vastaukset myötäilivät toisiaan ja teemoja noviisikehittäjän haasteisiin saatiin. Ryhmähaastattelussa oli kuusi opiskelijaa yhdeksästä, mutta oppimistehtävänä kirjoitettujen oppimispäiväkirjojen perusteella voidaan yleistää kehitystyön edetessä kaikkien jakavan kehitystyön noviisihaasteet. Edelson (2002) mukaan pieni otoskoko on haasteena yleistettävyydelle, mutta tämän kehittämistyön aikana yhteiset haasteet olivat yleisesti esillä.

Viimeisenä eli viidentenä tutkimuskysymyksenä (TK5.) oli: *“Minkälaista kontekstuaalisuutta työohjeisiin saadaan yritys yhteistyöllä”.* Kehitetyt työohjeet

arvioitiin niiden kontekstuaalisen sisällön kautta. Kehittämisprosessin tärkein tavoite oli kehittää uusia kontekstuaalisia työohjeita yritys yhteistyössä.

Kontekstuaalisuus arvioitiin Tarveanalyysissä I luodulla kolmiportaisella työkalulla. Arviointityökalun mukaisesti kahdeksan yhdeksästä työohjeesta oli tason II kontekstuaalinen ja yksi oli I tason kontekstuaalinen. Näin ollen kontekstuaalinen sisältö didaktiseen oppimisympäristön kehittämiseen saavutettiin ja kuvastaa kehittämistyön luotettavuutta.

Töiden sisällöt kuuluivat enemmän kuin yhteen sisältöalueeseen. Tämä kertoo ohjeiden monipuolisesta merkityksellisyydestä ja kuvastaa kehitystyön luotettavuutta. Työohjeiden aihesisällöt myös kuvastivat yritysten toimialaa. Esimerkiksi kaasutuotteiden valmistukseen keskittyneen yrityksen AGA:n kanssa kehitetty työohje liittyi kaasuihin, petrokemian yrityksen Neste Oil:n työ biopolttoaineisiin, Kemiran työ veden puhtauteen ja metsäteollisuusyrityksen UPM:n työ paperin valmistusprosessiin. Sisältökategoria ”Teollisuus, tekniikka ja tuotanto” oli kahdeksassa työohjeessa yhdeksästä, joka tuo ohjeisiin ammatillista merkityksellisyyttä. Sisällöissä myös ”Ympäristö ja luonto” -kategoria oli kuudessa työohjeessa. Sisältöalue ”Kotitalous” oli kahdeksassa työohjeessa. Tämä johtuu siitä, että käytettävät kemikaalit pyrittiin valitsemaan turvallisina ja helposti saatavina.

6.5 Tutkimuksen merkitys ja jatkokehittäminen

Tutkimuksen merkitystä voidaan tarkastella sen tuottaman tiedon mukaan. Kehittämistutkimuksessa saatiin neljänlaista tietoa: 1) mielekkään kemian toiminnallisen oppimisympäristön ominaisuuksista, 2) kemian kokeellisten työohjeiden yhteisöllisestä kehittämisprosessista, 3) lukion oppikirjojen kokeellisten työohjeiden kontekstuaalisesta, joita voidaan soveltaa kemian opetukseen ja oppimisympäristöjen kehittämiseen, sekä 4) non-formaalin ja didaktisen oppimisympäristön kemian kokeellisen opetuksen kehittämisinstrumentista.

Jatkokehittämisvaiheessa painotetaan didaktista oppimisympäristöä työohjeiden kehittämiseen luodun arviointi-instrumentin avulla (luku 6.2). Tutkimus tehdään Kemianluokka Gadolinissa vieraileville oppilasryhmille. Työohjeista valitaan kolme ohjetta jatkokehittämiseen. Nämä työt valitaan seuraavan tutkimuksen alussa. Liitteessä 1 on lähimpänä tämän tutkimuksen optimitulosta oleva työohje, joka vaatii jatkokehittämistä. Jatkokehitetyistä ohjeista saadaan malli, jonka avulla pystytään kehittämään myös muut työohjeet sekä kehittämään jo olemassa olevia työohjeita edelleen.

Tärkeinä painopisteinä tulevat olemaan myös ohjeiden selkeys, tieto- ja viestintätekniikan käyttö, tutkimuksellisuus sekä etu- ja jälkikäteistoiminta joka tapahtuu koulussa ennen ja jälkeen vierailua, sillä kehitetyissä töissä ilmeni puutteita niiden suhteen. Uusien työohjeiden kehittämisessä tärkeää on kehittäjän ja asiantuntijan välinen kommunikaatio ja yhteiskehittäminen, jotta saavutettaisiin työohjeisiin optimitulos. Didaktisen oppimisympäristön kehittämisessä fyysinen ja paikallinen oppimisympäristö tullaan huomioimaan rakentamalla malleja, miten yliopiston osaamista ja tuomia mahdollisuuksia saadaan lisättyä opintokäynnin yhteyteen.

Lähteet

Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30, 1945–1969.

Aikenhead, G. S. (1994). Consequences to Learning Science Through STS: A Research Perspective. Julkaisussa J. Solomon & G. Aikenhead (toim.), *STS education: International Perspectives on Reform* (169– 186). New York, NY: Teachers College Press.

Aikenhead, G. S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Artikkelit esiteltä ESERA konferenssissa, Nordwijkerhous, Alankomaat, 19.-23. elokuuta 2003.

Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). Kemian opetus tänään –tutkimusraportti. Edita Oy, Helsinki.

Aksela, M. & Karjalainen V. (2008). Kemian opetus tänään. Nykytila ja haasteet Suomessa. Helsingin yliopisto: Kemian opetuksen keskus - Kemian opettajankoulutusyksikkö.

Aksela, M. (2005). *Supporting Meaningful Chemistry Learning and High-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach*. Kemian opettajankoulutusyksikkö. Helsingin yliopisto, Helsinki.

Aksela, M. (2008). Tiedekampus oppimisympäristönä: koululaisten kokemuksia toiminnallisesta opintokäynnistä kemian laitoksella. Julkaisussa Välimäki, J. & Lundell, J. (toim.) *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmallisuudesta opetusta*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

Aksela, M. & Pernaa, J. (2009). Kemianluokka Gadolin –opettajien kokemuksia uuden oppimisympäristön käytöstä. Julkaisussa Aksela, M. & Pernaa, J. (toim.), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluun*. Helsinki: Unigrafia.

Aldridge, J. M., Fraser, B. J., Taylor, P. C. & Chen, C-C. (2000). Constructivist Learning Environments in a Crossnational Study in Taiwan and Australia. *International Journal of Science Education*, 22, 37-55.

Aldridge, J. M., Laugksch, R. C., Seop, M. A. & Fraser, B. J. (2006). Development and

Validation of an Instrument to Monitor the Implementation of Outcomes-based Learning Environments in Science Classrooms in South Africa. *International Journal of Science Education*, 28 (1), 45-70.

Anastopoulou, S., Sharples, M., Ainsworth, S., Crook, C., O'Malley, C. & Wright, M. (2012). Creating Personal Meaning through Technology-Supported Science Inquiry Learning across Formal and Informal Settings. *International Journal of Science Education*, 34, 251-273.

Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005a). *Kemisti 1*. Porvoo: Werner Söderström Oy.

Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005b). *Kemisti 2*. Porvoo: Werner Söderström Oy.

Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005c). *Kemisti 3*. Porvoo: Werner Söderström Oy.

Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005d). *Kemisti 4*. Porvoo: Werner Söderström Oy.

Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., Lampiselkä, J., Mäkelä, R., Sorjonen, T. & Vakkilainen, K-M. (2005e). *Kemisti 5*. Porvoo: Werner Söderström Oy.

Aubusson, P., Fogwill, S., Barr, R., & Perkovic, L. (1997). What Happens when Students Do Simulation-Role-Play in Science? *Research in Science Education*, 27 (4), 565–579.

Ausubel, D. P. (1960). The Use of Advance Organizers in the Learning and Retention of Meaningful Verbal Material. *Journal of Educational Psychology*, 51 (5), 267-272.

Avargil, S., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2012). Teaching Thinking Skills in Context-Based Learning: Teachers' Challenges and Assessment Knowledge. *Journal of Science Education Technology*, 21, 207–225.

Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M.A. (2009). *Learning Science in Informal Environments*. Washington DC: National Research Council.

Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and science-technology-society (STS) approaches in the teaching of secondary science*. London: EPPICentre, Social Science Research Unit, Institute of Education.

Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters Approach. *International Journal of Science Education*, 28, 999–1015.

Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O. & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education Using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28, 1063–1086.

Bjornavold, J. (2000). *Making Learning Visible, Identification, Assessment and Recognition of Non-Formal Learning in Europe*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Bolte, C., Streller, S. & Hofstein, A. (2013). How to Motivate Students and Raise Their Interest in Chemistry Education. Julkaisussa Eilks, I. & Hofstein, A., (toim.). *Teaching Chemistry – A Studybook, Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers*. Rotterdam: Sense publishers.

Chao, I. T., Saj, T. & Hamilton, D. (2010). Using Collaborative Course Development to Achieve Online Course Quality Standards. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 11 (3), 106-126.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). Research methods in education. 6th edition. London: Routledge.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20 (1), 37–46.

Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 15–42.

de Jong, T. (2006). Computer Simulations—Technological Advances in Inquiry Learning. *Science*, 312, 532–533.

Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M.-Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2006). The Value of Outdoor Learning: Evidence from Research in the UK and Elsewhere. *School Science Review*, 87, 107–111.

Dorman, J. P., Aldridge, J. M. & Fraser, B. J. (2006). Using students' assessment of classroom environment to develop a typology of secondary school classrooms. *International Education Journal*, 7, 906-915.

Edelson, D., Gordin, D., & Pea, R. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences*, 8, 391–450.

Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage. *Design Journal of the Learning Sciences*, 11, 105–121.

Eshach, H. (2007). Bridging In-School And Out-of-School Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 171-190.

Eylon, B-S. (2000). Designing Powerful Learning Environments And Practical Theories: the Knowledge Integration Environment. *International Journal of Science Education*, 22, 885-890.

Fraser, B. J. (1998). Classroom Environment Instruments: Development, Validity and Applications. *Learning Environments Research*, 1, 7-33.

Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L. & Marek, E. A. (2001). Relationships Among Informal Learning Environments, Teaching Procedures and Scientific Reasoning Ability. *International Journal of Science Education*, 23, 535-549.

Gilbert J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28, 957-976.

Goldman, D., Assaraf, O. B. Z. & Shaharabani, D. (2013). Influence of a Non-Formal Environmental Education Programme on Junior High-School Students' Environmental Literacy. *International Journal of Science Education*, 35, 515-545.

Grandy, R., & Duschl, R. A. (2007). Reconsidering the Character And Role of Inquiry in School science: Analysis of a Conference. *Science and Education*, 16 (2), 141-166.

Greenfield, P. M. & Lave, J. (1982). Cognitive Aspects of Informal Education. Jolkaisussa, Wagner, D. & Stevenson, H. (toim.), *Cultural Perspectives on Child Development*. San Francisco: Freeman.

Hanrahan, M. (1998). The Effect of Learning Environment Factors on Students' Motivation and Learning. *International Journal of Science Education*, 20, 737-753.

Hsieh, H.-F. & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15, 1277-1288.

Hodson, D. (1996). Laboratory Work as Scientific Method: Three Decades of Confusion and Distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), 115–135.

Hofstein, A. & Kesner, M. (2006). Industrial Chemistry and School Chemistry: Making Chemistry Studies More Relevant. *International Journal of Science Education*, 28, 1017–1039.

Hofstein, A., Eilks, I. and Bybee, R. (2010). Societal Issues and Their Importance for Contemporary Science Education. Julkaisussa Eilks, I. & Ralle, B. (Toim.), *Contemporary science education* (5–22). Aache: Shaker.

Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap between Formal And Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28, 87–112.

Juntunen, M. K. & Aksela, M. K. (2014). Education for Sustainable Development in Chemistry - Challenges, Possibilities and Pedagogical Models in Finland and Elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 488–500.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P., & Salo, K. (2005a). *Reaktio 1*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P. (2005b). *Reaktio 2*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P. (2005c). *Reaktio 3*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P. (2005d). *Reaktio 4*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., & Pihko, P. (2005e). *Reaktio 5*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Klein, M., Sayama, H., Faratin, P. & Bar-Yam, Y. (2006). The Dynamics of Collaborative Design: Insights From Complex Systems and Negotiation Research. Julkaisussa Dan Braha, D., Minai, A., A. & Bar-Yam Y. (Toim.), *Complex Engineered Systems: Science Meets Technology* (158-174). Berlin: Springer.

Kuuskorpi, M. (2012). *Tulevaisuuden fyysinen oppimisympäristö Käyttäjälähtöinen muunneltava ja joustava opetustila*. Kasvatustieteen väitöskirja. Turku: Turun Yliopisto.

Kuhn, J. & Müller A. (2014). Text-Based Science Education by Newspaper Story Problems: A Study on Motivation and Learning Effects. *Perspectives in Science*, 2, 5–21.

Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*, Opetushallitus. Helsinki: Juvenes Print.

Lavonen, J. (2005). *Fysiikan ja kemian opetuksen uudistaminen*. Didacta Varia, **10**. Helsingin yliopisto, Helsinki.

Lavonen, J., Juuti, K., Uitto, A., Meisalo, V. & Byman, R. (2005). Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Julkaisussa Manninen, A., Miettinen, K. & Kiviniemi, K. (Toim.), *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education. Mirror results and good practice*. Helsinki: Technology Industries of Finland.

Lawless, J. G., & Rock, B. N. (1998). Student Scientist Partnerships and Data Quality. *Journal of Science Education and Technology*, 7 (1), 5–13.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005a). *Mooli 1*. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005b). *Mooli 2*. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005c). *Mooli 3*. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005d). *Mooli 4*. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2005e). *Mooli 5*. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Loukomies, A., Lavonen, J., Juuti, K., Lampiselkä, J., Meisalo, V. & Ampuja, A. (2006). *Materiaalit ympärillämme: Paperi, metalli ja muovi - Opas opettajalle*, Helsinki: Taloudellinen tiedotustoimisto.

Manninen, J. & Burman, A. & Koivunen, A. & Kuittinen, E. & Luukannel, S. & Passi, S. & Särkkä, H. (2007). *Oppimista tukevat ympäristöt. Johdatus oppimisympäristöajatteluun*. Helsinki: Opetushallitus.

McRobbie, C. & Kenneth, T. (1997). A Social Constructivist Perspective on Learning Environments. *International Journal of Science Education*, 19 (2), 193–208.

Montonen, M. (2007). Kemian opetuksen tila. Julkaisussa Aksela, M. & Montonen, M. (toim.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin*, Opetushallitus. Helsinki.

Morag, O. & Tal, T. (2012). Assessing Learning in the Outdoors with the Field Trip in Natural Environments (FiNE) Framework. *International Journal of Science Education*, 34, 745–777.

Mortensen, M. F. (2011). Analysis of the Educational Potential of a Science Museum Learning Environment: Visitors' Experience with And Understanding of an Immersion Exhibit. *International Journal of Science Education*, 33, 517–545.

Novak, J. D. (2002). Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies Leading to Empowerment of Learners. *Science Education*, 86, 548–571.

Opetushallitus (2014) *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Tampere: Juvenes print.

Opetushallitus (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala: Vammalan painatuskeskus.

Opetushallitus (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala: Vammalan painatuskeskus.

Orion, N. & Hofstein, A. (1991). Factors which Influence Learning Ability During a Scientific Field Trip in a Natural Environment. Artikkelit esitelly Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Lake Geneva, USA, 7.-10. huhtikuuta 1991.

Pedretti, E. (2002). T. Kuhn Meets T. Rex: Critical Conversations and New Directions in Science Centres and Science Museums. *Studies in Science Education*, 37, 1–42.

Pernaa, J. (2013). *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Jyväskylä: PS-Kustannus.

Piirainen, K., Kolfshoten, G., & Lukosch, S. (2009). Unraveling Challenges in Collaborative Design: A Literature Study. Julkaisussa Carriço, L., Baloian, N., & Fonseca, B. (Toim.), *Groupware: Design, Implementation, and Use* (247-261). Berlin: Springer.

Rebar, R. (2012). Teachers' Sources of Knowledge for Field Trip Practices. *Learning Environment Research*, 15 (1), 81–102.

Rogoff, B., Paradise, R., Mejia Arauz, R., Correa-Chavez, M., & Angelillo, C. (2003). Firsthand Learning Through Intent Participation. *Annual Review Psychology*, 54, 175–203.

Ruiz-Mallen, I., Barraza, L., Bodenhorn, B., de la Paz, M., Adame, C. & Reyes-García, V. (2010). Contextualising Learning through the Participatory Construction of an Environmental Education Programme. *International Journal of Science Education*, 32 (13), 1755–1770.

Salminen, J., Tornberg, L. & Venäläinen, P. (2012). Public Institutions as Learning Environments in Finland. Julkaisussa Niemi, H., Toom, A. & Kallioniemi A. (Toim.) *The Miracle of Education: The Principles and Practices of Teaching and Learning in Finnish Shools*, 249-262. Sense Publishers. Netherlands.

Sanders, D. L. (2007). Making Public the Private Life of Plants: The Contribution of Informal Learning Environments. *International Journal of Science Education*, 29, 1209–1228.

Silberman-Keller, D. (2003). Toward the Characterization of Non-Formal Pedagogy. Artikkelit esiteltä AERA annual meeting, Chicago, USA.

Syrjäläinen, N. & Aksela, M. (2008). Kemian aineenopettajaopiskelijoiden mielikuvia erilaisista oppimisympäristöistä ja niiden hyödyllisyydestä kemian opetuksessa. Julkaisussa Väliisaari, J. & Lundell, J. (toim.) *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmälähtöistä opetusta*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

Stolk, M. J., Bulte, A. M. W., de Jong, O. & Pilot, A. (2009). Towards a Framework for a Professional Development Programme: Empowering Teachers for Context-Based Chemistry Education. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 164–175.

Stuckey M., Hofstein A., Mamlok-Naaman R. & Eilks I. (2013). The Meaning of 'Relevance' in Science Education and its Implications for the Science Curriculum. *Studies in Science Education*, 49, 1–34.

Schwartz, A. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American Experience. *International Journal of Science Education*, 28, 977–998.

Taylor, P. C., Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1997). Monitoring Constructivist Classroom Learning Environment. *International Journal of Educational Research*, 27, 293–302.

Tolppanen, S., & Aksela, M. (2013). Important Social and Academic Interactions in Supporting Gifted Youth in Non-Formal Education. *LUMAT*, 1, 279-298.

Tsai, C-C. (2003). Taiwanese Science Students' and Teachers' Perceptions of the Laboratory Learning Environments: Exploring Epistemological Gaps. *International Journal of Science Education*, 25 (7), 847-860.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Tammi.

Ültay, N. & Çalik, M. (2012). A Thematic Review of Studies into the Effectiveness of Context-Based Chemistry Curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 686–701.

Vesterinen, V-M, Aksela, M. & Lavonen, J. (2011). Quantitative Analysis of Representations of Nature of Science in Nordic Upper Secondary School Textbooks Using Framework of Analysis Based on Philosophy of Chemistry, *Science & Education*, 22, 1839-1855.

Wilkinson, J. (1999). A Quantitative Analysis of Physics Textbooks for Scientific Literacy Themes. *Research in Science Education*, 29, 385-399.

Wong, A. F. L. & Fraser, B. J. (1994). Science Laboratory Classroom Environments and Student Attitudes in Chemistry Classes in Singapore. Artikkelin esittely Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, Louisiana, USA, elokuussa 1994.

Wong, A. F. L. & Fraser, B. J. (1997). Assessment of Chemistry Laboratory Classroom Environments. *Asia Pacific Journal of Education*, 17 (2), 41-58.

Liitteet

Liite 1. Esimerkki kehitetystä työohjeesta

Gadolin-työohje
KOKE II
Opiskelija 1
Yhteistyöyritys UPM
30.4.2013

Ongelma sellutehtaalla (ligniinin liuotus)

Kohderyhmä: Työ soveltuu ensisijaisesti lukio- ja ammattikoululaisille, sekä pienin muutoksin yläkoululaisille. Lukiossa työn voi toteuttaa 4. kurssilla (Metallit ja materiaalit) tai työkurssilla.

Kesto: 40-90min

Oheislukemisena ohjaajalle: [nettimateriaali paperin kemiaan liittyen](http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/paperi/index.htm)
(<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/paperi/index.htm>)

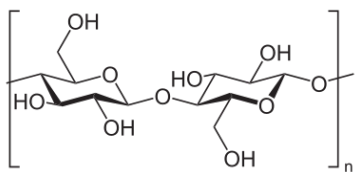
(Opettajan versio)

Ongelma sellutehtaalla

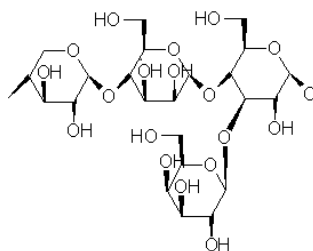
Puun rakenne ja sellun valmistus

Puu sisältää noin 35-50 % selluloosaa, noin 20-35 % hemiselluloosaa ja noin 20-30 % ligniiniä.

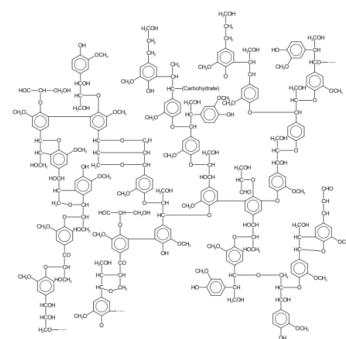
Selluloosa on glukoosimolekyyleistä muodostuva pitkäketjuinen polysakkaridi, joka toimii kasvisolujen seinämien tuki- ja rakennusaineena. **Ligniini** on puukuituja yhteen sitova polyfenoli, jolla ei ole täysin selkeää rakennetta. **Hemiselluloosa** taas on haaroittunut polysakkaridi, joka sitoo puun selluloosaa ja ligniiniä toisiinsa.



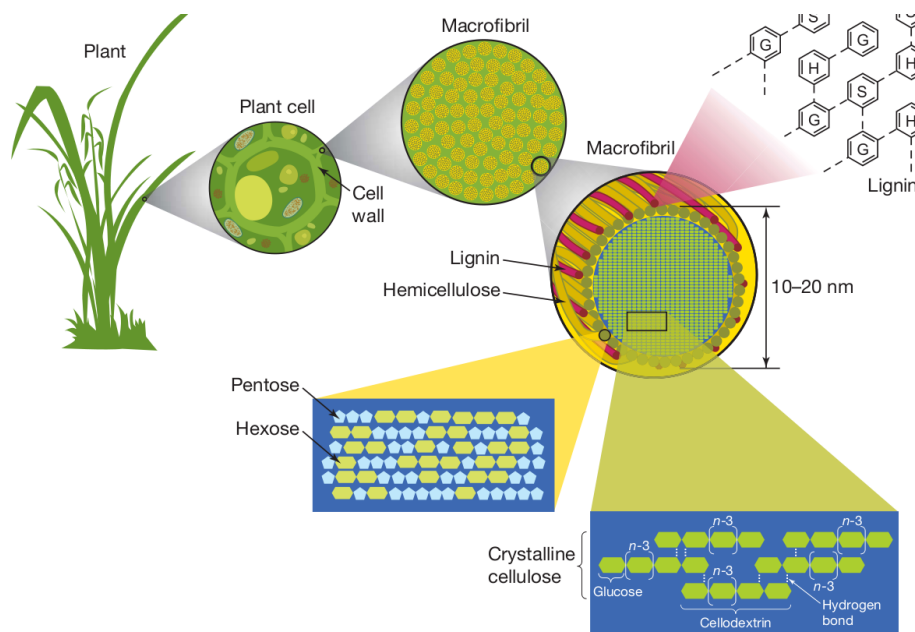
Selluloosan rakenneosa
(Kuvat: Wikipedia)



Hemiselluloosan rakenneosa



Ligniinin rakenteen malli



Kasvisolun rakenne

(Kuva: Edward M. Rubin, "Genomics of cellulosic biofuels," Nature 454, no. 7206 (print 2008): 841-845)

Kemiallisessa massanvalmistuksessa eli sellunkeitossa puun kuidut erotetaan toisistaan lisäaineiden ja lämmön avulla. Yleisimmin käytetty sellun valmistusmenetelmä on sulfaattimenetelmä, jossa ligniini liuotetaan emäksisen lipeäliuoksen avulla. Menetelmässä myös muita puun aineksia liukenee, joten kaikkea puuainesta ei saada täysin hyödynnettyä. Sellunkeitossa syntynyt ligniini ja orgaaninen aines kerätään mustalipeänä, joka väkevöidään ja poltetaan sähköenergian tuottamiseksi.

Sellunkeitossa osa ligniinistä jää silti selluloosamassaan. Massa valkaistaan tarvittaessa, sillä ligniini värjää siitä valmistetun paperin tai kartongin ruskehtavaksi. Aivan kaikkea ligniiniä ei ole taloudellisesti ja tuotteen ominaisuuksien kannalta järkevää poistaa keittämällä ja valkaisemalla. Todella vanhat paperit alkavatkin kellastua osittain siksi, että niissä on pieniä määriä ligniiniä.

Olet varmaan huomannut, että myös uusi sanomalehtipaperi kellastuu nopeasti. Varmaan arvaatkin syyn olevan taas ligniinissä. Osa papereista ja kartongeista valmistetaan **mekaanisella menetelmällä**, jossa puumassasta ei pyritä poistamaan eri osia. Näin valmistetun paperin suuri ligniinipitoisuus kellastaa sen melko nopeasti.

Aloituskysymykset

Pohditaan kysymyksiä pienryhmissä:

- Millaisia eri papereita tiedät?
Esimerkiksi sanomalehti-, aikakauslehti-, wc-, pakkaus- ja kopiopaperi. (löytyy valtava määrä)
- Miten eri paperilaatujen ominaisuudet (kestävyys, väri..) eroavat toisistaan?
Jotkut värillisiä, pinnoitettuja, helposti repeäviä, lujia...
- Mikä värjää puunrungon kellertäväksi?
Ligniini on antaa puunrungolle värin.
- Tiedätkö miksi käsittelemätön puu harmaantuu?
Auringon UV-säteily reagoi puun ligniiniä hajottaen, josta seuraa puun tummuminen.
- Mitkä tekijät yleisesti vaikuttavat liukenemiseen?
Reagoivien aineiden konsentraatio, hienojakoisuus (reagoiva pinta-ala), lämpötila, paine/sekoitus (enemmän törmäyksiä aikayksikköä kohden) ja katalyytti/inhibiitti).

Demonstraatio

(Mikäli opiskelijat eivät ole tehneet ligniinin osoituskokeita fluoroglusinoliliuoksella, voisi työn tehdä ennen varsinaista työtä.)

Kokeillaan eri paperinvalmistusmenetelmillä tehdyistä papereista tutkitaan sisältävätkö ne ligniiniä. Valitaan erilaisia papereita, joista leikataan pieniä palasia. Tiputetaan muutama pisara fluoroglusinoliliuosta paperinpalalle, jolloin liuos värjää ligniiniä sisältävän paperin, mutta ei reagoi ligniiniä sisältämättömän paperilaadun kanssa.

TEHTÄVÄ: Saostumisongelma sellutehtaassa

Olette luokkanne kanssa yritysvierailulla sellutehtaalla ja tutustumiskierroksella törmäätte tehtaalla ilmenevään ongelmaan. Sellunvalmistusprosessi on jouduttu keskeyttämään putkistoa tukkivien ligniinisäostumien vuoksi. Prosessia hoitava henkilö on joutunut jäämään pois töistä sairastumisen vuoksi, eikä häntä tai toista lomalla olevaa prosessinhoitajaa tavoiteta. Tehtaalla ei mistään onnistuta löytämään toimintaohjeita ligniinisäostumien poistoon. Kuitenkin ligniinisäostumat pitäisi saada mahdollisimman nopeasti liuotettua pois putkistosta, jotta tehdas pystyy jatkamaan selluntuotantoa. Koska olette kemian opiskelijoita, teille tarjotaan mahdollisuutta auttaa tehdasta tässä ongelmassa. Tehtävänne on tutkia tehtaan laboratorioissa, mikä olisi paras mahdollinen tapa poistaa säostumat putkistoista.

Työvälineet ja liuokset

- koeputkiteline ja isoja koeputkia 8kpl
- lusikka tai spaatteli
- iso dekantterilasi, johon voi lisätä lämmintä vettä
- pieniä dekantterilaseja
- keitinlevy
- magneettisekoittaja
- NaOH-liuokset (konsentraatiot: 1M, 0.1M, 1×10^{-2} M, 1×10^{-3} M, 1×10^{-4} M eli liuokset pH arvoilla 14-10)
- kraftligniini jauhe
- vesi
- tussi, (jolla voi merkata liuoksen pH:n koeputkiin tai dekantterilaseihin)

Työhje

Ratkaistava ongelma: Kuinka poistaisitte ligniinisäostumat putkistosta?

Tutkikaa mikä olisi paras mahdollinen pH liuokselle, jolla säostumat huuhdotaan pois. Miettikää ja kokeilkaa myös muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa ligniinin liukenemiseen.

Käytössänne on listassa mainitut työvälineet ja NaOH-liuokset, joiden konsentraatiot tunnetaan. Konsentraatiosta voi päätellä pH-arvot, kun tiedetään, että 1M NaOH-liuoksen pH on 14 ja pH laskee 1 yksikön verran, kun liuoksen konsentraatio pienenee kymmenesosaan (eli 0,1M NaOH-liuoksen pH on 13).

Lisätietona:

Yleisesti pH lasketaan kaavalla: $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$

ja emäskonsentraatio kaavalla: $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$.

Näiden välillä on yhteys: $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$

Huomioitavaa:

Kraftligniinjauhe on erittäin niukkaliukoista, joten käytä sitä vain hyvin pieniä määriä, esimerkiksi mahdollisimman vähän lusikankärjellä annosteltuna.

Ole varovainen vahvojen emäsluosten käsittelyssä, sillä ne ovat syövyttäviä.

Tulokset

Työn ohjaajalle:

Työssä ei tarvitse käyttää kaikkia työvälineitä tai liuoksia, mutta toisaalta avoimen työohjeen vuoksi opiskelijat voivat haluta muitakin tarvikkeita. Ainakin ajanottovälineiden käyttö voi olla tarpeellista ja hyödyllistä. Tutkimuksellinen avoimen työohjeen mukainen työskentely, ei onnistu kaikilta yhtä helposti. Niinpä opiskelijoita on neuvottava sopivissa määrin oivaltamisen mahdollisuuden säilyttäen.

Mikäli ligniinijauhe on kuivunut liikaa, eikä liukene edes NaOH-liuokseen, jonka pH on 14, kannattaa jauheesta valmistaa veteen sekoittamalla pastaa. Pastamainen ligniini voi liueta jo pH:ssa 12. Ligniinin niukkaliukoisuuden vuoksi kannattaa käyttää hyvin pieniä määriä jauhetta (mahdollisimman vähän lusikan kärjellä), jotta tarvittavat liuostilavuudet pysyvät kohtuullisina. Lusikan kärjellinen liukenee jo 10ml NaOH-liuokseen, muuttaen liuoksen värin ruskeaksi. Liukeneminen tapahtuu täysin pH:ssa 13, jolloin väri muuttuu ruskeaksi ja kaikki silmin havaittavat ligniini ”hippuset” ovat lienneet.

Millaista liuosta käyttäisit ligniinisäostumien poistoon?

Lämmintä 0,1M NaOH-liuosta (pH 13), koska pH:ssa 12 ligniini välttämättä liukene täysin ja lämpötila tiettävästi tehostaa ligniinin liukenemista teollisessa prosessissa.

Mitä muita liukenemiseen vaikuttavia tekijöitä ottaisit huomioon säostuman poistamisessa? Sekoitus nopeuttaa liukenemista, joten sitä kannattaisi hyödyntää (kierrättämällä liuosta putkistossa).

Puhdistusliuoksen tilavuuden tulisi olla riittävän suuri, koska ligniini on niukkaliukoista.

Lämpötilan kohottaminen nopeuttaa liukenemista, vaikka sen toteaminen ei tässä työssä välttämättä onnistu.

Pohdintakysymykset

- Miettikää syitä, miksi ligniiniä ei poisteta suoraan mahdollisimman väkevällä liuoksella.

Väkevän liuoksen käytössä on haittapuolia, kuten heikentynyt käyttöturvallisuus, kemikaalien määrän lisääminen maksaa (heikentynyt taloudellisuus), erittäin vahvat liuokset poistavat myös itse selluloosaa massasta ja väkevämpiin jäteliuoksiin liittyvät haitat.

- Tiedätkö, mitä on mustalipeä ja mistä mustalipeän väri johtuu?

Pesuveden ja kemikaalijäänteiden seosta kutsutaan mustalipeäksi. Mustalipeä sisältää keittonesteen, puusta lienneen ligniinin ja muun orgaanisen aineen. Ligniini ja muut puusta lienneet orgaaniset aineet värjäävät sen.

- **Keksitkö käyttökohteita sellun keittoprosessissa syntyneelle ligniinille?**
Tavallisesti ligniini poltetaan mustalipeän väkevöinnin jälkeen, jolloin saadaan paljon sähköenergiaa. Ligniinin korkean energia-arvon ja saatavuuden vuoksi sen käytölle tutkitaan myös muita käyttökohteita, kuten käyttö biopolttoaineena.

Mahdolliset ennako- ja jälkikästehtävät:

Ennakkotehtävä:

Tutustua puun rakenneosiin ja kirjoita ylös 3 eri rakenneosaa.

Selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini

Etsi paperinvalmistukseen liittyvien mekaanisen käsittelyn ja kemiallisen käsittelyn eli sellunvalmistuksen eroja. Tee niiden avulla alla oleva tehtävä.

Merkitse taulukkoon, kumpi käsittelytapa vastaa väitettä.

Väite	Mekaaninen käsittely	Kemiallinen käsittely
Kaikki puuaines hyödynnetään.	x	
Poistaa ligniinin selluloosasta.		x
Tuottaa runsaasti kaasumaisia päästöjä.		x
Kuluttaa paljon vettä.		x
Ei käytetä kemikaaleja.	x	
Vaatii korkeaa lämpötilaa.		x
Tuottaa enemmän energiaa, kuin kuluttaa.		x

Jälkikästehtävä: Selvittääkää miten kopio-, aikakauslehti- ja sanomalehtipaperi, sekä pahvi ja pakkauskartongit tulee kierrättää?

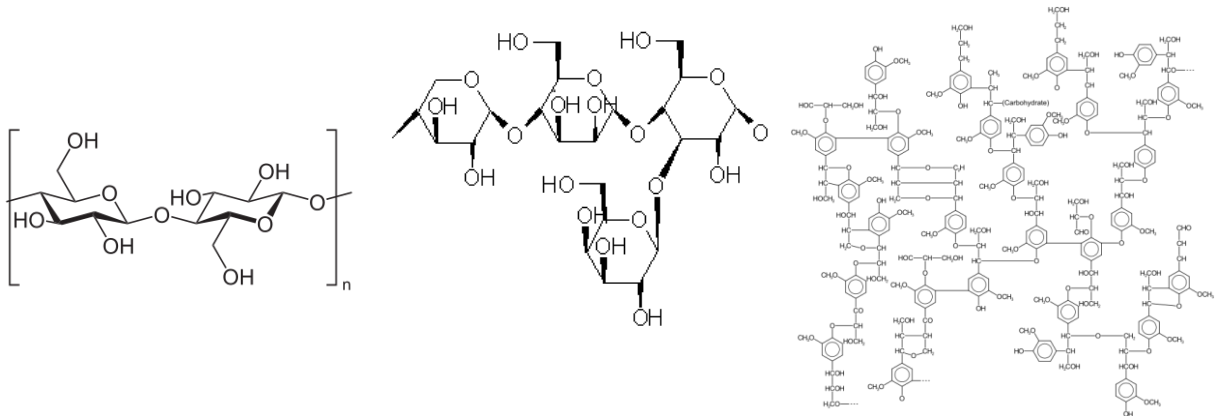
(Oppilaan versio)

Ongelma sellutehtaalla

Puun rakenne ja sellun valmistus

Puu sisältää noin 35-50 % selluloosaa, noin 20-35 % hemiselluloosaa ja noin 20-30 % ligniiniä.

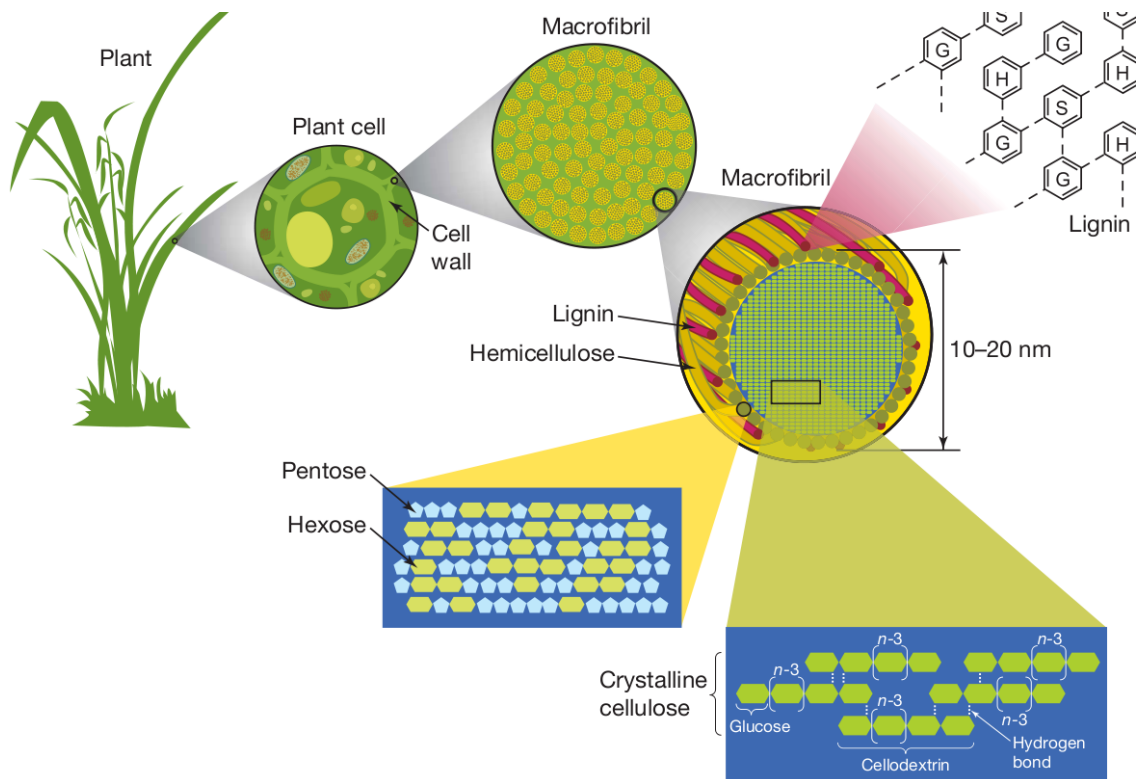
Selluloosa on glukoosimolekyyleistä muodostuva pitkäketjuinen polysakkaridi, joka toimii kasvisolujen seinämien tuki- ja rakennusaineena. **Ligniini** on puukuituja yhteen sitova polyfenoli, jolla ei ole täysin selkeää rakennetta. **Hemiselluloosa** taas on haaroittunut polysakkaridi, joka sitoo puun selluloosaa ja ligniiniä toisiinsa.



Selluloosan rakenneosa
(Kuvat: Wikipedia)

Hemiselluloosan rakenneosa

Ligniinin rakenteen malli



Kasvisolun rakenne

(Kuva: Edward M. Rubin, "Genomics of cellulosic biofuels," Nature 454, no. 7206 (print 2008): 841-845)

Kemiallisessa massanvalmistuksessa eli sellunkeitossa puun kuidut erotetaan toisistaan lisäaineiden ja lämmön avulla. Yleisimmin käytetty sellun valmistusmenetelmä on sulfaattimenetelmä, jossa ligniini liuotetaan emäksisen lipeäliuoksen avulla. Menetelmässä myös muita puun aineksia liukenee, joten kaikkea puuainesta ei saada täysin hyödynnettyä. Sellunkeitossa syntynyt ligniini ja orgaaninen aines kerätään mustalipeänä, joka väkevöidään ja poltetaan sähköenergian tuottamiseksi.

Sellunkeitossa osa ligniinistä jää silti selluloosamassaan. Massa valkaistaan tarvittaessa, sillä ligniini värjää siitä valmistetun paperin tai kartongin ruskehtavaksi. Aivan kaikkea ligniiniä ei ole taloudellisesti ja tuotteen ominaisuuksien kannalta järkevää poistaa keittämällä ja valkaisemalla. Todella vanhat paperit alkavatkin kellastua osittain siksi, että niissä on pieniä määriä ligniiniä.

Olet varmaan huomannut, että myös uusi sanomalehtipaperi kellastuu nopeasti. Varmaan arvaatkin syyn olevan taas ligniinissä. Osa papereista ja kartongeista valmistetaan **mekaanisella menetelmällä**, jossa puumassasta ei pyritä poistamaan eri osia. Näin valmistetun paperin suuri ligniinipitoisuus kellastaa sen melko nopeasti.

Aloituskysymykset

Pohditaan kysymyksiä yhteisesti tai pienryhmissä:

- Millaisia eri papereita tiedät?
- Miten eri paperilaatujen ominaisuudet, kuten kestävyys tai väri yms. eroavat toisistaan?
- Mikä värjää puunrungon kellertäväksi?
- Tiedätkö miksi käsittelemätön puu harmaantuu?
- Mitkä tekijät yleisesti vaikuttavat liukenemiseen?

TEHTÄVÄ: Saostumisongelma sellutehtaassa

Olette luokkanne kanssa yritysvierailulla sellutehtaalla ja tutustumiskierroksella törmäätte tehtaalla ilmenevään ongelmaan. Sellunvalmistusprosessi on jouduttu keskeyttämään putkistoa tukkivien ligniinisäostumien vuoksi. Prosessia hoitava henkilö on joutunut jäämään pois töistä sairastumisen vuoksi, eikä häntä tai toista lomalla olevaa prosessinhoitajaa tavoiteta. Tehtaalla ei onnistuta mistään löytämään toimintaohjeita ligniinisäostumien poistoon. Kuitenkin ligniinisäostumat pitäisi saada mahdollisimman nopeasti liuotettua pois putkistosta, jotta tehdas pystyy jatkamaan selluntuotantoa. Koska olette kemian opiskelijoita, teille tarjotaan mahdollisuutta auttaa tehdasta tässä ongelmassa. Tehtävänne on tutkia tehtaan laboratoriossa, mikä olisi paras mahdollinen tapa poistaa säostumat putkistoista.

Työvälineet ja liuokset

- koeputkiteline ja isoja koeputkia 8kpl
- lusikka tai spaatteli
- iso dekantterilasi, johon voi lisätä lämmintä vettä
- pieniä dekantterilaseja
- keitinlevy
- magneettisekoittaja
- NaOH-liuokset (konsentraatiot: 1M, 0.1M, 1×10^{-2} M, 1×10^{-3} M, 1×10^{-4} M eli liuokset pH arvoilla 14-10)
- kraftligniini jauhe
- vesi
- tussi, (jolla voi merkata liuoksen pH:n koeputkiin tai dekantterilaseihin)

Työhje

Ratkaise ongelma: Kuinka poistaa ligniinisäostumat putkistosta?

Tutkikaa mikä olisi paras mahdollinen pH liuokselle, jolla säostumat huuhdotaan pois. Miettikää ja kokeilkaa myös muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa ligniinin liukenemiseen. Käytössänne on listassa mainitut työvälineet ja NaOH-liuokset, joiden konsentraatiot tunnetaan. Konsentraatiosta voi päätellä pH-arvot, kun tiedetään, että 1M NaOH-liuoksen pH on 14 ja pH laskee 1 yksikön verran, kun liuoksen konsentraatio pienenee kymmenesosaan (eli 0,1M NaOH-liuoksen pH on 13).

Lisätietona:

Yleisesti pH lasketaan kaavalla: $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$

ja emäskonsentraatio kaavalla: $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$.

Näiden välillä on yhteys: $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$

Huomioitavaa:

Kraftligniini jauhe on erittäin niukkaliukoista, joten käytä sitä vain hyvin pieniä määriä, esimerkiksi mahdollisimman vähän lusikankärsjellä annosteltuna.

Ole varovainen vahvojen emäsluosten käsittelyssä, sillä ne ovat syövyttäviä.

Tulokset

Millaista liuosta käyttäisit ligniinisäostumien poistoon?

Mitä muita liukenemiseen vaikuttavia tekijöitä ottaisit huomioon saostumien poistamisessa?

Pohdintakysymykset

Miettikää syitä, miksi ligniiniä ei poisteta suoraan mahdollisimman väkevällä liuoksella.

Tiedätkö, mitä on mustalipeä ja mistä mustalipeän väri johtuu?

Keksitkö käyttökohteita sellun keittoprosessissa syntyneelle ligniinille?
