



**ORGAANINEN KEMIA MATKALLA
KOHTI ONGELMAPERUSTAISUUTTA**
Harjoitustyö Jyväskylän yliopiston
kemian laitoksen esittelykansioon

Elina Sievänen

Kehittämistehtäväraportti
Maaliskuu 2006



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU
Ammatillinen opettajakorkeakoulu

10.3.2006

Tekijä(t) Sievänen, Elina	Julkaisun laji Kehittämistehtäväraportti	
	Sivumäärä 72 (sis. kaksi työ- ohjetta yht. 16 s.)	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi Orgaaninen kemia matkalla kohti ongelmaperustaisuutta. Harjoitustyö Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen esittelykansioon		
Koulutusohjelma Ammatillinen opettajakorkeakoulu, Opettajan pedagogiset opinnot		
Työn ohjaaja Hannula, Kaija		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä Yliopistojen kemian laitosten ongelmana on opiskelijamäärien tasainen väheneminen. Tämän uskotaan johtuvan elektroniikka- ja tietotekniikka-alojen voimakkaasta kasvusta sekä kiinnostavien opiskelupaikkojen tarjonnan lisääntymisestä. Yliopistojen kannattaisikin viimeistään nyt ryhtyä toden teolla markkinoimaan itseään juuri alanvalinnan kynnyksellä oleville nuorille. Koska koulujen ja korkeakoulujen välisten oppilas- ja opettajavierailujen uskotaan olevan tehokas tapa viestiä kemian opiskelusta ja kemian mahdollisuuksista nuorille, on tällaisten vierailujen merkitys erityisen tärkeä. Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen esittelykansiohankkeen tavoitteena on koostaa laitokselle kansio, jonka pohjalta tällaisten oppilas- ja opettajavierailujen tarkoituksenmukainen ja jäsenneily toteuttaminen mahdollistuisi. Kansion sisältämään monipuoliseen materiaaliin kaavaillaan sisällytettäväksi myös lyhyitä harjoitustöitä. Jyväskylän Cygnaeus-lukion oppilaista kootun ryhmän palautteen perusteella koululaisvierailun yhteydessä orgaanisen kemian laboratoriossa suoritettavaksi suunniteltua harjoitustyötä, ”Kofeiinin eristäminen teestä”, muokattiin tarkoituksenmukaisempaan suuntaan. Teoriaosuuden käsittely päätettiin jäsentää ongelmaperustaisen oppimisen periaatteita mukailen. Ongelmaperustaisessa oppimisessa pyritään alusta alkaen teorian ja käytännön kiinteään yhdistämiseen sekä eri tieteenalojen integrointiin. Oppimisen lähtökohtana toimivat ammatillisesta käytännöstä nousevat todelliset ongelmatilanteet. Työn tuloksena kirjoitettiin koululaisvierailun yhteydessä kaavailluksi suoritettavan harjoitustyön, ”Kofeiinin eristäminen teestä”, päivitetty työohje. Työohjeen innoittamana koululaisvierailuja ryhdyttiin kehittämään orgaanisen kemian laboratoriossa entistä aktiivisemmin. Työohjetta on tarkoitus käyttää lukiolaisille suunnattujen, pitkien vierailujen (4-5 h) pohjana sekä osana kemian laitoksen markkinointia. Sen tavoitteena on innostaa lahjakkaita ja motivoituneita opiskelijoita kemian opintojen pariin Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle.		
Avainsanat (asiasanat) kemia, opiskelu, opiskelijavalinnat, vierailut, ongelmalähtöinen oppiminen		
Muut tiedot		

10.3.2006

Author(s) Sievänen, Elina	Type of Publication Development project report	
	Pages 72 (incl. two sets of instructions, in total 16 p.)	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title Organic chemistry on its way to problem based learning. Laboratory work to be included in a presentation and marketing folder of Department of Chemistry, University of Jyväskylä		
Degree Programme Vocational Teacher Education		
Tutor(s) Hannula, Kaija		
Assigned by		
Abstract The chemistry departments of Finnish universities have suffered from continuous descent of students. This is believed to be due to popularity of electronics industry and information technology as well as increase of number of interesting study places, such as polytechnics. It is high time for universities to start a marketing campaign directed to the secondary school graduates who are wondering what and where to study. Because the pupil and teacher visits between schools and universities have proven to be an effective channel for informing the youth about studying chemistry and the possibilities it provides, it is important to pay attention to visits of this kind. The aim of the presentation and marketing folder of Department of Chemistry, University of Jyväskylä, is to be a tool with which visits between schools and universities will be useful for both parties. The versatile material of the folder is meant to include practical laboratory work as well. With help of a group of pupils from Cygnaeus-lukio, Jyväskylä (secondary school), a laboratory work in organic chemistry, "Extracting caffeine from tea", was revised to a more suitable and interesting direction. Based on the feedback from the pupils and their teacher, the theoretical part of the laboratory work was decided to model after principles of problem based learning. The idea behind problem based learning is to combine from the very beginning theory with practice and integrate different disciplines. As a basis of learning an actual case emerging from working life is utilised. As a result of the study, an updated version of the instructions for carrying out the laboratory work, "Extracting caffeine from tea", was prepared. Inspired by the study, development of visits of pupils and teachers was restarted actively at laboratory of organic chemistry. The revised instructions are meant to be used as a basis of special visits between schools and universities as well as in marketing Department of Chemistry of Jyväskylä University. The ultimate goal of visits executed using these instructions is to encourage talented and motivated students to choose chemistry studies in University of Jyväskylä from the many alternatives present.		
Keywords chemistry, studying, visits, student recruitment, problem based learning		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ.....	1
1 JOHDANTO	3
2 MIKSI ESITTELYKANSIOTA TARVITAAN?	5
3 TIEDOLLISET LÄHTÖKOHDAT	8
3.1 Kokemuksellinen oppiminen harjoitustyön jäsentäjänä	8
3.1.1 Kokemuksellisen oppimisen teoreettinen tausta.....	9
3.1.1.1 Kognitiivoinen oppimiskäsitys.....	9
3.1.1.2 Konstruktivismi	10
3.1.1.3 Kokemuksellinen oppiminen	11
3.2 Kohti ongelmaperustaista lähestymistapaa	13
3.2.1 Ongelmaperustainen oppiminen	14
3.2.1.1 Ryhmä oppijana.....	17
3.2.1.2 Opettajasta ohjaajaksi	18
3.2.1.3 Ongelmaperustaisen oppimisen mallit.....	19
3.2.1.4 Yhteenveto	22
3.2.2 Tutkiva oppiminen.....	24
4 HARJOITUSTYÖN TOTEUTUS JA TULOKSET.....	27
4.1 Kofeiinin eristäminen teestä – Cygnaeus-lukion oppilaiden vierailu	
Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella	27
4.2 ”Päivä oli mielenkiintoinen ja kemian opiskelu alkoi kiinnostaa	
minua enemmän” – oppilaiden mietteitä vierailupäivästä.....	32
4.3 Oppilaita aktivoiden – palautetta kouluttajalta ja ohjaavalta	
opettajalta.....	38
4.4 Jännittävät kokeet ja ihmeelliset vimpaimet innostavat kemian	
opintoihin – omia havaintojani ja kommenttejani.....	39
4.5 Sairaalakemisti saa tehtävän – harjoitustyö ammatillisesta	
kontekstista nousevana tapauksena	41

	2
5 ARVIOINTI.....	43
5.1 Ongelmaperustainen oppiminen yliopistossa?	43
5.2 Kofeiinin eristäminen teestä – orgaanisen kemian harjoitustyö osana kemian laitoksen markkinointia.....	44
LÄHTEET	48
LIITTEET	50
Liite 1 Orgaanisen kemian osaston esittelykalvo	50
Liite 2 Orgaanisen kemian töitä vieraileville opiskelijaryhmille	51
Liite 3 Työselostuskaavake.....	52
Liite 4 Palautelomake	53
Liite 5 Kemiallinen sanaleikki	55
Liite 6 Kofeiinin eristäminen teestä – ohjaajan opas	56

KUVIOT

KUVIO 1. Kemian ensisijaiset pyrkijät Suomen korkeakouluissa vuosina 1995-1999.....	5
KUVIO 2. Kokemuksellisen oppimisen malli.....	9
KUVIO 3. Ongelmaperustaisen oppimisen skenaario.....	20
KUVIO 4. Ongelmaperustaisen oppimisen strategiamalli.....	22
KUVIO 5. Oppilaiden palaute; kysymykset 1 - 5.....	32
KUVIO 6. Oppilaiden palaute; kysymykset 6 - 10.....	33
KUVIO 7. Oppilaiden palaute; kysymykset 11 - 15.....	35

1 JOHDANTO

”Luentosali pullollaan lahjakkaita, motivoituneita ja opintoalastaan innostuneita uusia opiskelijoita. Siinä näky, josta korkeakoulujen opettajat unelmoivat syksystä toiseen”, aloittaa Leena Laitinen artikkelinsa ”Uusia tuulia kemian opiskelijavalinnoissa” Kemia-Kemi –lehdessä vuonna 1996 (Laitinen 1996, 113). Artikkeliiin haastateltu Oulun yliopiston kemian laitoksen professori Risto Laitinen mainitsee erityisenä ongelmana suuren kadon opiskelijamäärissä. Lähtövaiheessa Oulun yliopiston kemian laitokseen on täytynyt hyväksyä 130 opiskelijaa, jotta sisään saataisiin halutut 65 uutta opiskelijaa. Vuosittain laitokselta on valmistunut kuitenkin vain 20-25 kemistiä eli suuri osa opiskelijoista on kadonnut jonnekin matkan varrella (Laitinen emt.). Tilanne ei ole vuosien mittaan ainakaan kohentunut, eikä koske ainoastaan Oulun yliopiston, vaan lähes kaikkien suomalaisten yliopistojen, kemian laitoksia.

Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella käynnistettiin syksyllä 2003 hanke, jonka tavoitteena oli koota kemian laitokselle esittelykansio fysiikan laitoksella jo käytössä olevan vastaavan kansion mallin mukaisesti. Tämän kansion pohjalta kenen tahansa kemian laitoksella tutkijana tai opettajana työskentelevän tai opinnoissaan syventävään vaiheeseen ehtineen opiskelijan tulisi pystyä esittelemään Jyväskylän yliopiston kemian laitosta vierailijoille. Samalla esittelyä pyrittiin kehittämään entistä tarkoituksenmukaisempaan suuntaan. Kansion erityiseksi painoalueeksi valittiin kemian laitoksen esittely koululaisryhmille, koska koulujen ja korkeakoulujen välisten oppilas- ja opettajavierailuiden uskotaan olevan tehokas tapa viestiä kemian opiskelusta ja kemian mahdollisuuksista nuorille (Simola 2000, 120).

Valmiin kansion on tarkoitus koostua Jyväskylän yliopiston, matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan ja kemian laitoksen yleisesittelykalvoista

sekä tarjota tietoa siitä kuka ja kuinka pääsee opiskelijaksi, mitä ja miten opiskellaan, minkälaisia sivuaineita on mahdollista valita, kuinka tutkinto rakentuu ja minkälaisissa tehtävissä kemistit valmistumisensa jälkeen toimivat. Lisäksi kansioon voitaisiin liittää tutorien tervehdys, ensimmäisen vuoden opiskelijoiden kokemuksia sekä keskisuomalaisten kemian alan järjestöjen (Radikaali – Jyväskylän yliopiston kemistit ry, Jyväskylän yliopiston luonnontieteiden ylioppilaat, Keski-Suomen Kemistiseura ry) tuottamaa materiaalia kemian opiskelusta, mahdollisuuksista ja maailmasta.

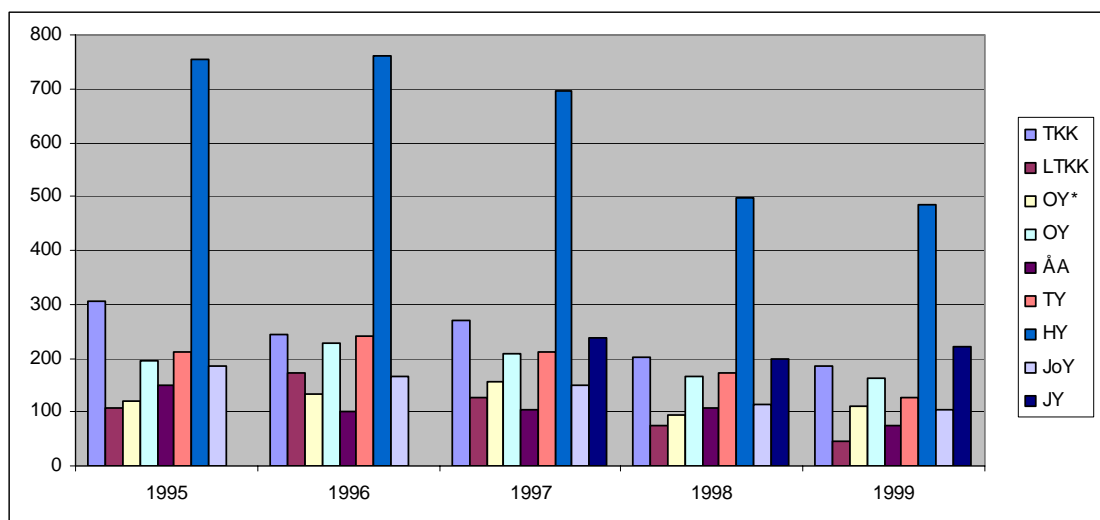
Toimin hankkeen suunnitteluvaiheessa Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian osastolla assistenttina, minkä vuoksi osallistuin aktiivisesti esittelykansion suunnittelutyöryhmän kokouksiin. Osuudekseni kansion koostamisessa muotoutui orgaanisen kemian osaston esittelykalvon (liite 1) sekä laboratoriossa toteutettavan harjoitustyön suunnittelu. Esittelykalvon koostaminen oli yksinkertaista opinto-oppaan sekä valmiin materiaalin pohjalta. Harjoitustyön suunnittelua varten sain lehtori, dosentti Katri Laihialta monisteen ”Orgaanisen kemian töitä lukiolaisille”, jonka hän oli ansiokkaasti suomentanut ja lyhentänyt Fieserin ja Williamsonin teoksesta *Organic Experiments* (Fieser & Williamson 1992). Monisteen töistä valitsin harjoitustyöksi työn ”Kofeiinin eristäminen teestä” (liite 2), sillä mielestäni työ auttaa näkemään kemian yhtymäkohtia arkitodellisuuden mielenkiintoisella tavalla sekä konkretisoi usein abstraktilta tuntuvaan kemian opiskelua. Tämä on Ahteen ja Pelkosen (2000, 52) mukaan erityisen tärkeää, koska matemaattisten aineiden opetus herkästi vieraantuu todellisuudesta, minkä seurauksen erityisesti fysiikka ja kemia koetaan usein vaikeiksi, tylsiksi ja turhiksi.

Kehittämistehtävänäni tutkin valitsemani harjoitustyön tarkoituksenmukaisuutta ja mielekkyyttä käytännössä jyvaskyläläisen Cygnaeus-lukion oppilaista koostuneen ryhmän avustuksella.

2 MIKSI ESITTELYKANSIOTA TARVITAAN?

Kuten jo kappaleessa "Johdanto" kuvasin, yliopistojen kemian laitosten ongelmana on opiskelijamäärien tasainen väheneminen (ks. kuvio 1).

Korkeakouluissa uskotaan, että eräs kemian suosion laskun pääsystä on elektroniikka- ja tietotekniikka-alojen voimakas kasvu. Tämän lisäksi on syntynyt uusia, ylioppilaita kiinnostavia opiskelupaikkoja, kuten ammatti-korkeakoulut, jotka yliopistojen ja Teknillisen korkeakoulun lisäksi kilpailevat matemaattisesti suuntautuneista opiskelijoista. Nykyään heille suunnattuja opiskelupaikkoja on jo enemmän kuin kouluissa pitkän matematiikan lukijoita (Simola 2000, 119).



^{*)} tekn. tdk

TKK Teknillinen korkeakoulu

LTKK Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu (yliopisto)

OY Oulun yliopisto

ÅA Åbo Akademi

TY Turun yliopisto

HY Helsingin yliopisto

JoY Joensuun yliopisto

JY Jyväskylän yliopisto

KUVIO 1. Kemian ensisijaiset pyrkijät Suomen korkeakouluissa vuosina 1995-1999 (Simola 2000, 120).

Kemianteollisuudessa ja korkeakouluissa toki tiedetään, että kemian ja muidenkin luonnontieteiden aseman parantamisen on lähdeittävä koulusta. Siihen on tähdätty muun muassa opetusministeriön Luma-ohjelmalla. Myös

eri korkeakoulut ovat pohtineet, kuinka ne voisivat olla mukana kemian aseman parantamisessa ja kemian kiinnostavuuden lisäämisessä. Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa opinto-ohjelmaa on pyritty muokkaamaan paremmin opiskelijoiden odotuksia vastaavaksi joustavuutta ja valinnaisuutta lisäämällä. Jyväskylän yliopistossa puolestaan yhteyksiä elinkeinoelämään on lisätty ja Helsingin yliopistossa motivoidaan kemian opintoihin antamalla pääsykokeissa lisäpisteitä hyväksytysti suoritetuista lukion vapaaehtoisista kemian kursseista. Helsingissä myös muuta kemian harrastuneisuutta pyritään palkitsemaan, esimerkiksi tarjoamalla varma opiskelupaikka avoimessa yliopistossa kemian approbatur-arvosanan (perusopinnot) hyvillä tiedoilla suorittaneille (Simola emt.).

Oulun yliopisto on tehnyt yhteistyötä Oulun normaalikoulun kanssa parantaakseen asemiaan kilpailtaessa parhaista opiskelijoista. Lukiolaiset ovat voineet tehdä osana kemian kurssejaan laboratoriotöitä yliopiston kemian laitoksen tiloissa ja suorittaa samalla osan kemian laitoksella vaadittavasta laboratorioharjoittelusta. Myös paikallinen teollisuus on saatu kumppaniksi yhteistyöhön. Muun muassa Nokia on osallistunut toimintaan rahoittamalla lukiolaisten yliopisto-opintoja sekä tarjoamalla tutustumiskäyntejä ja kesäharjoittelupaikkoja ohjelmaan osallistuville. Resurssien rajallisuudesta johtuen ohjelmaa ei luonnollisesti ole kyetty laajentamaan kovin suureksi. Ohjelmaan on osallistunut vuositasolla korkeintaan kymmenen lukiolaista (Laitinen 1996, 113).

Kuitenkin korkeakoulujen kannattaisi viimeistään nyt ryhtyä toden teolla markkinoimaan itseään juuri alanvalinnan kynnyksellä oleville nuorille. Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen professori Raimo Alén toteaaakin Kemia-Kemi -lehden artikkelissa "Kilvoittelu uusista opiskelijoista kovenee" (Simola emt., 120) yliopistojen markkinoinnin olevan kaiken kaikkiaan melko vaimeaa erityisesti ammattikorkeakoulujen rinnalla, jotka tekevät itseään tykö

jopa tv-mainoksilla. Teknillisen korkeakoulun professori Jukka Seppälä pohtii, onko korkeakoulujen ulkopuolelle onnistuttu riittävän hyvin välittämään kuva kemiasta nykyaikaisena korkean teknologian alana. Seppälä korostaa myös kemianteollisuuden merkitystä alan yleisen mielikuvan ja arvostuksen luomisessa. Markkinoinnissa kannattaisi korostaa kemian alan hyviä työnäkymiä ja kasvavia aloja, kuten muovituotetekniikkaa, elektronikkaa ja lääketieteellisuutta. Kemian alaa opiskelleille löytyy muuten töitä muualtakin kuin varsinaisesta kemianteollisuudesta. Opetusministeriön neuvottelevan virkamiehen Mirja Arajärven mukaan biologian suosiota voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän, kun nuorten kiinnostusta kemiaan yritetään lisätä. Nuoret eivät useinkaan tule ajatelleeksi, kuinka lähellä biologia sekä kemia ja etenkin biokemia ovat toisiaan (Simola emt.).

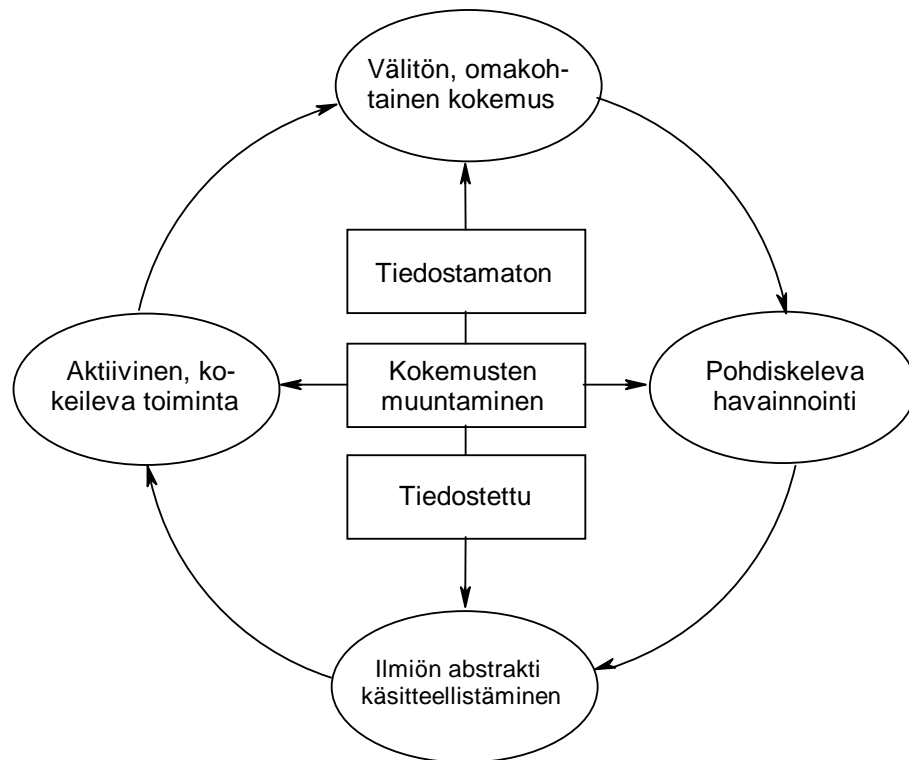
Kemian laitoksen esittelykansion tarkoituksena on toimia juuri tällaisena markkinoinnin välineenä. Se pyritään suunnittelemaan siten, että opiskelijavierailut innostaisivat ja motivoisivat koululaisia kemian opintojen pariin ja että he valitsisivat tulevaksi opiskelupaikakseen juuri Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen. Kansion avulla koululaisvierailuista pyritään tekemään tarkoituksenmukaisia sekä vierailijoiden että esittelijöiden kannalta. Huolellisesti etukäteen mietitty materiaali johtaa varmasti parempaan lopputulokseen kuin parikymmentä minuuttia ennen vierailua paperinpalalle sutaistu tukisanalista. Koska koulujen ja korkeakoulujen välisten oppilas- ja opettajavierailujen uskotaan olevan tehokas tapa viestiä kemian opiskelusta ja kemian mahdollisuuksista nuorille (Simola emt.), tulee asiaan paneutua sen vaatimalla intensiteetillä. Vierailut voivat positiivisen ja innostavan vaikutelman lisäksi luoda myös täysin päinvastaisia mielikuvia. Tämä on vaarana erityisesti silloin, jos vierailijat kokevat esittelijän olevan huonosti valmistautunut ja haluton toimimaan tehtävässään.

3 TIEDOLLISET LÄHTÖKOHDAT

3.1 Kokemuksellinen oppiminen harjoitustyön jäsentäjänä

Kutsuessani Cygnaeus-lukion oppilaat Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian laboratorioon suorittamaan harjoitustyötä "Kofeiinin eristäminen teestä" huhtikuussa 2005 suunnittelin vaiheistavani oppimisprosessin Huntin ja Kolbin kokemuksellisen oppimisen sykliä (1984, artikkelissa Leppilampi & Piekkari 1998, 9-10; ks. kuvio 2) mukailleen. Mielestäni luonnontieteen alan laboratoriotyöskentelyyn erityisesti sopi kokemuksellinen oppiminen, jossa oppijan oma kokemusmaailma on kaiken oppimisen perusta; välitön omakohtainen kokemus luo perustan oppimiselle. Halu oppia syntyy siitä, että oppija tunnistaa oman "tarttumapintansa" opiskeltavaan asiaan, eli sen mitä hän jo entuudestaan tietää asiasta tai miten hän osaa toimia (Leppilampi & Piekkari emt.). Valitsemalla esittelykansion harjoitustyöksi "Kofeiinin eristämisen teestä", tietoisena tavoitteenani oli tarjota oppijalle juuri edellä kuvatun kaltainen tarttumapinta, jonka avulla opiskeltavat asiat konkretisoituvat ja opiskelumotivaatio lisääntyy.

Koska tarttumapintansa avulla oppija luo itse omat oppimistavoitteensa, opetusjakson avauksen merkitystä ei koskaan voida yliarvioida: ohjaajan toiminta, oppimisympäristön luominen, alkulämmittely, tavoitteiden määrittely jne. vaikuttavat merkittävästi siihen, kohdistuuko oppijan valikoiva tarkkaavaisuus opittaviin asioihin vai epäolennaisuuksiin (Leppilampi & Piekkari emt., 9; Hannula & Niskanen 2003, 6).



KUVIO 2. Kokemuksellisen oppimisen malli (Leppilampi & Piekkari 1998, 10).

3.1.1 Kokemuksellisen oppimisen teorettinen tausta

Sari Poikelan (1998, 55) mukaan kognitiivinen oppimiskäsitys ei ole yksi yhtenäinen teoria, vaan se sisältää useita erilaisia suuntauksia ja näkökulmia. Hän käyttää sitä yläkäsitteenä, joka kattaa konstruktivisen näkemyksen, situationaalisen oppimisen ja kokemuksellisen oppimisen perusajatukset.

3.1.1.1 Kognitiivinen oppimiskäsitys

Tarpeesta kuvata teorettisesti oppimis- ja ajatteluprosessien laadullisia ominaisuuksia syntyi 1960-luvulla kognitiivinen tarkastelutapa, jossa oppiminen liitetään yksilön tiedollisiin prosesseihin. Tutkimuksen kohteena ovat olleet tiedon hankintaan, taltiointiin ja käyttöön liittyvät tajunnalliset tapahtumat, esimerkiksi tarkkaavaisuuden suuntaaminen, muistin rakenne ja toiminta, oppimisen erilaiset strategiat ja ongelmanratkaisuprosessit (Lehtinen, Kinnunen, Vauras, Salonen, Olkinuora & Poskiparta 1989, 23-26).

Kognitiivisessa oppimisessa kiinnostus kohdistuu tiedon prosessointiin, jona oppiminen nähdään. Oppija on tiedon aktiivinen käsittelijä: hän vastaanottaa tietoa mutta myös havainnoi, valikoi, taltioi, tulkitsee ja kehittää aktiivisesti. Oppijan mielessä syntyy tiedollinen ristiriita kun hänen tietonsa ja taitonsa eivät riitä jonkin tietyn tilanteen hallitsemiseen. Tämä ristiriita toimii mielekkään oppimisen lähtökohtana. Ristiriita pyritään ratkaisemaan hankkimalla uutta tietoa tai järjestämällä jo olemassa oleva tieto uudella tavalla. Näin syntyy jäsenyneitä ajatuksia ja selittäviä periaatteita, jotka muodostavat toimintaa ohjaavia sisäisiä rakenteita ja malleja. Kognitiivisessa oppimisajattelussa tärkeään asemaan nousee myös metakognitiivisten taitojen kehittäminen. Nämä taidot tarkoittavat oppijan kykyä tulla tietoiseksi omista tiedonkäsittely- ja oppimisprosesseistaan (Hannula & Niskanen emt., 3-5). Kognitiivisissa näkemyksissä korostuu yksilöllinen tiedon konstruointi ja kokemukselliset näkemykset tarkastelevat kokemuksen merkitystä oppimisen jäsentäjänä. Oppimista muokkaakin aina sosiaalinen konteksti ja sitä ei voi nähdä ainoastaan yksilöllisenä tiedonmuodostuksena. Reflektio on keskeistä oppimisprosessissa ja koko oppimisen ydin. Sitä voidaan tukea oppimisen jatkuvalla arvioinnilla ja todellista oppimista voidaankin olettaa tapahtuvan vasta, kun pyritään tarkastelemaan kriittisesti omaa oppimista ja siihen liittyvää ongelmanratkaisuprosessia (Poikela emt., 69-70).

3.1.1.2 Konstruktivismi

Piaget'n tutkimuksista johdetun konstruktivistisen tiedonkäsityksen ytimenä on, että kognitiiviset muutokset ja niiden myötä oppiminen on mahdollista silloin, kun aikaisemmat käsitykset, skeemat, joutuvat ristiriitaan kohdattavan uuden tiedon tai tilanteen kanssa. Ristiriita uuden ja vanhan tiedon välillä johtaa uuden tiedon mukauttamiseen sopivaksi aikaisempaan, jotta voidaan saavuttaa uusi tiedollinen tasapaino (Poikela emt., 56-57).

Konstruktivismissa oppiminen nähdään aktiivisena tiedon rakentamisen prosessina. Sen mukaan tieto ei siirry vaan oppija rakentaa sen itse uudelleen, jolloin hänen aikaisemmat tietonsa, käsityksensä ja kokemuksensa opittavasta asiasta vaikuttavat hyvin paljon siihen, mitä hän asiasta havaitsee ja miten hän sen tulkitsee. Tärkeää on, että oppijassa heräävät omiksi koetut, opittavaan asiaan liittyvät kysymykset, jotka johtavat omaan kokeiluun, ongelmanratkaisuun ja ymmärtämiseen. Konstruktivismin mukaan oppiminen on oppijan oman toiminnan tulosta (Hannula & Niskanen emt.). Se painottaa ymmärtämistä ulkoa opetteluun sijaan ja korostaa sosiaalisen vuorovaikutuksen merkitystä. Koska oppijan aikaisemmat tiedot vaikuttavat oppimiseen, voidaan sama asia käsittää ja tulkita monella eri tavalla. Oppijoiden erilaisia tulkintoja tuleekin tämän vuoksi käsitellä sosiaalisessa vuorovaikutuksessa. Faktapainotteisuudesta pyritään ongelmakeskeisyyteen, johon liittyy läheisesti myös metakognitiivisten taitojen kehittäminen. Oppiminen on tilannesidonnaista, eli koulutusta ei tulisi erottaa tilanteista, joissa opittavia tietoja ja taitoja tullaan käyttämään (Tynjälä 1999, 60-67.). Erääksi kouluttajan tärkeimmäksi tehtäväksi nouseekin sellaisen oppimisympäristön järjestäminen, jossa oppijan on mahdollista tarkastella aikaisempia kokemuksiaan ja tietojaan, olla aktiivinen tiedon prosessoija sekä käsitellä uutta tietoa mahdollisimman aidossa ja mielekkäässä asiayhteydessä (Leppilampi & Piekkari emt., 8).

3.1.1.3 Kokemuksellinen oppiminen

Kokemuksellinen oppiminen määritellään sellaiseksi oppimisen muodoksi, joka asettaa oppijoiden omat kokemukset keskeiseen asemaan ja käyttää tätä oppimisen organisoinnin pääperiaatteena. Oppijoita ohjataan käsittelemään ja prosessoimaan aikaisempia kokemuksiaan. Monipuolisten oppimisympäristöjen tehtävänä on auttaa oppijoita kohtaamaan uusia kokemuksia (Poikela emt., 61).

Kokemuksellinen oppiminen tukee osallistuvaa, oppijakeskeistä oppimista, jossa yksilön omat kokemukset, monipuoliset oppimistilanteet ja oppijan oman tiedon konstruointi ovat tärkeässä asemassa (Poikela emt., 61-62).

Kokemuksellinen oppiminen vaiheistetaan usein jo aiemmin esitellyn Kolbin syklin (ks. kappale 3.1) mukaisesti. Sen tavoitteena on muodostaa holistinen, integroiva käsitys oppimisesta, jossa yhdistyvät kokemus, havainnointi, kognitio ja käyttäytyminen (Poikela emt., 62).

Kokemuksellista oppimista sovellettaessa on huomioitava, että kahden yksilön on mahdotonta kokea jotakin tilannetta täsmälleen samalla tavalla ja reaktiot ja tunteet voivat olla hyvin erilaisia. Oppijan relevantit elämänkokemukset ja aikaisemmat oppimiskokemukset tulee pyrkiä tunnistamaan ja niitä aktiivisesti hyödyntämään oppimisessa. Kun uusi oppiminen voidaan liittää kiinteästi aikaisempiin persoonallisiin kokemuksiin, se yhdistyy samalla mitä todennäköisimmin osaksi ymmärtämistä ja arvoja (Poikela emt., 64-65).

Reflektion merkitys oppimisprosessissa nähdään keskeiseksi myös kokemuksellisessa oppimisessa, sillä se mahdollistaa oman toiminnan suuntaamisen tarkoituksellisella tavalla (Poikela emt., 66). Boudin ja Walkerin (julkaisussa Poikela emt., 68) mukaan reflektointia tarvitaan jo itse oppimisprosessin aikana ja sitä voidaan edistää varaamalla oppimistilanteessa tarpeeksi aikaa pohdinnalle ja kokemusten analyysille. Ohjaamisella on tärkeä merkitys oppimisprosessissa, koska oppijan lisäksi toiset oppijat tai ohjaaja voivat auttaa ja edistää oppimista. Oppijat tiedostavat harvoin, kuinka tärkeä osa oppimista vuorovaikutus itse asiassa on.

3.2 Kohti ongelmaperustaista lähestymistapaa

Korkeakoulutetut, kuten kemistit, työskentelevät valmistumisensa jälkeen tyypillisesti asiantuntijatehtävissä innovatiivisissa asiantuntijayhteisöissä, joiden tavoitteena on ratkaista ongelmia, tuottaa uusia ajatuksia ja edistää yhteisön tiedontasoa (Hakkarainen, Lonka & Lipponen 1999, 193). Bereiter ja Scardamalia (1993, julkaisussa Tynjälä 2002, 160) kuvaavat todellisten asiantuntijoiden jatkuvasti määrittelevän uudelleen tehtäviään ja toimintaansa. Kun he ovat ratkaisseet jonkin tehtäväkenttäänsä kuuluvan ongelman, siitä ei seuraa toiminnan rutinoituminen, vaan uusi ongelmanratkaisu, joka tehdään entistä korkeammalla tasolla. Asiantuntijat toimivat näin oman kompetenssissa ylärajoilla ja joutuvat ongelmanratkaisuprosessien kuluessa usein myös ylittämään nämä rajat. Tämän prosessin yhteydessä asiantuntija jatkuvasti oppii uutta ja kasvattaa omaa asiantuntemustaan. Asiantuntijuus on siten prosessi, joka tuottaa jatkuvasti kehittyvää tietotaitoa. Tällainen asiantuntijuus ei rajoitu pelkästään yksilöihin vaan se voi olla myös tiimien, työryhmien tai laajempien työyhteisöjen ominaisuus (Tynjälä emt., 161). Asiantuntijan tai asiantuntijayhteisön suorittamille päättelyprosesseille on tyypillistä, että teorian pohjalta saatavat ohjeet eivät sellaisenaan riitä tilanteen ratkaisemiseksi ja lopputulos on ainakin osittain epävarma tai ennakoimattomissa. Myöskään kontekstiin liittyvä tieto ei yksin riitä ratkaisun perustaksi, vaikka se olisikin relevanttia. Ratkaisut on tehtävä usein rajoitetun ajan kuluessa. Monesti tilanteissa ei toimita yksin, vaan yhteistyössä toisten kanssa. Silloin testataan samalla miten päättelyn kannalta oleellinen vaihe, tehokas ja taitava tiedonhankinta, on onnistunut. Tärkeää roolia prosessissa näyttelee myös vuorovaikutus eli se, miten informaatiota pystytään suullisesti tai kirjallisesti muodostamaan ja tarjoamaan toisten käytettäväksi (Poikela 1998, 48).

Koulutus ei kuitenkaan ole pysynyt mukana ammattien jatkuvasti muuttuvissa vaateissa, eikä ole kyennyt tarjoamaan parhaita mahdollisia eväitä työelämää varten. Yhteiskunnan asettamiin haasteisiin koulutuksen järjestämiseksi uudella tavalla niin, että kyetään lisäämään koulutuksen relevanssia suhteessa ammattien uusiin vaatimuksiin, on pyritty vastaamaan kehittämällä ongelmaperustaisen oppimisen malli (Poikela emt., 44).

Ammatilliset käytännöt ovat kuitenkin jatkuvassa muutoksen tilassa, johon yhtenä syynä on tiedon muuttuva luonne. Tieto ja osaaminen eivät ole luonteeltaan staattisia ja pysyviä, vaan niitä on kyettävä muuntamaan jatkuvasti. Ongelmaperustainen oppiminen pyrkiikin tarjoamaan vastauksen post-modernin tietoyhteiskunnan osaamisen vaatimuksiin, joissa korostuvat tiedonkäsittelyn, vuorovaikutuksen ja ongelmanratkaisun taidot (Poikela emt.).

Erityisesti luvussa 3.1 esitellyt kognitiiviset ja kokemukselliset oppimisenäkemykset vaikuttavat ongelmaperustaisen oppimisen taustalla. Periaatteet oppijan itseohjautuvuudesta ja opettajasta toimimisen fasilitaattorina pohjautuvat humanistiseen oppimisenäkemykseen (Poikela emt., 69).

3.2.1 Ongelmaperustainen oppiminen

Ongelmaperustaisessa oppimisessä pyritään alusta alkaen teorian ja käytännön kiinteään yhdistämiseen sekä eri tieteenalojen integrointiin. Oppimisen lähtökohtana toimivat ammatillisesta käytännöstä nousevat todelliset ongelmatilanteet (Poikela 1998, 3). Oppimisen organisoinnin pääperiaatteena on teorian ja käytännön integrointi sekä ammatillisesta käytännöstä nousevien tilanteiden käyttäminen opetuksen lähtökohtana (Poikela emt., 6).

Alkuvaiheessa järjestelmää toteutettiin lääkärikoulutuksessa. Ensimmäiset kokeilut tapahtuivat Pohjois-Amerikassa jo 1950-luvulla, mutta laajemmin uutta järjestelmää alettiin soveltaa 1960-luvulla. Suomessa ongelmaperustainen oppiminen on herättänyt kiinnostusta lääkäri- ja terveydenhuoltoalan koulutuksen lisäksi erityisesti ammattikorkeakoulusektorilla (Poikela emt., 7-8).

Ongelmaperustaisessa oppimisessä oleellista on eri tiedonalojen jatkuva yhdistely siten kuin käsiteltävänä olevat ongelmat vaativat. Oppiminen alkaa ammatilliseen käytäntöön liittyvän ongelman käsittelyllä ja oppija itse hankkii tietoa tilanteen vaatimalla tavalla. Oppiminen ei tapahdu kuuntelemalla miten asiat ovat, vaan oman aktiivisen kyselyn ja tiedonhankinnan kautta. Tämä mahdollistaa hyvin strukturoituneen tietoperustan muodostumisen ja perusteellisen oppimisen. Vaikka ongelmaperustaisessa oppimisessä onkin kohdistettu kritiikkiä luentoja kohtaan, niitä ei sinänsä aliarvioida tai kielletä. Ne voivat parhaimmillaan olla kiinnostavasti esitettyjä tietopaketteja, mutta varsinaisia oppimistilanteita ne eivät ole. Oppimistilanteet perustuvat ryhmätyöskentelyyn, jossa dialogin avulla kyetään jakamaan relevantti tieto ja kokemukset. Oppimisjärjestelyjen tavoitteena on rohkaista yhteistyöhön ja yhteiseen vastuuseen oppimisesta. Oppimista tuetaan systemaattisesti ohjaamisella eli tutoroinnilla (Poikela emt., 8).

Luennoista on luovuttu mahdollisimman pitkälle ja opetus on organisoitu ensisijaisesti työskentelynä pienryhmissä. Työskentely voi edetä eri tavoin alasta ja käsiteltävästä sisällöstä riippuen, mutta pääperiaatteet ovat yhteisiä. Opetussuunnitelma koostuu muutaman viikon pituisista jaksoista, joilla jokaisella on keskeinen teema-alue. Teemat valitaan ammatillisesta käytännöstä nousevien tärkeiden aihealueiden perusteella. Jokaisen jakson teema integroi useampia aiheita ja tieteenaloja (Poikela emt., 9).

Opiskelijoiden muodostamaa pienryhmää ohjaa opettaja, tutor, jonka vetämiä tapaamisia kutsutaan tutoriaaleiksi eli tutoristunnoiksi. Tutoriaalissa uusi oppimistilanne esitetään mahdollisimman pitkälle siten kuin se ilmenisi todellisessa ammatillisessa käytännössä. Tämän vuoksi tilannetta ja ongelmaa ei ole mahdollista rajata yhteen opetettavaan aineeseen, vaan ne ovat luonteeltaan tyypillisesti poikkitieteellisiä (Poikela emt.).

Ongelma esitetään ennen kuin tarkasteltavaa aihetta on käsitelty muilla tavoin. Tavallisesti ryhmä keskittyy intensiivisesti yhden ongelman käsittelyyn kerrallaan. Ryhmä tarjoaa oppimiselle kontekstin, jossa on mahdollista harjoitella tutkivaa ajattelua sekä tunnistaa omia oppimistarpeita. Tutorin tehtävänä on ohjata tilanteen analysointia. Hän kyselee, kannustaa ja auttaa oppimista, mutta ei tarjoa tietoa valmiina tai puutu ryhmän toimintaan tarpeettomasti. Ryhmässä työskentely stimuloi yksilöllistä oppimista ja ohjaa auttamaan toisten oppimista. Yksi tavoite on opettaa työskentelyä tehtävä-orientoituneessa ryhmässä (Poikela emt.).

Ryhmäistuntojen välillä on aikaa itseopiskelun vaiheelle, jonka kesto voi vaihdella muutamasta tunnista muutamaankin päivään. Itseohjattu opiskelu ei tarkoita välttämättä yksinäistä tiedonhankintaa ja yhdessä voidaan opiskella muutenkin kuin tutoristunnoissa. Tavoite on, että oppijat kehittävät omia tiedonhankintataitojaan ja vastuuta omasta oppimisestaan. He voivat opiskella siellä, mistä tieto on löydettävissä eli oppimista ei yritetä rajoittaa luokkahuoneympäristöön vaan se tapahtuu mahdollisimman luonnollisessa ympäristössä (Poikela emt., 9-10).

Ongelman käsittely syvenee seuraavassa tutoriaalissa, kun uusi tieto sovelletaan käsiteltävään tilanteeseen. Tavoitteena on selkiyttää oppimista, palata alkutilanteeseen eli käsiteltävään ongelmaan ja arvioida opittua sitä vasten. Tutorin tärkein tehtävä on havainnoida, miten opittavat asiat on

ymmärretty ja selkiyttää hankalia kohtia. Ryhmätyöskentelyn tavoite ei ole ainoastaan teemaan liittyviin teorioihin, mekanismeihin ja metodeihin tutustuminen. Yhtä tärkeää on myös oppia, miten erilaisia ongelmia voidaan lähestyä ja huomata miten monenlaiset perspektiivit voivat olla relevantteja saman aihepiirin kannalta. Arviointi on tärkeää työskentelyn eri vaiheissa. Sillä ei tarkoiteta ainoastaan opittujen tietojen, taitojen tai asenteiden arviointia. Oleellista on koko oppimisprosessin, tilanteen analyysin ja itseohjatun oppimisen arviointi sekä yksilön että ryhmän tasolla (Poikela emt., 10).

3.2.1.1 Ryhmä oppijana

Ongelmaperustaisessa oppimisessa keskeiseen ryhmätyöskentelyn kautta tapahtuvan oppimisen organisointiin on joskus kohdistettu epäilyksiä, sillä konteksti vaikuttaa perinteisiin opetusjärjestelyihin verrattuna vain osittain strukturoidulta. Ryhmässä oppiminen on kuitenkin luonteeltaan dialogista ja diskurssiivista, ja siihen liittyy opittavan yhä uudelleen työstäminen ja käsittely yhteistyössä toisten oppijoiden kanssa. Dialogin lisäksi ryhmän työskentelyssä ovat tärkeässä osassa muut ongelmaperustaisen oppimisprosessin elementit, kuten kysymysten ja hypoteesien esittäminen sekä niiden kriittinen, jatkuva arviointi. Ryhmätyöskentely tukee käsiteltävien ammatillisten tilanteiden mahdollisimman todenmukaista esittämistä ja käsittelyä sekä mahdollistaa tehokkaan oppimisen (Poikela 1998, 30).

Koska työskentely tapahtuu ryhmissä, sosiaaliseen vuorovaikutukseen liittyviä tekijöitä ei voida ohittaa (Poikela emt., 31). Ryhmässä työskentelyn tavoitteena on ongelmanratkaisun lisäksi kehittää vuorovaikutustaitoja sekä tulla tietoiseksi erilaisista yhteistyöhön liittyvistä tekijöistä, joita ovat esimerkiksi taidot kuunnella, vastaanottaa ja antaa tarvittaessa kriittistäkin palautetta, suunnitella yhteiset oppimistavoitteet sekä kantaa vastuu omasta ja toisten ryhmän jäsenten oppimisesta (Poikela emt., 34).

Tutoristunnon periaatteita kuvatessaan Davis (1995) ja Woods (1994) viittaavat yhteistoiminnallisen oppimisen periaatteisiin (julkaisussa Poikela, emt.). Nämä viisi periaatetta – positiivinen keskinäinen riippuvuus, vuorovaikutteinen viestintä, yksilöllinen vastuu (ei pelkästään omasta oppimisesta, sillä kaikki ovat osavastuussa koko ryhmän oppimisesta), sosiaalisten ryhmätaitojen kehittäminen sekä toiminnan yhteinen pohtiminen – soveltuvatkin mainiosti periaatteiksi myös ongelmaperustaiselle ryhmätyöskentelylle (Poikela emt., 34-35).

Yksi tapa kehittää vuorovaikutustaitoja ja lisätä samalla positiivista keskinäistä riippuvuutta on ryhmäläisille annettavat erilaiset roolit. Ongelmaperustaisessa oppimisessa ovat yleensä käytössä puheenjohtajan ja sihteerin roolit. Käytössä voi olla myös muita rooleja, kuten ymmärtämisen tarkastaja, rohkaisija tai tarkkailija. Rooleja on tarpeen sekä harjoitella että kierrättää jäsenten keskuudessa (Poikela emt., 35).

3.2.1.2 Opettajasta ohjaajaksi

Ongelmaperustaisen oppimisen omaksuminen ja soveltaminen vaatii toteutuakseen kokonaisen opetuskulttuurin muutoksen, eikä tule olemaan yksinkertaista. Oppijoiden osalta muutos edellyttää entistä suuremman vastuun ottamista omasta opiskelusta. Oppimisen tueksi tarvitaan uudenlaisia resursseja, kuten tiloja ja materiaaleja itseopiskelun tehokkaaseen toteuttamiseen. Saavutetuista kokemuksista voidaan hyötyä vain yhteisen arvioinnin ja reflektoinnin avulla ja muutoksen ehtona onkin opiskelijoiden ja henkilökunnan säännöllinen yhteistyö, tapaamiset ja arviointi. Tutorin tehtävänä puolestaan on parhaalla mahdollisella tavalla ohjata oppijoiden ajattelu- prosessia tekemällä sellaisia sisällöllisiä kysymyksiä, joita hän voisi ammattilaisena tehdä itselleen vastaavassa ongelmanratkaisutilanteessa (Poikela 1998, 40-41). Ideaalitalanne olisikin, että tutorina toimisi kyseisen ongelmatilanteen

ratkaisuun erikoistunut asiantuntija, jolla olisi pedagogisen koulutuksen pohjalta mahdollisuus ohjata ongelmaperustaista oppimisprosessia. Tämä ei aina ole mahdollista, jolloin tutorin on pyrittävä toimimaan parhaan tietonsa ja taitonsa mukaan. Tutorikin voi oppia prosessin aikana sekä yhdessä oppijoiden kanssa että erityisesti oppijoilta. Ongelmaperustaisessa oppimisessä opettaja ei olekaan opetustilanteen avainhenkilö, vaan oppimisen stimuloija ja oppijoiden opas heidän jalostaessaan tietoa ja kokemuksiaan oppimiseksi (Poikela emt., 38).

3.2.1.3 Ongelmaperustaisen oppimisen mallit

Ongelmaperustaista oppimista on pyritty jäsentämään sekä vaihe- ja askelmallien että syklimallien perusteella (Poikela 1998, 71-79). Näistä syklimallit kuvaavat mielestäni osuvammin asiantuntijayhteisön työssään käyttämää toimintatapaa, minkä vuoksi keskityn seuraavassa syklimallien esittelyyn.

Syklimalleissa oppimisen prosessiluonne, ongelmanratkaisun jatkuvuus ja jatkuvan arvioinnin merkitys korostuvat. Opetukselle on ominaista monialaisuus ja poikkitieteellisyys. Teoria ja käytäntö ovat punoutuneet erottamattomasti yhteen, eikä ole olemassa selkeää jakoa teoreettisten käsitteiden ja käytännöllisen soveltamisen välillä. Teoriasta ammennetaan tietoa ongelmanratkaisun vaatimalla tavalla ja fokus on paremminkin tiedon hankkimisen ja oppimisen prosessissa kuin näiden prosessien lopputuloksessa (Poikela emt., 75).

Ongelmaperustaisen oppimisprosessin yhteydessä arvioinnin kohde muuttuu opettajan tekemästä arvioinnista itse- ja vertaisarvioinniksi. Viestintä- ja vuorovaikutustaitoihin ja niiden kehittämiseen tulee myös kiinnittää huomiota, koska tiedon prosessoinnista ja omista käsityksistä muiden kanssa

kommunikoinnissa tarvitaan muutakin kuin puhtaasti alan substanssiin liittyviä taitoja (Poikela emt., 76).

Kuviossa 3 esitetään Linköpingin yliopistossa käytössä oleva syklinen skenaariomalli, joka on esimerkki yksityiskohtaisesti jäsennetyistä oppimisprosesseista. Sen lähtökohtana korostuu oppimisen syklisyys ja jatkuvuus. Prosessin ytimessä on arviointi sekä oppimisen että ongelmanratkaisun kannalta (Poikela emt., 76).



KUVIO 3. Ongelmaperustaisen oppimisen skenaariosykli (Poikela 1998, 77).

Usein prosessi sujuu joustavasti kuudenteen vaiheeseen saakka, mutta viimeistään siinä vaiheessa havaitaan mahdolliset puutteet oppimistaidoissa, kuten tiedonhankinnassa ja -käsittelyssä. Itsenäisen opiskelun vaihe ei automaattisesti tarkoita opiskelua yksin, vaan oppiminen voi tapahtua ryhmässä tai pareittain. Tutorointi, oppimisen ohjaaminen, on tarpeen myös tässä vaiheessa eli tukea ja apua pitäisi olla tarjolla itsenäisenkin työskentelyn aikana (Poikela emt., 77).

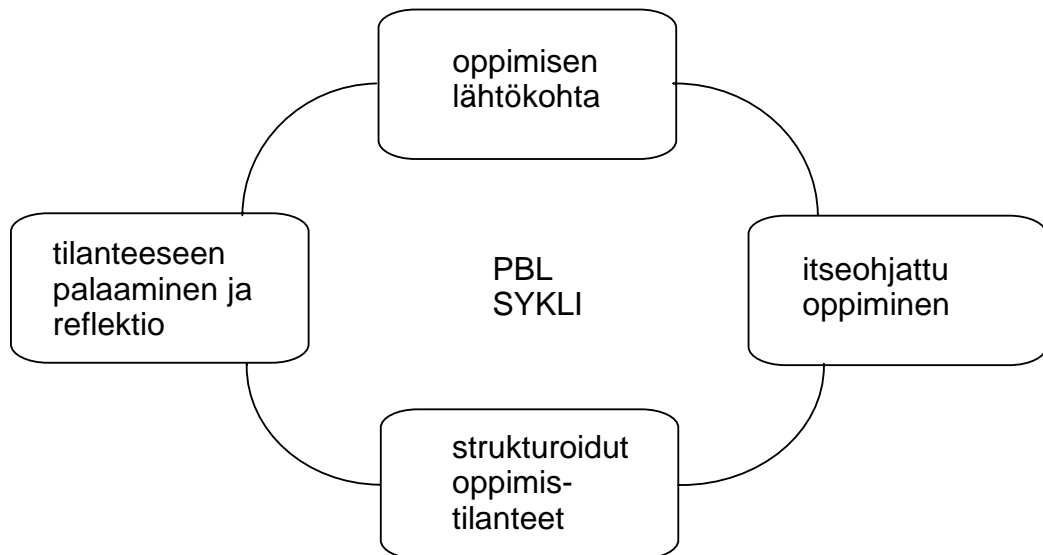
Edellä esitellyssä skenaariomallissa oppimisprosessin vaiheet on jäsennetty tiukasti. Tämä on tarpeellista erityisesti silloin, kun ollaan siirtymässä uuteen oppimiskulttuuriin ja kaivataan selkeää malli toiminnan jäsentäjäksi. Jos ongelma-perustainen oppimiskulttuuri on ehtinyt vakiintua, tarkan jäsen-nyksen sijasta näytettäisiin antavan enemmän tilaa mallien moninaisuudelle ja keskusteltavan niiden strategisesta käytöstä eri tarkoituksia varten.

Esimerkiksi Australiassa, Newcastle'n yliopistossa, ongelma-perustainen oppiminen on ollut käytössä pitkään. Siellä suhtautumista erilaisiin malleihin näyttääkin luonnehtivan tietty suurpiirteisyys ja niistä puhutaan pikem- minkin strategioina, joita voidaan soveltaa käyttötarkoituksensa mukaisesti (Poikela emt., 78).

Littlen (1996, julkaisussa Poikela emt., 79) strategiamalli (ks. kuvio 4) toimii soveltamisen pohjana, mutta antaa tilaa erilaisille lähestymistavoille.

Strategiasyklin vaiheet kuvaavat enemmän ongelma-perustaisen oppimisen elementtejä kuin jäsentävät selkeästi oppimisprosessia. Oppimisen lähtö-kohtana toimii todellisesta ammatillisesta käytännöstä nouseva tilanne, joka vaatii jonkinlaista reagoitua ja toimintaa. Todellisesta elämästä nousevien tilanteiden periaatetta pyritään noudattamaan niin pitkälle kuin mahdollista, vaikka ne toisinaan vaativat muotoilua. Ongelmat esitetään laajoina poikki- tieteellisinä skenaarioina, joissa heijastuu ammatillisen käytännön moninai- suus eli ne ottavat huomioon myös tilanteiden sosiaalisen, poliittisen ja eettisen kontekstin.

Tärkeä osa oppijan toimintaa on itseohjautuvan oppimisen vaihe, jota täyden- netään erilaisilla strukturoiduilla oppimistilanteilla. Ne voivat olla harjoi- tuksia, tutustumiskäyntejä, mutta vain harvoin luentoja, koska luennolla valmiissa muodossa saatu tieto passivoi opiskelijoita. Prosessi sisältää aina oppimisen reflektoinnin ja palaamisen oppimisen lähtökohtana olleeseen tilanteeseen (Poikela emt., 79).



KUVIO 4. Ongelmaperustaisen oppimisen

(Problem Based Learning = PBL) strategiamalli (Poikela 1998, 78).

Oppimisen fokus on alusta lähtien ammattilaisen työssään tarvitsemissa ajatteluprosesseissa, joita pyritään tunnistamaan, harjoittamaan ja arvioimaan. Tavoitteena on samalla käsitteellisen ja teoreettisen tiedon soveltaminen. Oppimistulosten arviointiin sisältyy oppimisen tavoitteeksi asetettujen taitojen, tietojen ja arvojen integroinnin pohtiminen. Myös strategiamallin yhteydessä arviointi kohdistuu koko oppimisprosessiin, eli sisältää sekä ongelman käsittelyn vaiheet että itseohjatun ja ryhmässä tapahtuneen oppimisen (Poikela emt.).

3.2.1.4 Yhteenveto

Lainaan seuraavassa Sari Poikelan ”Ongelmaperustainen oppiminen, Uusi tapa oppia ja opettaa?” –teoksen (1998) kappaleen 4.4 Yhteenvetoa (s. 42-43), joka mielestäni erinomaisesti kiteyttää ongelmaperustaisen oppimisen keskeisimmät periaatteet:

Ongelmaperustaisessa oppimisessä koulutuksen organisoinnin lähtökohtana ovat ammatillisesta käytännöstä nousevat ongelmatilanteet, joiden avulla pystytään teorian ja käytännön kiinteään yhdistämiseen heti koulutuksen alusta saakka. Erilliset tieteenalat kyetään näin integroimaan ja keskeiseksi oppimisessä nousee uuden tiedon rakentuminen, järjestäminen ja uudelleen määrittäminen aiemmin opitun perusteella. Oppiminen tapahtuu kiinteästi ryhmässä ja edellyttää aktiivisuutta kaikilta oppijoilta eli jo opiskeluaikana opitaan työskentelemään samantyyppisesti kuin tulevassa työympäristössä.

Opetussuunnitelman tasolla tämä tarkoittaa laajimmillaan luopumista kokonaan yksittäisten oppiaineiden opettamisesta. Oppimisen lähtökohtana olevat ongelmat heijastelevat ammatillisen käytännön oleellisia osaamisalueita ja voivat olla luonteeltaan hyvin erilaisia. Suppeimmillaan ne ovat tarkasti ennalta määriteltäviä tehtäviä, joilla on yksi oikea lopputulos. Laajimmillaan ongelmat voivat olla skenaarioita, joille on ominaista, ettei yhtä oikeaa vastausta ole aina olemassa ja lopputulokseen voidaan päästä monella tavalla eli ratkaisun ehtoja ei ole määriteltä ennalta.

Sama logiikka vaikuttaa oppimisen ohjaamisessa. Tutor voi ohjata oppimisprosessia tiukasti vaihe vaiheelta, jolloin oppijoiden todelliselle itseohjautuvuudelle ei välttämättä jää tilaa. Toisaalta tutor voi luottaa itseohjautuvuuteen ja toimia oppimisen resurssina tarvittaessa. Ongelmaperustainen oppiminen muuttaa koko oppimiskulttuuria ja kiinteä yhteistyö kollegoiden kanssa on muutoksen perusedellytys. Opettajan roolissa muutos tapahtuu tiedon jakajasta oppimisen tukijaksi ja resurssiksi. Vastuu oppimisesta ei ole vain opettajalla, vaan oppijalta edellytetään autonomisuutta ja itseohjautuvuutta sekä toimimista tehokkaana ryhmän jäsenenä. Ohjaaja, tutor tukee ja auttaa oppimista sekä ryhmätyöskentelytilanteissa että itseopiskelun vaiheissa.

Arvioinnilla on oppimisprosessissa erityinen merkitys. Arviointi ohjaa oppimista ja opetuskäytäntöjen uudistamisen myötä on arviointikäytäntöjenkin muututtava. Kyse ei ole ainoastaan oppimistulosten arvioinnista, vaan oppimisen eri vaiheisiin liittyvästä prosessi-, itse- ja ryhmäarvioinnista. Opettaja ei ole ainoa palautteen antaja, vaan oppijat ovat aktiivisesti mukana arvioinnissa. Monipuolinen ja oppimista tukeva arviointi on oleellinen osa tehokasta oppimisen organisointia.

3.2.2 Tutkiva oppiminen

Professori Carl Bereiter (julkaisussa Hakkarainen, Lonka & Lipponen 1999, 193) kutsuu yhteisöllistä aikaisemman tiedon syventämisen ja uuden tiedon luomisen prosessia, joka on ominaista asiantuntijayhteisöjen toiminnalle, tiedonrakenteluksi. Hänen mukaansa nykyiset oppimiskäytännöt perustuvat ajatukseen, jonka mukaan ihmisen mieli on eräänlainen säiliö ja oppiminen eräänlaista tiedon kasautumista mieleen. Älyllisessä toiminnassa on kuitenkin tärkeä merkitys kulttuurin tuottamilla käsitteillä ja malleilla, joita ihminen käyttää oman ajattelunsa välineenä. Opiskelun tavoitteena tulisikin olla sellaisten valmiuksien hankkiminen, joiden avulla ihminen oppisi itsenäisesti käyttämään hyväkseen kulttuuritiedon maailmaan sisältyvää tietoa ja luomaan uutta kulttuuritietoa (Hakkarainen ym. emt., 191-194). Oppimiskäytäntöjen muuntamista vastaamaan asiantuntijoiden tiedonrakentelun käytäntöjä, niiden integroimista kulttuuritiedon maailmaan sekä uuden kulttuuritiedon tuottamista varten on kehitetty niin kutsuttu tutkivan oppimisen malli.

Tutkivan oppimisen mallissa tiedonrakentelua yhdistää tietoon ja ymmärrykseen liittyvien käsitteellisten tai tieto-ongelmien ratkaiseminen. Oppimisyhteisö pyritään organisoimaan tiedeyhteisön tapaan jäljittelemällä sille tyypillisiä tiedonrakentamisen käytäntöjä kuten ajatusten ulkoinen esittäminen, sosiaalinen vuorovaikutus ja älyllisen toiminnan työnjako, joiden varassa se pystyy ratkaisemaan monimutkaisia ongelmia (Hakkarainen ym. emt., 200-201). Tavoitteena on ylittää ihmisen älykkään toiminnan rajoitukset muodostamalla asiantuntijayhteisöä muistuttavan oppimisyhteisö. Yhteisön ajatellaan olevan enemmän kuin sen muodostamien yksilöiden summa.

Tutkivan oppimisen osatoiminnot ovat:

- a) Kontekstin luominen ja opetuksen ankkurointi. Käsiteltävä teema ankkuroidaan oppijan aikaisempiin kokemuksiin. Samalla selvitetään, mitä he jo tietävät opittavasta asiasta ja minkälaiset käsitykset vaikuttavat siihen, kuinka uusi tieto tulkitaan.
- b) Ongelmalähtöinen oppiminen. Tutkivassa oppimisessa uutta tietoa ei sulauteta suoraan aiempiin tietorakenteisiin vaan se rakennetaan ratkaisemalla tieto-ongelmia sekä luomalla ja arvioimalla omia teorioita ja selityksiä. Opiskelija käsittelee uutta tietoa ongelmallisena asiana, joka täytyy selittää. Tärkeä merkitys on opiskelijoiden itsensä asettamien ongelmien ratkaisemisella. Ideana on tukea opiskelijan osallistumista asteittain syvenevään tutkimusprosessiin jakamalla prosessin lähtökohtana oleva ongelma joukoksi pienempiä ongelmia, jotka vaativat uuden tiedon hankkimista.
- c) Selittämiseen tähtäävä oppiminen. Toinen keskeinen osatekijä tutkivan oppimisen menetelmässä on opiskelijoiden omien työskentelyteorioiden luominen tutkimuksen kohteena olevista ilmiöistä. Tarkoituksena on rohkaista opiskelijoita ulkoistamaan omia intuitiivisia käsityksiään ja tulkintojaan sekä muuntamaan ne tietoisien tarkastelun ja yhteisöllisen pohdinnan kohteiksi. Tämä auttaa heitä ennen uuden tiedon hankintaa tiedostamaan eron oman käsityksen ja uuden informaation välillä.
- d) Kriittinen arviointi. Kriittinen arviointi viittaa prosessiin, jonka välityksellä opiskelijat arvioivat kriittisesti oman tutkimusprosessinsa edistymistä ja asettavat uusia tavoitteita. He voivat arvioida oppimisyhteisön tuottamia työskentelyteorioita, pohdiskella niiden vahvuuksia ja heikkouksia sekä verrata niitä tieteellisiin teorioihin. Tavoitteena on kehittää ja parantaa oppimisyhteisön kehittämiä teorioita nostamalla esiin niiden epäselvyyksiä tai puutteellisuuksia ja asettamalla uuden syventävän tiedon hankintaan liittyviä tavoitteita. Tärkeintä on,

- voidaanko ajatusta kehittää eteenpäin ja aukaiseeko se uusia näkökulmia tutkimuksen kohteena olevaan ilmiöön, ei niinkään se, onko ajatus muodollisesti oikein. Itseopiskelujakson aikana esiinnousseita ratkaisuvaihtoehtoja käsitellään ryhmissä edellä kuvattuun tapaan. Ryhmäkeskustelun pohjalta täydennetään tiedonhankintaprosessia.
- e) Uuden tiedon hankkiminen. Koko tutkivan oppimisprosessin tavoitteena on uuden ymmärryksen ja tiedon synnyttäminen. Työskentelyteorioita on testattava etsimällä tietoa erilaisista tiedonlähteistä, kuten tieteellinen ja ammattikirjallisuus, erilaiset kirjalliset ja sähköiset lähteet, asiantuntijoiden haastattelut tai kokeiden tekeminen ja tutkimusaineiston kokoaminen. Koska Hakkaraisen ja muiden (emt., luku 5) mukaan älykkään toiminnan lähtökohtana käytetään ajattelun työvälineitä, kuten kirjoittamista, opiskelijoiden tehtävänä on kirjoittaa muistiin havaintojaan, oivalluksiaan ja keskeisimpinä pitämiään seikkoja tutkittavaan asiaan liittyen. Kirjoittaminen tukee ajattelun kehitystä sekä selkiyttää ajatuksia ja sen tarkoituksena tulisikin olla opiskelijoiden omien ajatusten ja tietojen kehittäminen, uuden tiedon luominen sekä tuotetun tiedon välittäminen muille.
- f) Asiantuntijuuden jakaminen. Tutkivan oppimisen prosessit jaetaan oppimisyhteisöjen jäsenten kesken. Tavoitteena on ohjata oppilaat rakentamaan uusia ajatuksia toistensa kehittämien käsitteellisten luomusten varaan ja rohkaista heitä jäljittelemään yhteisössä syntyviä parhaita kognitiivisia käytäntöjä. Tiedon kehittyminen on koko yhteisön vastuulla (Hakkarainen ym. emt., 199-207).

Tutkiva oppiminen sisältää monia keskeisiä ongelmaperustaisen oppimisen piirteitä. Itse en näe näitä kahta lähestymistapaa erillisinä, vaan pikemminkin toisiaan täydentävinä. Hakkarainen, Lonka ja Lipponen luokittelevatkin ongelmaperustaisen, tai ongelmalähtöisen kuten he itse sitä kutsuvat, oppimisen tutkivan oppimisen sovellukseksi (Hakkarainen ym. emt., 216).

4 HARJOITUSTYÖN TOTEUTUS JA TULOKSET

Kutsuessani Cygnaeus-lukion oppilaat vierailulle Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle, suunnittelin vaiheistavani harjoitustyön kokemuksellisen oppimisen periaatteita mukaillen. Saamani palautteen perusteella pyrin kehittämään harjoitustyötä edelleen kohti ongelmaperustaisuutta.

Työskentelen itse tieteellisessä tutkimusryhmässä ja mielestäni ongelmaperustaisen ja tutkivan oppimisen mallit kuvaavat erinomaisesti innovatiivisen asiantuntijayhteisön toimintaa. Korkeakouluista valmistuneet toimivat tyypillisesti asiantuntijatehtävissä kohdaten haastavia ongelmanratkaisuprosesseja siten toimien oman kompetenssinsa ylärajoilla, oppien jatkuvasti uutta ja kasvattaen omaa asiantuntijaan (Tynjälä 2002, 160-161).

Koulutus ei kuitenkaan ole pysynyt mukana ammattien jatkuvasti muuttuvissa vaateissa, eikä ole kyennyt tarjoamaan parhaita mahdollisia eväitä työelämää varten. Ongelmaperustaisen oppimisen malli onkin kehitetty vastaamaan näihin haasteisiin (Poikela 1998, 44). Siksi haluan sisällyttää ongelmaperustaisen ja tutkivan oppimisen elementtejä omaan opetukseeni ja pyrkiä muokkaamaan esittelykansion harjoitustyötä niiden suuntaiseksi. Mielestäni nämä periaatteet motivoivat ja innostavat koululaisia kemian opiskeluun sekä tarjoavat totuudenmukaisen kuvan tulevasta työstä asiantuntijayhteisössä. Ongelmaperustaisen oppimisen periaatteita noudatteleva harjoitustyö voisi hyvinkin toimia apuvälineenä Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen markkinoinnissa.

4.1 Kofeiinin eristäminen teestä – Cygnaeus-lukion oppilaiden vierailu Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella

Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle keskiviikkona 20.4.2005 vierailulle kutsumani koululaisryhmä koostui yhdeksästä Jyväskylän Cygnaeus-lukion

oppilaasta sekä heidän opettajastaan. Oppilaat olivat ensimmäisen ja toisen vuosikurssin opiskelijoita. Ryhmä oli koottu erityisesti kemiasta kiinnostuneista oppilaista, mikä näkyikin innostuneisuutena harjoitustöiden suorittamisessa ja laitokseen tutustumisessa. Vierailun ja harjoitustöiden eräänä keskeisenä teemana oli markkinoida oppilaille kemian ja luonnontieteiden opiskelua yleensä ja erityisesti Jyväskylän yliopistossa. Harjoitustyötä suorittamassa oli myös Jyväskylän ammattioppilaitoksessa laborantiksi opiskeleva oppilas, joka oli suorittamassa työssäoppimisjaksoaan Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian osastolla.

Aloitimme ohjelman kello 10.00 Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian oppilaslaboratoriossa, jossa esittelin oppilaille itseni ja loin heille yleiskatsauksen päivän kulusta. Lisäksi käytimme hetken keskeisimpiin turvallisuuteen liittyviin tekijöihin tutustumiseen. Näitä ovat jauhesammuttimen ja sammutuspeitteen, hätä- ja silmäsuihkujen, nestekaasun päähanan, ensiapulaukun ja puhelimen paikat sekä hätäuloskäynnit. Lisäksi mainitsin orgaanisen kemian laboratoriossa työskentelyyn liittyvistä erityispiirteistä, kuten haihtuvista ja helposti syttyvistä liuottimista, joiden vuoksi kaikki harjoitustyöt tehdään vetokaapeissa, sekä yleisistä käytänteistä laboratoriotakin ja suojalasien suhteen.

Harjoitustyön suorittamisen aloitimme tutustumalla siihen liittyvään teoriaosuuteen ”Orgaanisen kemian harjoitustöitä vieraileville opiskelijaryhmille” –monisteessa (ks. liite 2). Oppilaat lukivat teoriaosuuden itsenäisesti läpi, minkä jälkeen käsitelimme sen keskeisimpiä teemoja vielä yhteisesti. Varsinainen työn suorittaminen jakautui lopulta kahteen osaan; kofeiinin eristämiseen teestä sekä tuotteen puhtauden tarkistukseen. Uudelleenkiteytystä emme aikataulun puitteissa ehtineet suorittaa, vaikka se suunnitelmiini kuuluikin. Tuotteen puhtauden tarkistimme ainoastaan NMR-

spektrometriä käyttäen, vaikka alun perin tarkoitukseni oli tarkistuttaa oppilailla tuotteen puhtaus myös määrittämällä sen sulamispiste.

Kävimme ensimmäisen työvaiheen ja siihen liittyvät erityispiirteet yksityiskohtaisesti läpi, minkä jälkeen oppilaat saivat ryhtyä suorittamaan työtä 3-4 oppilaan ryhmissä. Oppilaat punnitsivat 0.5 l:n erlenmeyerpulloon 25 grammaa teelettiä. Niiden päälle kaadettiin 225 ml kiehuvan kuumaa vettä. Ensimmäisen ongelman kohtasimme yrittäessämme kuumentaa vettä kiehuvaksi. Suurin osa oppilaiden käyttöön varaamistani keittolevyistä osoittautui joko täysin toimimattomiksi tai vaihtoehtoisesti teholtaan riittämättömiksi. Keittolevyjen kunto kannattaakin siis ehdottomasti tarkastaa ennen työn aloittamista, jottei turhaa aikaa kuluisi veden kiehumisen odotteluun. Teelehti-vesi-seoksen annettiin seisoa 7 minuuttia, minkä jälkeen värillinen vesiliuos kaadettiin toiseen erlenmeyerpulloon. Tässä vaiheessa kohtasimme toisen ongelman; teelettien määrä verrattuna veden määrään oli melko suuri, minkä seurauksena lehdet imivät lähes kaiken veden ja vesiliuoksen kaataminen toiseen erlenmeyerpulloon osoittautui hankalaksi. Tämän lisäksi teeledet eivät jääneet alkuperäiseen astiaan, vaan pyrkivät siirtymään veden mukana toiseen erlenmeyerpulloon. Työohjeen mukaan teeledet voidaan korvata kymmenellä teepussilla (tällöin myös astia on syytä vaihtaa erlenmeyerpullosta esimerkiksi 600 ml:n dekantterilasiksi) ja käytännön kokemusten perusteella suosittelenkin niiden käyttämistä. Kuumien teelettien päälle kaadettiin vielä 50 ml kiehuvan kuumaa vettä ja neste kaadettiin heti ensimmäisen uutteen joukkoon.

Kun vesiliuos oli jäähtynyt lähelle huoneen lämpötilaa, sitä uutettiin kaksi kertaa 30 ml:lla dikloorimetaania. Tässä vaiheessa kävimme läpi yksityiskohtaisesti ja minun demonstroimanani, kuinka erotussuppiloa käytetään uuttamiseen. Tämä on syytä tehdä aina ennen erotussuppilon käyttöä.

Yhdistetyt dikloorimetaanikerrokset kuivattiin vedettömällä natrium-sulfaatilla, suodatettiin kuivausaine ja evaporoitiin dikloorimetaani pois pyöröhaihdutinta käyttäen. Koska pyöröhaihdutinta käytettäessä työkennellään vakuuissa, on erityistä huomiota kiinnitettävä turvallisuusnäkökulmiin. Yksityiskohtainen perehdyttäminen sekä ohjaus ja valvonta ovat ehdottomasti tarpeen. Koska orgaanisen kemian oppilaslaboratoriossa on vain yksi pyöröhaihdutin, joutuivat oppilaat odottelemaan vuoroaan ehkä turhankin pitkään.

Työn suorituksen jälkeen on muistettava myös siivota jäljet. Suodatin voidaan pestä vedellä ja huuhtoa viemäriin. Teelehdet puolestaan voidaan panna roskakoriin. Oppilaita on syytä muistuttaa käytännöstä, jonka mukaisesti dikloorimetaani kerätään halogenoiduille liuottimille tarkoitettuun jäteastiaan. Tässä yhteydessä on hyvä käsitellä myös liuotinjätteen keräyksen perusteita.

Puhtauden tarkistus suoritettiin demonstraation omaisesti orgaanisen kemian osaston NMR-laboratoriossa. Kunkin ryhmän tuotteesta mitattiin ^1H NMR-spektri. Spektrien mittauksen yhteydessä loin oppilaille lyhyen katsauksen NMR-spektrometriasta analyysimenetelmänä. Lopuksi oppilaat pääsivät vertaamaan omasta tuotteestaan mitattua spektriä mallispektriin. Spektrien mittauksen yhteydessä tutustuimme myös orgaanisen kemian laboratorioon. Kiersimme tutkimuslaboratorioissa ja tutustuimme laboratorion ”isoihin” tutkimuslaitteisiin, NMR-spektrometreihin ja massaspektrometreihin. Samalla haastattelimme laboratoriossa työskenteleviä opettajia, opiskelijoita ja tutkijoita.

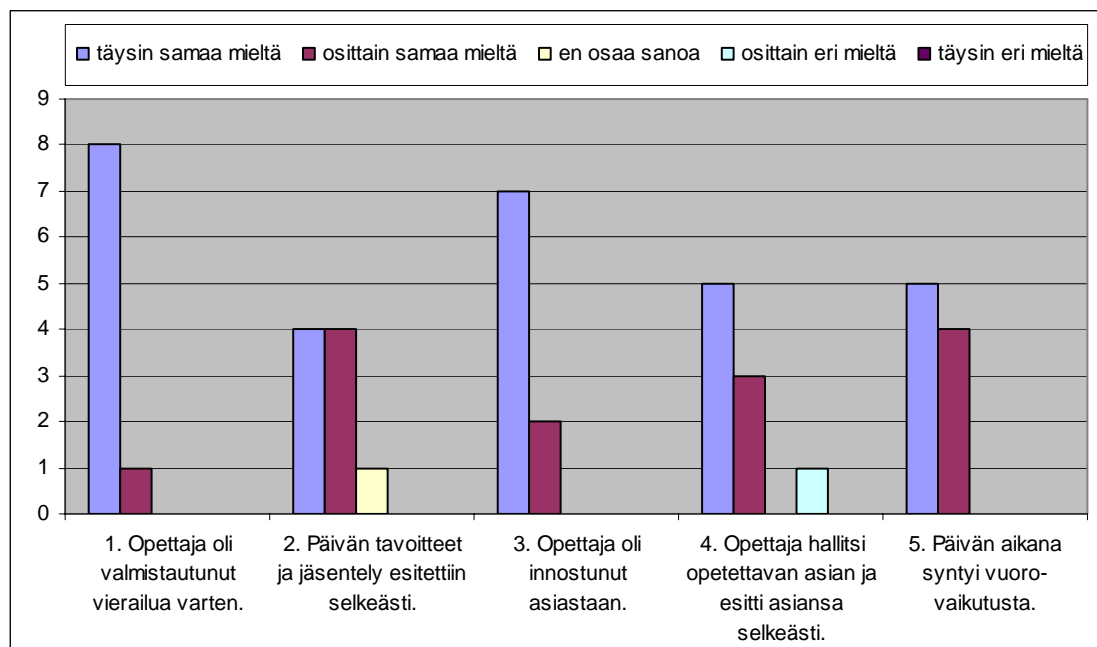
Koska oppilaat opiskelivat luonnontieteisiin painottuneessa lukiossa ja olivat erityisen kiinnostuneita kemiasta, halusin esitellä heille NMR-spektrometrin toimintaa ja havainnollistaa sen käyttöä tuotteiden puhtauden tarkistuksessa.

Tämä ei ole välttämätöntä, sillä NMR-spektrien mittaukseen menee jonkin verran aikaa – näytettä kohti kannattaa varata ainakin kymmenen minuuttia. Vieraanani ollut oppilasryhmä muodosti laboratoriossa kolme pienempää työryhmää, joten kaikkien työryhmien tuotteiden spektrien mittaukseen kului aikaa noin kolmekymmentä minuuttia. Koska kunkin ryhmän aktiivinen mittausaika oli kymmenen minuuttia, joutuivat oppilaat odottamaan vuoroaan 20 minuuttia. Tälle ajalle heille tulisikin keksiä mielekästä tekemistä. Koska spektrien mittauksen jälkeen palasimme laboratorioon täyttämään työselostuskaavakkeita (liite 3), olisi niiden täyttäminen jo odotusaikana ollut varteenotettava vaihtoehto. Tällöin kaavakkeet olisi tullut jakaa ja niiden täyttöperiaatteet käydä läpi ennen spektrien mittausta. Vaihtoehtoisesti spektrien mittaukseen kuluva aika voitaisiin lyhentää mittaamalla spektri ainoastaan yhden ryhmän tuotteesta. Kullekin oppilaalle jaettaisiin kopio mitatusta spektristä, jota sitten verrattaisiin mallispektriin.

Tuotteen puhtaus voitaisiin tarkistaa myös määrittämällä sen sulamispiste. Tämä tapahtuisi oppilaslaboratoriossa, jolloin tutkimuslaboratorioon ja ”isoihin” mittalaitteisiin tutustuminen eivät tapahtuisi harjoitustyön yhteydessä. Toisaalta esittelykansioon pohjautuvan vierailukäynnin ohjelmassa laboratorioon olisi tarkoitus tutustua erillisen tutustumiskierroksen muodossa. Myös sulamispisteen määrittämiseen tulisi varata riittävästi aikaa. Koska käytössä on vain yksi laite sulamispisteen mittaukseen, olisi odotusajaksi keksittävä mielekästä tekemistä. Kuten NMR-spektrejä mitattaessa, voitaisiin odotusaika tässäkin tapauksessa käyttää työselostuskaavakkeen täyttämiseen.

4.2 ”Päivä oli mielenkiintoinen ja kemian opiskelu alkoi kiinnostaa minua enemmän” – oppilaiden mietteitä vierailupäivästä

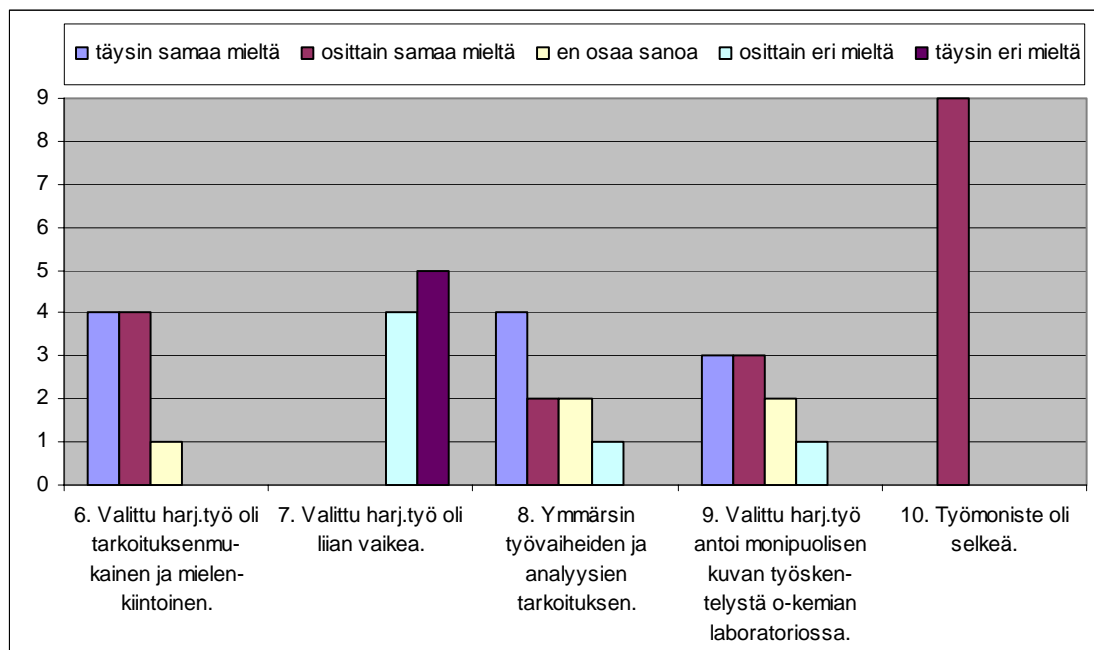
Työn suorituksen jälkeen keräsin oppilailta palautetta vierailupäivän sisällöstä ja harjoitustyöstä. Palautelomake (liite 4) koostui viidestätoista monivalintakysymyksestä ja viidestä avoimesta kysymyksestä. Palaute-
lomakkeen palautti yhdeksän oppilasta. Kuvioissa 5-7 esitetään moni-
valintakysymysten vastausjakaumat.



KUVIO 5. Oppilaiden palaute; kysymykset 1 - 5.

Palautteen perusteella valmistautumiseni vierailupäivää varten oli onnistunut. Oppilaiden mielestä olin myös ilmeisen innostunut esittämästäni asiasta. Päivän tavoitteet ja jäsentelyn sekä opetettavan asian esitin oppilaiden saaman vaikutelman mukaan pääosin selkeästi. Myös opetettavan asian hallintani koettiin melko hyväksi. Kaikkien oppilaiden mielestä välillemme syntyi vuorovaikutusta päivän aikana.

Oma arvioni päivän kulusta liikkui pitkälti samoilla linjoilla. Tapanani on yleensä valmistautua opetus- ja esiintymistilanteisiin huolellisesti. Koen olevani innostunut asiastani ja aiemmin saamani palautteen mukaan se myös välittyy minusta. Koen itse myös hallitsevani harjoitustyöhön liittyvät opetettavat asiat melko hyvin, sillä olen toiminut orgaanisen kemian osaston oppilaslaboratoriossa assistenttina ja ohjannut kemian approbatur-töitä. Tämäntyyppiset työt ovat siten minulle tuttuja ja olen tottunut ohjaamaan opiskelijoita laboratorioympäristössä. Minusta oli mukavaa, että oppilaiden mielestä välillemme syntyi vuorovaikutusta. Normaaleissa luentotilanteissa olen joskus saanut kuulla olevani hiukan liian etäinen opiskelijoita kohtaan. Laboratorioympäristössä vuorovaikutus yleensä on avoimempaa ja välittömämpää, mikä ilmeisesti välittyi myös oppilaille.

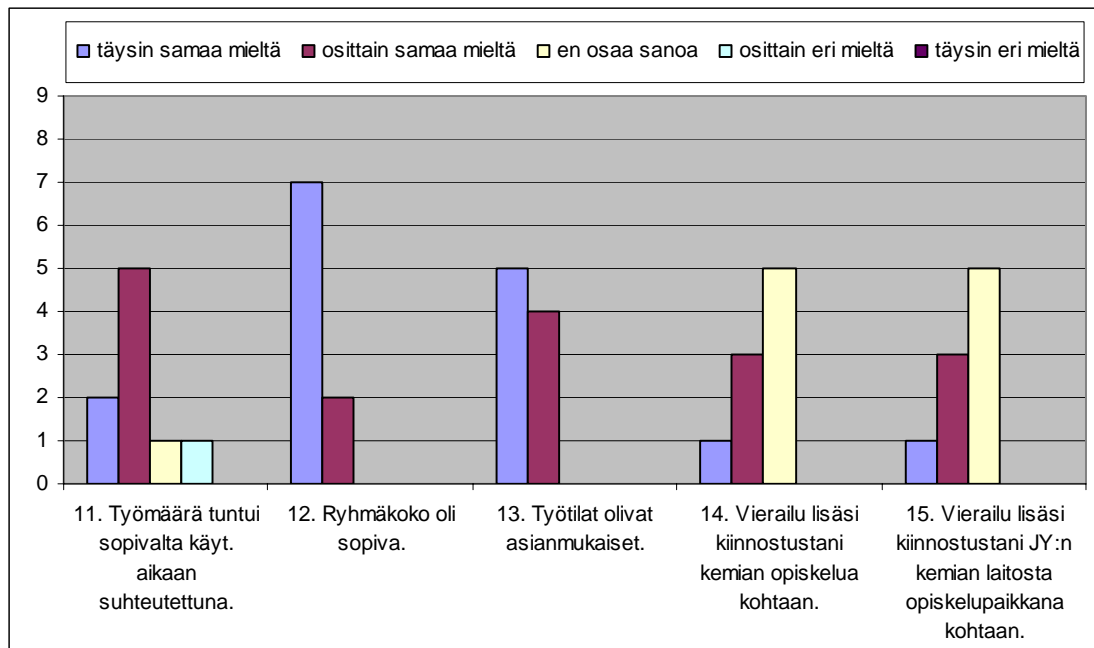


KUVIO 6. Oppilaiden palaute; kysymykset 6 - 10.

Suurin osa oppilaista koki valitun harjoitustyön tarkoituksenmukaiseksi ja mielenkiintoiseksi sekä työmonisteen selkeäksi. Työvaiheiden ja analyysien tarkoituksen ymmärtäminen ja valitun harjoitustyön monipuolisuus aiheuttivat runsaasti hajontaa vastauksissa. Pääasiassa työvaiheiden ja

analyysien tarkoituksen ymmärsivät paremmin oppilaat, jotka olivat suorittaneet useampia kemian kursseja (tyypillisesti 3-6). Yksi ensimmäisen vuoden opiskelija, joka oli suorittanut vain yhden kemian kurssin, arvioi ymmärtäneensä työvaiheiden ja analyysien tarkoituksen erittäin hyvin. Toisaalta yhdelle toisen vuoden opiskelijalle, joka oli suorittanut neljä kemian kurssia, työvaiheiden ja analyysien tarkoitus jäi melko epäselväksi. Kaikki oppilaat olivat osittain tai täysin eri mieltä väittämän 7: "Valittu harjoitustyö oli liian vaikea" kanssa. Tämä voidaan tulkita joko siten, että oppilaiden mielestä harjoitustyön vaikeustaso oli sopiva, tai siten, että harjoitustyö oli liian helppo. Kysymyksen muotoiluun olisi pitänyt kiinnittää enemmän huomiota, tai vastausvaihtoehtoja kysymyksen kohdalla täsmentää esimerkiksi seuraavasti: 5 = työ oli aivan liian vaikea, 4 = työ oli hieman liian vaikea, 3 = työn vaikeustaso oli sopiva, 2 = työ oli hieman liian helppo ja 1 = työ oli aivan liian helppo. Palautelomakkeet olisikin hyvä antaa täytettäväksi testiryhmälle ennen varsinaisen tutkimuksen suorittamista, jotta vastaavantyyppisiin ongelmiin ei tutkimuksen suoritusvaiheessa enää törmättäisi.

Valitun harjoitustyön monipuolisuudesta ei osattu sanoa tai oltiin osittain eri mieltä tyypillisesti useamman kemian kurssin (3-4) suorittaneiden keskuudessa. Oppilaat, jotka olivat suorittaneet yhden tai kaksi kemian kurssia, olivat pääosin sitä mieltä, että valittu harjoitustyö antoi monipuolisen kuvan työskentelystä orgaanisen kemian laboratoriossa. Osittain samaa mieltä väittämän kanssa oli tosin opiskelijoita, joiden suorittamien kemian kurssien lukumäärä oli 4-6.



KUVIO 7. Oppilaiden palaute; kysymykset 11 - 15.

Kaikki oppilaat arvioivat ryhmäkoon sopivaksi sekä työtilat asianmukaisiksi. Suurimman osan mielestä työmäärä oli sopiva käytettyyn aikaan suhteutettuna. Yksi oppilas ei osannut sanoa ja yksi oli väittämän kanssa osittain eri mieltä. Myös väittämän 11 muotoiluun olisi voinut kiinnittää enemmän huomiota, sillä väittämän kanssa eri mieltä olevien vastauksista ei selviä, oliko työmäärä käytettyyn aikaan suhteutettuna liian suuri vai liian vähäinen. Vastausvaihtoehtoja tämänkin väittämän kohdalla olisi voinut täsmentää esimerkiksi seuraavasti: 5 = työmäärä oli aivan liian suuri käytettyyn aikaan suhteutettuna, 4 = työmäärä oli hieman liian suuri käytettyyn aikaan suhteutettuna, 3 = työmäärä oli sopiva käytettyyn aikaan suhteutettuna, 2 = työmäärä oli hieman liian vähäinen käytettyyn aikaan suhteutettuna ja 1 = työmäärä oli aivan liian vähäinen käytettyyn aikaan suhteutettuna.

Neljä yhdeksästä (44 %) kyselyyn vastanneesta oli sitä mieltä, että vierailu lisäsi heidän kiinnostustaan kemian opiskelua kohtaan. Kolme näistä neljästä koki vierailun lisänneen myös kiinnostusta Jyväskylän yliopiston kemian

laitosta opiskelupaikkana kohtaan. Yksi oppilas, joka koki vierailun lisänneen kiinnostusta kemian opiskelua kohtaan, ei osannut sanoa lisäksi vierailu hänen kiinnostustaan nimenomaan Jyväskylän yliopiston kemian laitosta kohtaan. Toisaalta yksi oppilas joka ei osannut sanoa, oliko vierailu lisännyt hänen kiinnostustaan kemian opiskelua kohtaan, koki sen kuitenkin lisänneen kiinnostusta Jyväskylän yliopiston kemian laitosta opiskelupaikkana kohtaan. Kyseinen oppilas oli suorittanut kuusi kemian kurssia ja oli ilmeisen kiinnostunut kemiasta ja sen opiskelusta. Vierailun voidaan hänen kohdallaan todeta toteuttaneen tarkoituksensa – lisänneen lahjakkaan ja motivoituneen opiskelijan kiinnostusta Jyväskylän yliopiston kemian laitosta kohtaan. Viisi yhdeksästä (66 %) kyselyyn vastanneesta ei osannut sanoa, lisäksi vierailu heidän kiinnostustaan kemian opiskelua ja Jyväskylän yliopiston kemian laitosta opiskelupaikkana kohtaan.

Toisaalta yksikään kyselyyn vastanneista ei kokenut vierailun vähentäneen heidän kiinnostustaan kemian opiskelua tai Jyväskylän yliopiston kemian laitosta kohtaan. Tämä voidaan tulkita siten (oppilaiden taustan huomioon ottaen), että kaikki vierailulle osallistuneet olivat jo alun perin kiinnostuneita kemian opiskelusta. Jyväskylän yliopisto lienee ollut varteenotettava vaihtoehto opiskelupaikkaa valittaessa jo ennen vierailua. Toisaalta tulos voidaan tulkita myös siten, ettei tällainen vierailu lainkaan lisää (jos ei vähennäkään) oppilaiden kiinnostusta kemian opintoja tai Jyväskylän yliopistoa kohtaan. Mikäli tulkinta olisi tämä (johon en itse luonnollisesti halua uskoa), täytyy kuitenkin muistaa, että 44 % oppilaista koki vierailun kiinnostusta lisäävänä. Koululaisvierailujen toteuttamisen voidaan katsoa kannattavan niin kauan, kuin ne innostavat yhdenkin oppilaan kemian opintojen pariin, mielellään tietysti Jyväskylän yliopistoon.

Kysyttäessä oppilailta, kuinka he kehittävistä vierailupäivän sisältöä ja päivän aikana tehtävää harjoitustyötä, osa oppilaista vastasi ettei vierailu-

päivää heidän mielestään tarvitse kehittää. Toisaalta harjoitustyön toivottiin olevan lyhyempi tai haastavampi. Työhön toivottiin myös useampia itsenäisen työn vaiheita, jolloin tekemistä päivän aikana olisi enemmän. Kuten jo kappaleessa 4.1 ”Kofeiinin eristäminen teestä – Cygnaeus-lukion oppilaiden vierailu Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella” kuvattiin, vierailupäivään sisältyikin melko paljon odottelua. Odotusajaksi oppilaille olisi keksittävä mielekästä tekemistä, kuten kohdassa 4.1 esitetty työselostuskaavakkeen täyttö. Runsaasti palautetta tuli myös liiallisesta ammattisanaston käytöstäni. Termistön tuntemuksen puute vaikeutti opetuksen seuraamista ja työn suorittamista. Myös työn taustalla vaikuttavaa teoriaa toivottiin käsiteltäväksi yksityiskohtaisemmin.

Lisää tietoa toivottiin erityisesti pääsykokeista ja opiskeluun kuuluvista harjoitustöistä. Lopulliseen esittelykansioon onkin tarkoitus koota tietoa sekä pääsykokeista että opiskelusta. Mikäli koululaisvierailut tulevaisuudessa toteutetaan esittelykansion pohjalta, tulevat nämä aiheet esille luentosalissa pidettävässä tiedotustilaisuudessa, eivätkä ne siten kuulu harjoitustyön yhteydessä käsiteltävien asioiden piiriin. Tällä vierailulla niiden esittelyyn olisi tosin voinut varata aikaa.

Opettajan tyyliä kuvattiin selkeäksi ja hänen antamia ohjeita yksityiskohtaisiksi. Osan mielestä vaikeatkin käsitteet selitettiin huolellisesti, osa taas piti opettajan käyttämää kieltä ja termistöä vaikeana ja asioiden käsittelyä liiankin yksityiskohtaisena ja syvällisenä. Oppilaiden mielestä oli mukavaa, että opettaja oli mukana laboratoriotyöskentelyssä ja tarvittaessa ohjasi ”kädestä pitäen”.

Oppilaille jäi pääasiassa positiivinen kuva vierailupäivästä. Tämän työn kannalta erityisen lupaaviksi koin seuraavat oppilaiden kommentit:

”Positiivinen kokemus, ei tuntunut väkisin väännetyltä, vaan otettiin mukaan kemian maailmaan.”

”Päivä oli mielenkiintoinen ja kemian opiskelu alkoi kiinnostaa minua enemmän.”

4.3 Oppilaita aktivoiden – palautetta kouluttajalta ja ohjaavalta opettajalta

Cygnaeus-lukion kemian opettaja Irma Aroluoma ja Jyväskylän ammatti-korkeakoulun Ammatillisen opettajakorkeakoulun kouluttaja Kaija Hannula arvioivat vierailupäivää, harjoitustyötä ja toimintaani töiden ohjaajana. Sisällön hallintani arvioitiin erinomaiseksi. Sisällön tarkoituksenmukaisuutta esimerkiksi lukiolaisten yliopistovierailua ajatellen pidettiin myös hyvänä. Nuoremmille koululaisille työn katsottiin kuitenkin olevan liian vaativa. Oppilaiden lisäksi myös kouluttaja ja opettaja kiinnittivät huomiota liian vaikeisiin käsitteisiin, tekstiä on tarpeen popularisoida lukiolaisille. Ryhmätöiden katsottiin mahdollistaneen yhteistoiminnallisuuden ja ilmapiiri koettiin miellyttäväksi. Toimintaani kuvattiin joustavaksi, tehokkaaksi ja ystävälliseksi.

Toisaalta toivottiin, että olisin huomionnut oppilaiden heterogeenisyyden paremmin. Harjoitustyötä olisi syytä kehittää oppilaita aktivoivampaan suuntaan. Esimerkiksi ennen harjoitustyötä itsenäisesti suoritettu monisteen teoriaosuuden luku olisi voitu korvata aktivoivalla (kyselevällä) luennolla tai peräti ongelmaperustaisesti työelämälähtöisenä tapauksena. Tällöin myös asioiden syvällisempi ymmärtäminen ja tekemisen taustalla vaikuttavat seikat olisivat todennäköisesti selkiytyneet. Se mitä tehdään tuli kyllä selväksi, mutta miksi tehdään, jäi avoimeksi. Oppilaiden itseohjautuvuuden tukemiseksi heidän esittämiinsä kysymyksiin olisi voinut välillä vastata myös vastakysymyksin valmiin tiedon tarjoamisen sijaan. Harjoitustyön aloitukseen

toivottiin lyhyttä tutustumistuokiota, jossa opettajan lisäksi myös oppilaat esittäytyisivät.

Harjoitustyön todettiin olevan tarkoituksenmukainen, mikäli oppilaiden kemian pohja on riittävä (3-5 kurssia). Aikaa arvioitiin tarvittavan 5-6 tuntia. Oppimateriaalin kieli arvioitiin paikka paikoin liian tieteelliseksi lukiolaisille. Tiettyjen termien, kuten evapointi, sintteri, identifioida ja karakterisointi, oheen toivottiin yksityiskohtaista selitystä. Opettajan mukaan oppilaat olivat motivoituneita ja tyytyväisiä toiminnalliseen vierailuunsa.

4.4 Jännittävät kokeet ja ihmeelliset vimpaimet innostavat kemian opintoihin – omia havaintojani ja kommenttejani

Aivan ensimmäiseksi huomasin, että lukiolaiset tiesivät kemiasta paljon enemmän kuin kuvittelin. Osa heistä oli jopa tehnyt kyseisen työn koulun kemian tunnilla, mikä tietysti kyseenalaistaa nimenomaan tämän työn valitsemisen esittelykansion harjoitustyöksi. Oppilaiden palautteessa tämä ei kuitenkaan näkynyt.

Vaikka kemian kieltä ja itse kemiaakin tulisi popularisoida ja arkipäiväistä, ei kemiasta kuitenkaan pidä tehdä liian arkista. Oulun yliopistossa väitellyt Mika Lindvall kertoi Kemia-Kemi -lehden haastattelussa (Simola 2000, 121) kiinnostuneensa kemiasta yläasteella ja lukiossa vielä enemmän nimenomaan jännittävien kokeiden ansiosta. Hänen mukaansa kemian kokeissa saattoi itse nähdä, että jotain tapahtui. Lindvallia kiinnostivat kaikenlaiset ihmeelliset laitteet, välineet ja aineet. Hänen mielestään koulukemiasta ei pidä tehdä liian arkista – jos jännittävät purnukat vaihtuvat Pirkka-etikkapulloihin, hommasta katoaa tietty hohto.

Työn tekemiseen kannattaa todella varata riittävästi aikaa. Ennakkosuunnitelmiini verrattuna työhön kului noin kaksinkertainen aika. Lisäksi työvaiheet sisälsivät paljon odottelua. Tätä voitaisiin vähentää esimerkiksi jakamalla ryhmä kahteen osaan. Toisten tehdessä työvaihetta laitteella, joita laboratorioissa on vain yksi kappale (pyöröhaihdutin, sulamispisteen määrittäminen tai NMR-spektrin mittaus), toiset voisivat käydä esimerkiksi tutustumiskierroksella tutkimuslaboratoriossa tai mennä kuuntelemaan esittelyluentoa luentosaliin. Tämä vaatisi tarkkaa suunnittelua ja saumatonta yhteistyötä muiden vierailun toetutukseen osallistuvien kesken.

Täytyy myös muistaa, että koululaiset ovat tottuneet 45 minuutin mittaisiin oppitunteihin ja että esimerkiksi kolmen tunnin mittainen laboratoriojakso ilman taukoa saattaa olla heille liian pitkä. Sopivissa väleissä kannattaa siis pitää lyhyitä taukoja, jolloin opiskelijat pääsevät käymään esimerkiksi ulkona.

Lyhyt tutustumistuokio ennen harjoitustyön aloitusta helpottaa välittömän ja miellyttävän ilmapiirin luomista ja auttaa opiskelijoita tutustumaan sekä toisiinsa että opettajaan. Tutustumistuokioilla olen käyttänyt apunani luetteloa intiaaninimistä. Opiskelijat ovat valinneet luettelosta yhden nimen, joka kuvaa heitä ja perustelleet muutamalla sanalla, miksi juuri kyseinen nimi sopii heille. Samalla he ovat esitelleet muutamalla lauseella itsensä. Mielestäni tämä on toiminut hyvin. Ideaa voisi kehittää korvaamalla intiaaninimet kemiallisilla nimillä. Luettelo voisi koostua joko alkuaineen tai yhdisteen nimestä tai niitä kuvaavasta sanaleikistä. Sanaleikkiä käytettäessä opiskelijan tehtävänä olisi myös arvata, mikä alkuaine tai yhdiste on kyseessä. Liitteessä 5 esitetään muutamia esimerkkejä.

4.5 Sairaalakemisti saa tehtävän – harjoitustyö ammatillisesta kontekstista nousevana tapauksena

Teoriaosuuden käsittelyä voitaisiin kehittää ongelmaperustaisen oppimisen suuntaan. Käsiteltävä asia voitaisiin esittää ammatillisesta kontekstista nousevana tapauksena. Tällöin opiskelijoille jaettavasta materiaalista kofeiinia koskevan teoriaosuuden voisi jättää kokonaan pois. Opettajan materiaalissa se luonnollisesti voisi olla antamassa tukea ja auttamassa ohjaavien kysymysten esittämisessä.

Esimerkiksi: "Lääkärin vastaanotolle tuli potilas, joka valitti nukahtamisvaikeuksia, huonoa unen laatua, hikoilua, sydämen toiminnan kiihtymistä ja hermostuneisuutta. Lisäksi hänen täytyi käydä WC:ssä jatkuvasti (Wikipedia, 2005). Lääkäri ryhtyi kartoittamaan potilaan elintapoja ja sai selville, että tämä juo teetä kymmenen kuppia päivässä."

Kysymys: Mitä arvelette, mikähän tämän miehen oireet mahtoi aiheuttaa?

Onko teillä itsellänne kokemuksia vastaavanlaisista oireista tai onko joku teidän perheenjäsenistänne, esimerkiksi äiti, isä tai mummo, tai ystävistänne kärsinyt samanlaisista oireista? Onko kukaan yrittänyt lopettaa kahvin juontia? Mitä siitä seurasi?

Lääkärin muisteli, että teen sisältämä kofeiinimäärä on pienempi kuin kahvin, mutta varmuuden vuoksi hän antoi asian selvittämisen tehtäväksi sairaalakemistille.

Kysymys: Onko teillä mielikuvaa kahvikupillisen sisältämästä

kofeiinimäärästä? Entä teekupillisen? Tulisiko teille mieleen joitakin muita ruokia tai juomia, jotka sisältävät kofeiinia?

Kysymys: Tietääkö kukaan, minkä nimiseen yhdisteryhmään kofeiini kuuluu? Tiedättekö joitain muita yhdisteitä, jotka kuuluvat tähän samaan ryhmään?

Sairaalakemisti etsi tietoa kirjallisuudesta ja havaitsi yllätyksekseen, että teen sisältämä kofeiinimäärä oli lähes yhtä suuri kuin kahvin. Sairaalakemisti epäili tiedon paikkansapitävyyttä ja päätti varmistua asiasta itse.

Kysymys: Mitenkähän tämä mahtaisi onnistua? Olisiko kenelläkään ideoita? Kuinka teetä yleensä valmistetaan? Ja niin edelleen.

Oppilaiden vastausten perusteella taululle voitaisiin kerätä keskeisimmät kofeiiniin ja uuttamiseen liittyvät seikat. Näitä voivat olla esimerkiksi kofeiinin vaikutukset, joidenkin ruokien ja juomien sisältämät kofeiinipitoisuudet, kofeiinin rakenne, alkaloidien kemialliset piirteet sekä joitakin esimerkkejä alkaloideista. Ryhmän valitsema sihteeri voisi sitten vaikkapa tuottaa taululle kirjoitetusta materiaalista koosteen jaettavaksi koko ryhmälle.

Kun keskeisimmät kofeiiniin ja uuttamiseen liittyvät seikat on näin saatu käsiteltyä, jaetaan opiskelijoille työohje ja työn suorittaminen käydään vielä yhdessä läpi. Itse työn suorittaminen ja siihen liittyvät huomiot esitettiin luvussa 4.1.

Vierailun perusteella päivittämäni työohje opettajalle esitetään liitteenä 6. Opiskelijoille jaetaan ainoastaan työn suorittamiseen liittyvä osa ohjeesta.

5 ARVIOINTI

5.1 Ongelmaperustainen oppiminen yliopistossa?

Jyväskylän yliopistossa kemian teoriaopetus toteutetaan suuressa määrin perinteistä luento-opetusta käyttäen. Poikkeuksen muodostavat laboratorioissa suoritettavat harjoitustyöt, joissa opiskelijat pääsevät itse suorittamaan tieteellisiä kokeita. Tällöin usein kovin abstrakteilta ja arkielämästä kaukana olevilta tuntuneet asiat konkretisoituvat ja teoria liittyy saumattomasti käytäntöön.

Mielestäni perus- ja aineopintojen teoriaosuuden toteutuksessa ongelmaperustaisen tai tutkivan oppimisen soveltaminen tulisi olemaan erittäin vaikeaa – ehkä jopa epätarkoituksenmukaista. Opetusryhmät ovat yleensä valtavan suuria, koostuen kymmenistä tai jopa sadoista opiskelijoista. Pienryhmätyöskentelyn toteuttaminen tutoristuntoineen olisi näin suurten opiskelijamäärien ollessa kyseessä hyvin hankalaa. Toisaalta kemian perusteiden opiskelu luo pohjan myöhemmille opinnoille, minkä vuoksi tärkeiden käsitteiden ja periaatteiden opiskelu tässä vaiheessa on erityisen tärkeää. Mielestäni kemian perus- ja aineopintoja voidaan verrata vieraan kielen opiskeluun: vasta riittävän sanavaraston hallinta ja kielioppisääntöjen tuntemus mahdollistavat kokonaisten lauseiden ja tekstin tuottamisen. Siksi mielestäni perus- ja aineopintoihin kuuluvan teoriaopetuksen toteutukseen perinteinen luento-opetus (ehkä hiukan nykyistä aktivoivampana) soveltuu hyvin. Ahteen ja Pelkosen (2000, 53) mukaan esittävä opetus sopiikin erinomaisesti matemaattisten aineiden opetukseen, koska opettaja jäsentää opittavan materiaalin ja esittää sen luokalle tehokkaasti. Edelleen se sopii heidän mukaansa uuteen aiheeseen johdattamiseen, uuden tiedon välittämiseen, käsiteltyjen asioiden systematisointiin ja kertaamiseen.

Toisaalta laboratoriotyöskentelyssä toteutetaan jo nyt pienimuotoisesti kokemuksellista ja ongelmaperustaista oppimista – opettajat ja ohjaajat eivät yleensä vain ole tietoisia tästä. Tiivistetty teoriakatsaus voisi toimia apuna opetuksen jäsentämisessä ja kehittämisessä entistä tarkoituksenmukaisempaan suuntaan.

Koska yliopistosta valmistuvat luonnontieteilijät työskentelevät tyypillisesti asiantuntijatehtävissä, tulee tämä ottaa huomioon heidän koulutuksessaan. Usein opiskelijat pääsevät kosketuksiin tieteellisen tutkimusryhmän kanssa vasta tehdessään erikoistyötään ja *pro gradu* –tutkielmaansa. Mielestäni opiskelijoiden kouluttaminen asiantuntijaorganisaatiossa toimimiseen sekä integroiminen tutkimusryhmiin voitaisiin aloittaa jo aiemmin, kenties heti syventävien opintojen aloitusvaiheessa. Tällöin kokemuksellisen, ongelmaperustaisen ja tutkivan oppimisen periaatteita voitaisiin soveltaa sekä teoria-että laboratorio-opetuksessa. Jopa eri aihekokonaisuuksien sekä teorian ja käytännön integroiminen olisi mahdollista.

Kuten Poikela (1998, 40-41) toteaa, ongelmaperustaisen oppimisen omaksuminen ja soveltaminen vaatii toteutuakseen kokonaisen opetus-kulttuurin muutoksen, eikä tule olemaan yksinkertaista. Mielestäni muutos kannattaakin aloittaa toteuttamalla joitakin pienempiä kokonaisuuksia ongelmaperustaisen ja tutkivan oppimisen periaatteita mukaillen.

5.2 Kofeiinin eristäminen teestä – orgaanisen kemian harjoitustyö osana kemian laitoksen markkinointia

Mielestäni kehittämistehtävä osoittautui lopulta onnistuneeksi. Cygnaeus-lukion oppilaiden sekä heidän opettajansa Irma Aroluoman ja kouluttajani Kaija Hannulan antaman palautteen perusteella pystyin muokkaamaan

harjoitustyötä tarkoituksenmukaisempaan suuntaan. Tutustuttuani entistä syvällisemmin ongelmaperustaiseen oppimiseen, löysin siitä monia tämän työn tarkoituksiin sovellettavia elementtejä.

Jyväskylän yliopiston abipäivä (11.11.2005) nosti vierailukäyntien suunnittelun jälleen ajankohtaiseksi. Asiaan liittyen järjestettiin erillinen kokous, johon osallistuivat lisäksi organisen kemian osaston assistentit. Kokouksessa esittelin uudistamaani työohjetta (liite 6), jonka todettiin soveltuvan erityisesti lukiolaisten vierailukäyntien jäsentäjäksi. Lukiolaisten arveltiin olevan kiinnostuneita tieteellisestä tutkimuksesta ja laitoksen tarjoamista mahdollisuuksista kun peruskoululaiset kenties innostuvat väriä vaihtavista nesteistä ja savuavista keitoksista. Tulevaisuudessa ohjetta suunnitellaan tiivistettäväksi muutaman sivun mittaiseksi, jonka jälkeen se voidaan lähettää Keski-Suomen alueen lukioiden kemian opettajille. Työohjeen lähetyksen yhteydessä opettajille tarjotaan mahdollisuutta tulla suorittamaan ohjeessa kuvattu harjoitustyö Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle Oulun yliopiston hyvien kokemusten rohkaisemana (Laitinen 1996, 113). Koska laitoksen resurssit ovat rajalliset, tiivistetyn työohjeen tavoitteena on mahdollistaa koululaisryhmän oman opettajan toimiminen työn pääasiallisena ohjaajana. Lisäksi kouluille tullaan ehdottamaan vuositasolla muutamaa päivää (esim. kolme mahdollista vierailuajankohtaa), jolloin harjoitustyön voi tulla tekemään. Mikäli halukkaita vierailijoita ilmoittautuu enemmän kuin organisen kemian osaston on mahdollista ottaa ryhmiä vastaan, pyritään vierailumahdollisuutta "kierrättämään" tasapuolisesti eri koulujen kesken vuosittain.

Suomalaisten Kemistien Seuran pitkäaikaisiin ja tulevan viisivuotiskauden strategiaan linjauksiin kuuluvat mm. kemian arvostuksen kohottaminen ja kemian opetuksen tukeminen (Karrus 2005). Arvostuksen lisäämiseksi Suomalaisten Kemistien Seura ylläpitää kummikemistitoimintaa. Tällaiset

kemian kummit ovat kemistejä, joita kemiaa opettavat opettajat sekä peruskoulussa että lukiossa voivat hyödyntää opetuksessaan. Kummikemistit voivat tulla kouluun kertomaan mitä kemisti tekee ja missä hän toimii. Oppilaat voidaan kutsua vierailuille kummikemistien työpaikoille, kuten laboratorioihin tai tehtaisiin. Oppilaille voidaan jopa tarjota mahdollisuus laboratoriotyöskentelyyn kemistikummin työpaikalla. Kummikemistit voivat myös auttaa opettajia opetuksen suunnittelussa toimimalla asiantuntijoina, joilta voi kysellä (Suomalaisten Kemistien Seura 2005a).

Suomalaisten Kemistien Seuran www-sivuille perustetussa ”Kemistigalleriassa” kemistit kertovat työstään lyhyesti ja tiivistetysti. Sivuihin tutustumalla lukijalle selviää, kuinka erilaisissa tehtävissä – perinteisestä kemianteollisuudesta elektroniikkateollisuuteen ja keskusrikospoliisiin – kemistit voivat toimia. Kemistigalleria on tarkoitettu erityisesti koululaisille ja opiskelijoille ammatinvalinnan avuksi (Suomalaisten Kemistien Seura 2005b).

Lisäksi kemian arvostusta pyritään lisäämään laajentamalla luonnontieteen yleissivistystä sekä suunnittelemalla ja valmistamalla koulujen oppilaanohjaajien ja kummikemistien käyttöön sopivaa materiaalia (Karrus emt.).

Kemian opetusta pyritään tukemaan seuraamalla kemian tutkinnon-uudistuksen onnistumista ja AMK-jatkotutkintojen kehitystä sekä tarvittaessa tekemällä koulutuspoliittisia kannanottoja. Myös yhteydenpitoa koulujen MAOL-kerhoihin pyritään tiivistämään (Karrus emt.).

Suomalaisten Kemistien Seuran paikallisseura Keski-Suomen Kemistiseura pyrkii tukemaan Keski-Suomen alueen kemian opetusta tiivistämällä yhteydenpitoa keskisuomalaisten peruskoulujen, lukioden ja ammattioppilaitosten kemian opettajiin sekä kouluissa toimiviin MAOL-kerhoihin.

Vuoden 2006 alusta alkaen Keski-Suomen Kemistiseura palkitsee Keski-Suomen alueella ainereaalissa ja kemian opinnoissa parhaimmin menestyneen lukio-opiskelijan stipendillä. Stipendi jaetaan sekä kevään että syksyn ylioppilaskirjoitusten jälkeen. Seura tiedottaa asiasta kirjeitse Keski-Suomen alueen lukioiden kemian opettajille (Keski-Suomen Kemistiseura 2005).

Lähetettävän tiedotteen yhteydessä kouluille voidaan myös tarjota mahdollisuutta ”Kofeiinin eristäminen teestä” –harjoitustyön tekemiseen Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian laboratoriossa. Seurassa aktiivisesti toimivat jäsenet ovat alustavasti myös lupautuneet toimimaan silloin tällöin harjoitustyön ohjaajina. Näin kehittämistehtäväni palvelee Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian osaston lisäksi myös Keski-Suomen Kemistiseuraa ja toivottavasti osaltaan auttaa lisäämään kemian arvostusta sekä kiinnostusta kemiaa ja yleensä luonnontieteitä kohtaan.

LÄHTEET

- Ahtee, M. & Pelkonen, E. 2000. Johdatus matemaattisten aineiden didaktiikkaan. Helsinki: Edita.
- Kofeiini. Viitattu 14.11.2005. Wikipedia, Vapaa tietosanakirja.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kofeiini>.
- Fieser, L. F. & Williamson, K. L. 1992. Organic Experiments. 7th Ed. Canada: D. C. Head and Co.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 2001. Tutkiva oppiminen, Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. Porvoo: WSOY.
- Hannula, K. & Niskanen, L. 2003. Opetuksen suunnittelun peruskysymykset –moniste. Jyväskylä: JAMK/Ammatillinen opettajakorkeakoulu.
- Karrus, H. 2005. Muistioita. Sähköpostiviesti 15.11.2005. Vastaanottaja E. Sievänen.
- Keski-Suomen Kemistiseura. 2005. Johtokunnan kokous. Pöytäkirja. 14.9.2005. Keski-Suomen Kemistiseura ry.
- Laitinen, L. 1996. Uusia tuulia kemian opiskelijavalinnoissa. Kemia-Kemi 23, 2, 113-114.
- Lehtinen, E., Kinnunen, R., Vauras, M., Salonen, P., Olkinuora, E. & Poskiparta, E. 1989. Oppimiskäsitys. Helsinki: Valtion Painatuskeskus.
- Leppilampi, A. & Piekkari, U. 1998. Nappaa nipusta – Aikuisopiskelua yhteistoiminnallisesti. Hyvä oppiminen. Lahti: Aike, 6-14.
- Meisalo, V. & Erätuuli, M. 1985. Fysiikan ja kemian didaktiikka. Keuruu: Otava.
- Patrikainen, R. 1999. Opettajuuden laatu. Ihmiskäsitys, tiedonkäsitys ja oppimiskäsitys opettajan pedagogisessa ajattelussa ja toiminnassa. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Poikela, S. 1998. Ongelmaperustainen oppiminen, Uusi tapa oppia ja opettaa?, Tampere: Tampereen yliopiston Jäljennepalvelu.
- Simola, U. 2000. Kilvoittelu uusista opiskelijoista kovenee. Kemi-Kemi 27, 2, 119-121.

Simola, U. 2000. Innostus syttyi kiintoisista kokeista, *Kemia-Kemi* 27, 2, 121.

Suomalaisten Kemistien Seura, Kummikemistit. 2005a. Viitattu 20.11.2005.
Suomalaisten Kemistien Seuran sivusto.

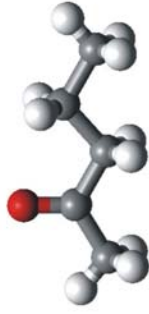
<http://www.suomalaistenkemistienseura.fi/sivut/kummikemistit/index.html>.

Suomalaisten Kemistien Seura, Kummikemistit. 2005b. Viitattu 20.11.2005.
Suomalaisten Kemistien Seuran sivusto.

<http://www.suomalaistenkemistienseura.fi/sivut/galleria.html>.

Tynjälä, P. 1999. Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Helsinki: Tammi, 60-67.

Tynjälä, P. 2002. Konstruktivistinen oppimiskäsitys ja asiantuntijuuden edellytysten rakentaminen koulutuksessa. Teoksessa *Oppiminen ja asiantuntijuus, Työelämän ja koulutuksen näkökulmia*. Toim. Eteläpelto, A. & Tynjälä, P. Vantaa: WSOY, 160-179.



ORGAANINEN KEMIA

- hiiliyhdisteiden kemiaa
- orgaanisten molekyylien valmistaminen
- reaktioiden, rakenteiden ja ominaisuuksien tutkiminen
- analyttiset ja laskennalliset menetelmät
- tutkimusalueita
 - ✓ supramolekyylikemia
 - ✓ lääkeainekemia
 - ✓ bio-orgaaninen kemia
 - ✓ organometallikemia
 - ✓ ympäristökemia
- työllistäjinä mm. opetus, tutkimus, teollisuus sekä erilaiset asiantuntijatehtävät

Liite 2 Orgaanisen kemian töitä vieraileville opiskelijaryhmille**ORGAANISEN KEMIAN TÖITÄ
VIERAILEVILLE OPISKELIJARYHMILLE**

Monisteesta: "Orgaanisen kemian töitä lukiolaisille", K. Laihia
(Suomennettu ja lyhennetty kirjasta: L. F. Fieser and K. L. Williamson, Organic Experiments,
7th ed., D. C. Head and Co., Canada, 1992)

KOFEIININ ERISTÄMINEN TEESTÄ

Monisteesta: "Orgaanisen kemian töitä lukiolaisille", K. Laihia

(Suomennettu ja lyhennetty kirjasta: L. F. Fieser and K. L. Williamson, Organic Experiments, 7th ed., D. C. Head and Co., Canada, 1992)

UUTTAMINEN: KOFEIININ ERISTÄMINEN TEESTÄ

Uuttaminen on eräs ihmiskunnan vanhimpia kemiaan liittyviä työmenetelmiä. Kahvi- tai teekupposen valmistaminen käsittää aromiaineiden uuttamisen kuumalla vedellä kuivatusta kasvimateriaalista. Kun laakerinlehtiä, kanelitankoja, pippurinmarjoja ja mausteneilikoita käsitellään kuumalla vedellä, siihen liukenee eli uuttuu aineita, joita käytetään mausteina. Samoin käytetään vaniljasta ja manteleista alkoholiuutolla saatavia aromiaineita. Viimeisten 150 vuoden aikana kemistit ovat uuttaneet, eristäneet, puhdistaneet ja sitten karakterisoineet lukuisia kasvien tuottamia yhdisteitä, joita on vuosisatojen ajan käytetty lääkkeinä ja hajusteissa. Sellaisia aineita ovat mm. kiniini, jota saadaan kiinapuun kuoresta, morfiini, jota saadaan oopiumunikosta, kokaiini, jota saadaan kookapensaan lehdistä ja mentoli, jota saadaan piparminttuöljystä. Laboratoriossa uutto suoritetaan usein Soxhlet-uuttolaitteella. Tämän kiinteä-nesteuuton lisäksi voidaan käyttää myös kahta muuta uuttomenetelmää, nimittäin neste-nesteuuttoa ja happo-emäsuuttoa.

1 Kofeiinin uuttaminen teestä

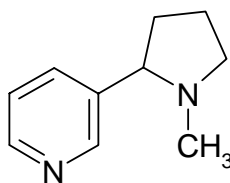
Tee ja kahvi ovat vuosisatojen ajan olleet tunnettuja virvoitusjuomia, pääasiassa sen vuoksi, että ne sisältävät kofeiinia, joka on piriste (stimulantti). Se stimuloi hengitystä, sydämen toimintaa ja keskushermostoa. Se on myös diureetti eli aiheuttaa lisääntyntä virtsaamisen tarvetta. Se voi aiheuttaa hermostuneisuutta ja unettomuutta ja, kuten monet lääkeaineet, riippuvuutta, jolloin sen päivittäistä annosta on vaikea pienentää. Säännöllinen kahvinjuoja, joka kuluttaa esimerkiksi neljä kuppia kahvia päivässä, voi saada päänsärkyä, kokea unettomuutta ja jopa pahoinvointia lopettamalla kahvinjuonnin.

Kofeiini on ehkä eniten väärinkäytetty lääkeaine USA:ssa. Yhden päivän aikana ihminen voi huomaamattaan saada kahvin mukana jopa gramman tätä ainetta. Joidenkin tavallisten ruoka-aineiden kofeiinipitoisuudet on esitetty taulukossa 1.

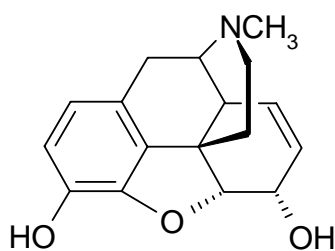
Taulukko 1.

kahvi	80-125 mg/kupillinen
kofeiiniton kahvi	2-4 mg/kupillinen
tee	30-75 mg/kupillinen
kaakao	5-40 mg/kupillinen
maitosuklaa	6 mg/30 g
leipomiseen käytettävä suklaa	35 mg/30 g
coca-cola	46 mg/340 g

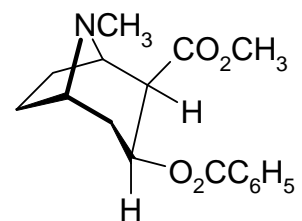
Kofeiini kuuluu suureen ryhmään yhdisteitä, joita kutsutaan **alkaloideiksi**. Nämä ovat peräisin kasveista, käsittävät emäksistä tyyppiä, niillä on usein karvas maku ja monimutkainen rakenne ja tavallisesti ne ovat fysiologisesti aktiivisia. Niiden nimet ovat yleensä –iini –päätteisiä ja monet niistä ovat hyvin tuttuja nimiensä, vaikkakaan eivät kemiallisten rakenteittensa, perusteella, kuten nikotiini, kokaiini, morfiini ja strykniini.



nikotiini



morfiini



kokaiini

Teelehdet sisältävät tanniineja, jotka ovat happamia yhdisteitä, sekä useita värillisiä yhdisteitä ja pienen määrän hajoamatonta klorofylliä (liukenee dikloorimetaaniin). Ennen uuttoa CH_2Cl_2 :lla vesiliuokseen lisätään natriumkarbonaattia. Siten varmistetaan, että happamat aineet jäävät veteen ja että kofeiini pysyy vapaana emäksenä.

Kofeiinin liukoisuus veteen on 2.2 mg/l 25 °C, 180 mg/ml 80 °C ja 670 mg/ml 100 °C. Se liukenee hyvin dikloorimetaaniin, liuottimeen, jota tässä kokeessa käytetään kofeiinin uuttamiseen vedestä.

Kofeiinia voidaan helposti uuttaa teepusseista. Kun teepussia pidetään noin 7 min hyvin kuumassa vedessä, suurin osa siinä olevasta kofeiinista liukenee veteen. Mitään hyötyä ei ole teelehkien keittämisestä vedessä esim. 20 min, kofeiinia ei saada enempää.

Kofeiini on valkoista, hieman karvasta, hajutonta, kiteistä ainetta, mutta vesikäsitelyssä uuttuu muitakin aineita kuumaan veteen kuin vain kofeiinia ja vesiliuos värjäytyy ruskeaksi. Kun värillistä vesiliuosta uutetaan sen jälkeen dikloorimetaanilla, pääasiassa vain kofeiini liukenee siitä orgaaniseen liuottimeen. Kun liuotin evaporoidaan (tislataan) pois, kolviin jää kofeiini, joka voidaan sublimoida melko puhtaaksi tuotteksi.

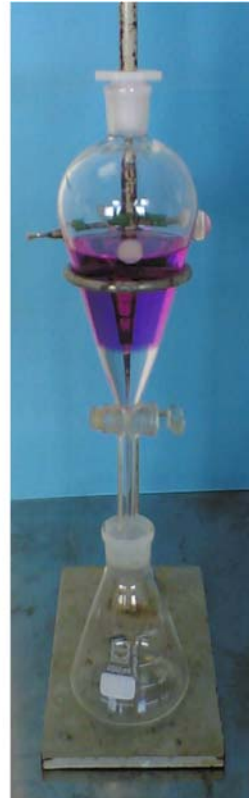
Kun teetä uutetaan dikloorimetaanilla erotussuppilossa, muodostuu helposti emulsio. Tee sisältää aineita, joiden johdosta orgaaninen liuotin voi suspendoitua pieninä pisaroina veteen. Tämä emulsionmuodostus tapahtuu voimakkaassa ravistelussa.

Kofeiinin uuttaminen suoraan teelehdistä dikloorimetaaniin antaa hyvin huonon tuloksen samoin kuin kofeiinin suora sublimointi teelehdistä!

1.1 Työn suoritus

Lisää 0.5 l:n erlenmeyerpulloon, jossa on 25 g teelehtiä (tai 10 teepussia) 225 ml kiehuvan kuumaa vettä. Anna seoksen seistä 7 min ja kaada värillinen liuos sitten toiseen erlenmeyerpulloon. Kaada kuumien teelehkien päälle vielä 50 ml kiehuvan kuumaa vettä ja dekantoi (kaada neste) heti ensimmäisen uutteen joukkoon. Dekantointia käytetään siitä syystä, että se toimii melkein yhtä hyvin kuin vakuumisudatus ja on paljon nopeampaa.

Jäähdytä vesiliuos lähelle huoneen lämpötilaa ja uuta sitä 2 kertaa 30 ml:lla dikloorimetaania. Älä ravistele erotussuppiloa kovin rajusti, ettei emulsiota pääse muodostumaan, mutta riittävän rajusti, että kofeiini uuttuu dikloorimetaaniin.



Erota alempi dikloorimetaanikerros ja jätä mahdollinen emulsiokerros erotussuppiloon, toiseen uuttokertaan. Kuivaa yhdistetyt dikloorimetaanikerrokset vedettömällä natriumsulfaatilla. Lisää niin paljon kuivausainetta, että kaikki ei enää kokkaroidu astian pohjalle. Sen jälkeen dekantoi tai suodata dikloorimetaaniliuos taarattuun tislauuskolviin. Pese kuivausainetta vielä pienellä liuotinmäärällä ja sen jälkeen evaporoi kaikki dikloorimetaani pois. Magneettisauva on parempi kuin kiehumakivi tasaista kiehumista varten, koska se on helppo poistaa sen jälkeen kun liuotin on haihtunut. Jäännös on vihertävän valkoista, kiteistä, kofeiinia, jonka paino on noin 0.25 g.

Jälkien siivoaminen: Suodatin voidaan pestä vedellä ja huuhtoa viemäriin. Dikloorimetaani kerätään halogenoiduille liuottimille tarkoitettuun jätteiden-keräysastiaan. Teelehdet voidaan panna roskakoriin.

1.2 Kofeiinin uudelleenkiteytys

Liuota kofeiini 5 ml:aan kuumaa asetonia, siirrä se Pasteur-pipetillä pieneen erlenmeyerpulloon ja kun liuos on vielä kuumaa, lisää sitten ligroiinia (petrolieetteri, jonka $k_p = 110\text{ °C}$) kunnes se muuttuu hieman sameaksi. Anna liuoksen jäähtyä hitaasti huoneen lämpötilaan. Tämä uudelleenkiteytyksessä käytettävä liuotinseos perustuu siihen, että kofeiini liukenee huomattavasti paremmin asetoniin kuin ligroiiniin. Yhdistämällä nämä kaksi liuotinta tällä tavalla, löytyy oikea seossuhde, jolla kofeiinista saadaan kuumana kyllästetty liuos (samentuminen osoittaa oikean liuotinsuhteen löytymisen).

Jäähdytä kiteinen liuos ja erota kiteet suodattamalla ne pienelle sintterille vakuuissa. Käytä muutama tippa kylmää ligroiinia kiteiden huuhteluun sintterillä.

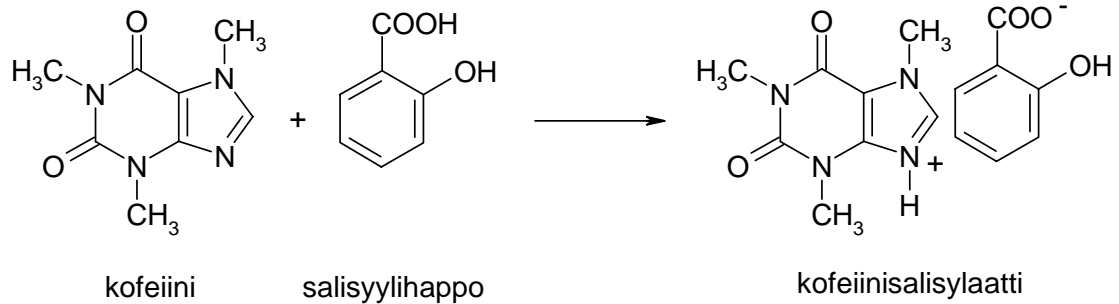
Jälkien siivoaminen: Yhdistä kaikki vesiliuokset, neutraloi ne ja huuhtele viemäriin. Käytetty dikloorimetaani pannaan halogeenipitoisille liuotinjätteille varattuun astiaan. Natriumsulfaatti voidaan kuivana panna roskakoriin tai liuottaa veteen ja huuhdella viemäriin. Ligroiini-asetonisuodos tulee panna liuotinjätteille varattuun astiaan.

1.3 Tuotteen puhtauden tarkastaminen

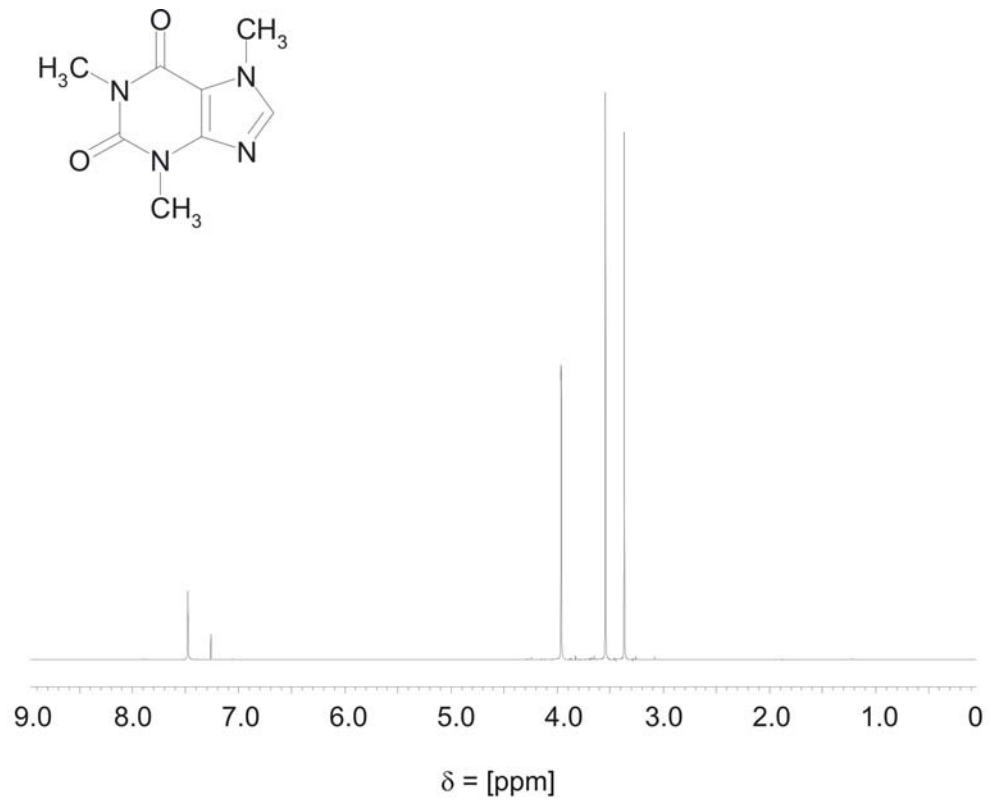
Kofeiini voitaisiin puhdistaa helposti ja nopeasti sublimoimalla. Sublimoinnin jälkeen puhtaan kofeiinin sulamispiste voitaisiin määrittää ja verrata sitä kirjallisuusarvoon (kofeiinin $s_p = 235\text{ °C}$).

Eräs keino orgaanisen yhdisteen identifioimiseksi olisi valmistaa siitä johdos. Koska kofeiini on orgaaninen emäs se voi vastaanottaa protonin joltakin

hapolta ja muodostaa suolan. Esimerkiksi HCl:n kanssa kofeiinista saadaan suola, mutta sillä ei ole terävää sulamispistettä. Tämä on tyypillistä muillekin amiinien suoloille, ne vain hajoavat kuumennettaessa. Mutta jos suola valmistettaisiin salisyylihapon kanssa, sillä olisi terävä sulamispiste ja se voisi täten auttaa kofeiinin karakterisoinnissa (kofeiinisalisylaatin $s_p = 137\text{ }^\circ\text{C}$).



Lisäksi kiteisen aineen puhtaus voitaisiin tarkistaa NMR-, IR- ja massaspektrien avulla sekä käyttämällä kaasukromatografiaa. Tämän työn tuotteen puhtaus tarkistetaan määrittämällä uudelleenkiteytetylle kofeiinille sulamispiste (kofeiinin $s_p = 235\text{ }^\circ\text{C}$). Sulamispistettä määritettäessä merkitään muistiin lämpötilat, joissa a) kostuu b) valuu c) muodostaa meniskin d) on kirkasta. Väli b-d ilmoitetaan sulamispisteenä. Puhtaalla aineella sulamispisteväli on kapea. Jos sulamispisteväli on hyvin laaja, saattaa kyseessä olla usean yhdisteen seos. (Monisteesta: "Kemia V, Orgaaninen kvalitatiivinen analyysi", J. Paasivirta, 3. painos, Jyväskylän yliopiston kemian laitos, 1991). Tuotteesta mitataan lisäksi ^1H NMR-spektri, jota verrataan alla esitettyyn mallispektriin.



Kofeiinin ^1H NMR-spektri (250 MHz)

Liite 3 Työselostuskaavake

TYÖSELOSTUSKAAVAKE

Työn suorittaja(t) _____

Suorituspvm _____

Tutkittava yhdiste ja sen rakennekaava _____

Tutkittavan yhdisteen eristäminen ja puhdistus _____

Työssä käytetyt aineet

Aine	m	V	M	n

Tuotteen molekyylipaino _____ g/mol

Saanto _____ g, _____ moolia

Tuotteen puhtauden tarkastus

Fysikaaliset vakiot

sp _____ (mitattu) _____ (kirjallisuusarvo)

kp _____ (mitattu) _____ (kirjallisuusarvo)

Spektrit

IR	
NMR	

Miten kehittäisit vierailupäivän sisältöä?

Miten kehittäisit vierailupäivän aikana tehtäviä harjoitustöitä?

Mitä haluaisit/olisit halunnut tietää lisää opiskelusta kemian laitoksella?

Kuvaile opettajan opetustyyliä ja -tapaa (mikä oli hyvää, missä olisi vielä parantamisen varaa)?

Minkälainen mielikuva sinulle jäi vierailupäivästä Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen orgaanisen kemian laboratoriossa?

Liite 5 Kemiaallinen sanaleikki

Valitse seuraavasta luettelosta itseäsi parhaiten kuvaava ilmaus. Perustele valintasi ja mieti mikä alkuaine tai yhdiste olisi voinut toimia inspiraation lähteenä ilmausta muotoiltaessa. Keksi itse lisää ilmauksia.

reagoi-kiivaasti-veden-kanssa (*natrium*)

aku-ankka-kohoa-kevyesti-korkealle (*helium*)

kohtuudella-käytettynä-hyvää-seuraa (*etanoli*)

hajuton-mauton-ja-väritön-muttei-kuitenkaan-tehoton (*hiilimonoksidi*)

kaasu-elämälle-edellytyksenä (*happi*)

naisen-toiseksi-paras-ystävä (*kulta*)

ei-kannata-käyttää-jääkaapinoven-puhdistukseen (*asetoni*)

saattaa-aiheuttaa-päänsärkyä (*asetaldehydi*)

herättää-aamulla-ja-virkistää-illalla (*kofeiini*)

vanhin-voitehista (*vesi*)

maustaa-jokaisen-päivän (*natriumkloridi*)

ylittää-vaikka-valtameriä (*alumiini*)

silmäluomet-tuntuvat-jo-raskailta (*dietyylieetteri*)

vilkas-mutta-vikkelä (*elohopea*)

pisteliäs-puolustautuja (*muurahaishappo*)

kohottaa-kakkutaikinan (*natriumkarbonaatti*)

OPPILAS- JA OPETTAJAVIERAILUT

ORGAANISEN KEMIAN LABORATORIOTYÖ

”KOFEIININ ERISTÄMINEN TEESTÄ”

- Ohjaajan opas

Elina Sievänen, 2005

Monisteesta: ”Orgaanisen kemian töitä lukiolaisille”, K. Laihia

(Suomennettu ja lyhennetty kirjasta: L. F. Fieser and K. L. Williamson, Organic Experiments, 7th ed., D. C. Head and Co., Canada, 1992)

KOFEIININ ERISTÄMINEN TEESTÄ

Lyhyt tutustumistuokio ennen harjoitustyön aloitusta helpottaa välittömän ja miellyttävän ilmapiirin luomista ja auttaa opiskelijoita tutustumaan sekä toisiinsa että opettajaan. Apuna tutustumisessa voi käyttää esimerkiksi kemiallista sanaleikkiä (Sievänen, E. 2005. Kofeiinin eristäminen teestä, Orgaanisen kemian harjoitustyö Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen esittelykansioon. Kehittämistehtäväraportti. JAMK/AOKK. Jyväskylä.).

Teoriaosuuden käsittely jäsennetään ongelmaperustaisen oppimisen periaatteita mukaillen. Ongelmaperustaisessa oppimisessa pyritään alusta alkaen teorian ja käytännön kiinteään yhdistämiseen sekä eri tieteenalojen integrointiin. Oppimisen lähtökohtana toimivat ammatillisesta käytännöstä nousevat todelliset ongelmatilanteet. Oppimisen organisoinnin pääperiaatteena on teorian ja käytännön integrointi sekä ammatillisesta käytännöstä nousevien tilanteiden käyttäminen opetuksen lähtökohtana (Sari Poikela. 1998. Ongelmaperustainen oppiminen, Uusi tapa oppia ja opettaa? Tampere: Tampereen yliopiston Jäljennepalvelu, 3-6).

Seuraavassa esitetään esimerkkiongelma, jonka avulla kofeiinin eristämistä teestä ja sen vaikutuksia voidaan lähestyä kuvitteellisessa ammatillisessa viitekehyksessä. Kysymysten jäljessä on ohjaajan työn helpottamiseksi lyhyt teoriaosuus kulloinkin käsiteltävästä aihekokonaisuudesta.

Esimerkkiongelma:

”Lääkärin vastaanotolle tuli potilas, joka valitti nukahtamisvaikeuksia, huonoa unen laatua, hikoilua, sydämen toiminnan kiihtymistä ja hermostuneisuutta. Lisäksi hänen täytyi käydä WC:ssä jatkuvasti. Lääkäri ryhtyi kartoittamaan potilaan elintapoja ja sai selville, että tämä juo teetä kymmenen kuppia päivässä.”

Kysymys: *Mitä arvelette, mikähän tämän miehen oireet mahtoi aiheuttaa? Onko teillä itsellänne kokemuksia vastaavanlaisista oireista tai onko joku teidän perheenjäsenistänne, esimerkiksi äiti, isä tai mummo, tai ystävistänne*

kärsinyt samanlaisista oireista? Onko kukaan yrittänyt lopettaa kahvin juontia? Mitä siitä seurasi?

Tee ja kahvi ovat vuosisatojen ajan olleet tunnettuja virvoitusjuomia, pääasiassa sen vuoksi, että ne sisältävät kofeiinia, joka on piriste (stimulantti). Se stimuloi hengitystä, sydämen toimintaa ja keskushermostoa. Se on myös diureetti eli aiheuttaa lisääntyntä virtsaamisen tarvetta. Se voi aiheuttaa hermostuneisuutta ja unettomuutta ja, kuten monet lääkeaineet, riippuvuutta, jolloin sen päivittäistä annosta on vaikea pienentää. Säännöllinen kahvinjuoja, joka kuluttaa esimerkiksi neljä kuppia kahvia päivässä, voi saada päänsärkyä, kokea unettomuutta ja jopa pahoinvointia lopettamalla kahvinjuonnin.

Kofeiini on ehkä eniten väärinkäytetty lääkeaine USA:ssa. Yhden päivän aikana ihminen voi huomaamattaan saada kahvin mukana jopa gramman tätä ainetta.

”Lääkärimuistikuvissa teen sisältämä kofeiinimäärä on pienempi kuin kahvin, mutta varmuuden vuoksi hän antoi asian selvittämisen tehtäväksi sairaalakemistille.”

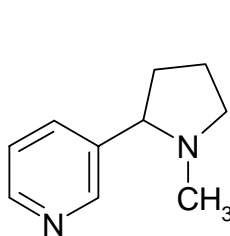
Kysymys: *Onko teillä mielikuvaa kahvikupillisen sisältämästä kofeiinimäärästä? Entä teekupillisen? Tulisiko teille mieleen joitakin muita ruokia tai juomia, jotka sisältävät kofeiinia?*

Joidenkin tavallisten ruoka-aineiden kofeiinipitoisuuksia:

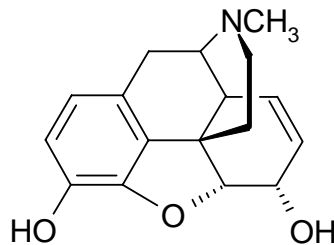
kahvi	80-125 mg/kupillinen
kofeiiniton kahvi	2-4 mg/kupillinen
tee	30-75 mg/kupillinen
kaakao	5-40 mg/kupillinen
maitosuklaa	6 mg/30 g
leipomiseen käytettävä suklaa	35 mg/30 g
coca-cola	46 mg/340 g

Kysymys: Tietääkö kukaan, minkä nimiseen yhdisteryhmään kofeiini kuuluu? Tiedättekö joitain muita yhdisteitä, jotka kuuluvat tähän samaan ryhmään?

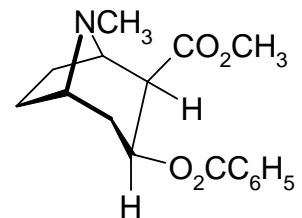
Kofeiini kuuluu suureen ryhmään yhdisteitä, joita kutsutaan **alkaloideiksi**. Nämä ovat peräisin kasveista, käsittävät emäksistä tyyppiä, niillä on usein karvas maku ja monimutkainen rakenne ja tavallisesti ne ovat fysiologisesti aktiivisia. Niiden nimet ovat yleensä –iini –päätteisiä ja monet niistä ovat hyvin tuttuja nimiensä, vaikkakaan eivät kemiallisten rakenteittensa, perusteella, kuten nikotiini, kokaiini, morfiini ja strykniiini.



nikotiini



morfiini



kokaiini

”Sairaalakemisti etsi tietoa kirjallisuudesta ja havaitsi yllätyksekseen, että teen sisältämä kofeiinimäärä oli lähes yhtä suuri kuin kahvin. Sairaalakemisti epäili tiedon paikkansapitävyyttä ja päätti varmistua asiasta itse.”

Kysymys: Mitenkähän tämä mahtaisi onnistua? Olisiko kenelläkään ideoita? Kuinka teetä yleensä valmistetaan? Ja niin edelleen.

Uuttaminen on eräs ihmiskunnan vanhimpia kemiaan liittyviä työmenetelmiä. Kahvi- tai teekupposen valmistaminen käsittää aromiaineiden uuttamisen kuumalla vedellä kuivatusta kasvimateriaalista. Kun laakerinlehtiä, kanelitankoja, pippurinmarjoja ja mausteneilikoita käsitellään kuumalla vedellä, siihen liukenee eli uuttuu aineita, joita käytetään mausteina. Samoin käytetään vaniljasta ja manteleista alkoholiuutolla saatavia aromiaineita. Viimeisten 150 vuoden aikana kemistit ovat uuttaneet, eristäneet, puhdistaneet ja sitten karakterisoineet lukuisia kasvien tuottamia yhdisteitä, joita on vuosisatojen ajan käytetty lääkkeinä ja hajusteissa. Sellaisia aineita ovat mm. kiniini, jota

saadaan kiinapuun kuoresta, morfiini, jota saadaan oopiumunikosta, kokaiini, jota saadaan kookapensaasta lehdistä ja mentoli, jota saadaan piparminttuöljystä. Laboratoriossa uutto suoritetaan usein Soxhlet-uuttolaitteella. Tämän kiinteä-nesteuuton lisäksi voidaan käyttää myös kahta muuta uutto-menettelyä, nimittäin neste-nesteuuttoa ja happo-emäsuuttoa.

Kofeiinin liukoisuus veteen on 2.2 mg/l 25 °C, 180 mg/ml 80 °C ja 670 mg/ml 100 °C. Se liukenee hyvin dikloorimetaaniin, liuottimeen, jota tässä kokeessa käytetään kofeiinin uuttamiseen vedestä.

Kofeiinia voidaan helposti uuttaa teepusseista. Kun teepussia pidetään noin 7 min hyvin kuumassa vedessä, suurin osa siinä olevasta kofeiinista liukenee veteen. Mitään hyötyä ei ole teelehden keittämisestä vedessä esim. 20 min, kofeiinia ei saada enempää.

Kofeiini on valkoista, hieman karvasta, hajutonta, kiteistä ainetta, mutta vesikäsiteltyssä uuttuu muitakin aineita kuumaan veteen kuin vain kofeiinia. Esimerkiksi teeledet sisältävät tanniineja, jotka ovat happamia yhdisteitä, sekä useita värillisiä yhdisteitä ja pienen määrän hajoamatonta klorofylliä. Kun värillistä vesiliuosta uutetaan dikloorimetaanilla, pääasiassa vain kofeiini liukenee siitä orgaaniseen liuottimeen. Kun liuotin tislataan pois, kolviin jää kofeiini, joka voidaan sublimoida melko puhtaaksi tuotteeksi.

Kofeiinin uuttaminen suoraan teeledistä dikloorimetaaniin antaa hyvin huonon tuloksen samoin kuin kofeiinin suora sublimointi teeledistä!

Oppilaiden vastausten perusteella taululle kerätään keskeisimmät kofeiiniin ja uuttamiseen liittyvät seikat. Näitä voivat olla esimerkiksi kofeiinin vaikutukset, joidenkin ruokien ja juomien sisältämät kofeiinipitoisuudet (Taulukko 1), kofeiinin rakenne, alkaloidien kemialliset piirteet sekä joitakin esimerkkejä alkaloideista.

Oppilaille jaettava työohje esitetään liitteessä 1.

Vinkkejä työn suoritukseen

Varaa työn tekemiseen riittävästi aikaa.

Muista, että koululaiset ovat tottuneet 45 minuutin mittaisiin oppitunteihin. Sopivissa väleissä kannattaa siis pitää lyhyitä taukoja.

Työt suoritetaan pienissä ryhmissä (2-3 oppilasta/ryhmä).

Keittolevyjen toimivuus ja tehokkuus on hyvä tarkastaa etukäteen.

Varaa opiskelijoille tekemistä odotusajoiksi (pyöröhaihduttimen käyttö sekä sulamispisteen ja NMR-spektrin mittaaminen onnistuvat yksi ryhmä kerrallaan muiden ryhmien odottaessa vuoroaan), esim. koosteen valmistaminen taululle teoriaosuuden käsittelyn aikana kirjatuista keskeisimmistä seikoista tai työselostuskaavakkeen (liite 2) täyttäminen.

Ennen työn suorittamisen aloitusta, käytä hetki keskeisimpiin turvallisuuteen liittyviin tekijöihin tutustumiseen. Näitä ovat vaahtosammuttimen ja sammutuspeitteen, hätä- ja silmäsuihkujen, nestekaasun päähanan, ensiapulaukun ja puhelimen paikat sekä hätäuloskäynnit. Lisäksi on syytä mainita orgaanisen kemian laboratoriossa työskentelyyn liittyvistä erityispiirteistä, kuten haihtuvista ja helposti syttyvistä liuottimista, joiden vuoksi kaikki harjoitustyöt tehdään vetokaapeissa, sekä yleisistä käytänteistä laboratoriotakin ja suojalasiin suhteen. Varmista etukäteen, että oppilaille on laboratoriotakit ja suojalasi tai järjestä asianmukaiset suojavarusteet heidän käyttöönsä.

KOFEIININ ERISTÄMINEN TEESTÄ

Tarvittavat välineet

Dekantterilasi, 600 ml
Dekantterilasi, 400 ml
Dekantterilasi, 100 ml
Erlenmeyerpullo, 500 ml
Erlenmeyerpullo, 250 ml
Mittalasi, 100 ml
Erotussuppilo, 500 ml
Lusikka
Suppilo
Kolvi, 100 ml
Synteesipurkki
Sulamispistekapillaari
(Koeputki + tulppa, NMR-putki)

Tarvittavat reagenssit

10 teepussia
Dikloorimetaania (CH_2Cl_2)
Natriumsulfaattia
Pumpulia
Alumiinifoliota

Työn suoritus

Mittaa 225 ml vettä 600 ml:n dekantterilasiin. Aseta dekantterilasi keittolevyille ja kiehauta vesi. Lisää kiehuvan kuuma vesi 400 ml:n dekantterilasiin, jossa on 10 teepussia. Anna seoksen seistä 7 min ja kaada värillinen liuos sitten 500 ml:n erlenmeyerpulloon. Kaada kuumien teepussien päälle vielä 50 ml kiehuvan kuumaa vettä ja kaada neste heti ensimmäisen uutteen joukkoon.

Anna vesiliuoksen jäähtyä lähelle huoneen lämpötilaa ja uuta sitä 2 kertaa 30 ml:lla dikloorimetaania. Älä ravistele erotussuppiloa kovin rajusti, ettei

emulsiota pääse muodostumaan, mutta riittävän rajusti, että kofeiini uuttuu dikloorimetaaniin.



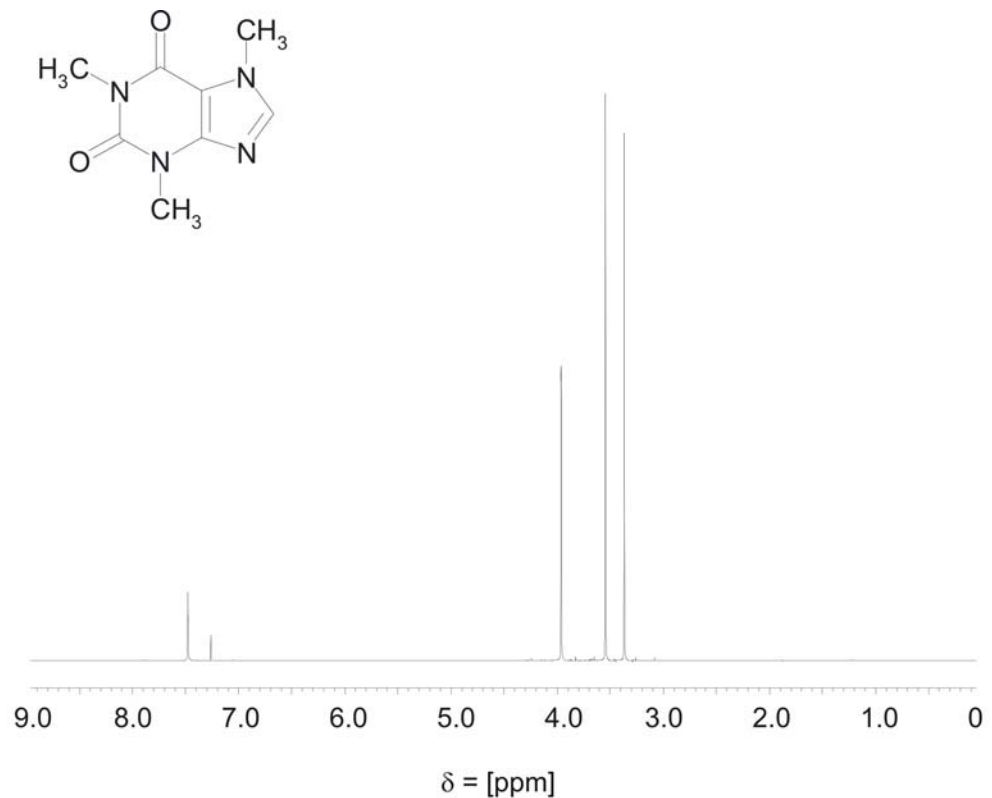
Erota alempi dikloorimetaanikerros ja jätä mahdollinen emulsiokerros erotussuppiloon, toiseen uuttokertaan. Kuivaa yhdistetyt dikloorimetaanikerrokset vedettömällä natriumsulfaatilla. Lisää niin paljon kuivausainetta, että kaikki ei enää kokkaroidu astian pohjalle. Sen jälkeen suodata dikloorimetaaniliuos punnittuun tislaukolviin. Pese kuivausainetta vielä pienellä liuotinmäärällä ja sen jälkeen evaporoï (haihduta alipaineessa pyöröhaihdutinta käyttäen) kaikki dikloorimetaani pois. Jäännös on vihertävän valkoista, kiteistä, kofeiinia, jonka paino on noin 0.25 g.

Jälkien siivoaminen: Suodatin voidaan pestä vedellä ja huuhtoa viemäriin. Dikloorimetaani kerätään halogenoiduille liuottimille tarkoitettuun jätteidenkeräysastiaan. Teelehdet voidaan panna roskakoriin. Eristetty kofeiini siirretään nimilapulla (tuotteen nimi, valmistaja, valmistuspäivämäärä) varustettuun synteesispurkkiin.

Tuotteen puhtauden tarkastaminen

Määritä kofeiinin sulamispiste ja vertaa sitä kirjallisuusarvoon (kofeiinin sp = 235 °C).

Lisäksi tuotteen puhtaus tarkistetaan mittaamalla siitä ^1H NMR-spektri, jota verrataan alla esitettyyn mallispektriin.



Kofeiinin ^1H NMR-spektri (250 MHz)

Kirjallisuus

Monisteesta: "Orgaanisen kemian töitä lukiolaisille", K. Laihia (Suomennettu ja lyhennetty kirjasta: L. F. Fieser and K. L. Williamson, Organic Experiments, 7th ed., D. C. Head and Co., Canada, 1992)

TYÖSELOSTUSKAAVAKE

Työn suorittaja(t) _____

Suorituspv _____

Tutkittava yhdiste ja sen rakennekaava _____

Tutkittavan yhdisteen eristäminen ja puhdistus _____

Työssä käytetyt aineet

Aine	m	V	M	n

Tuotteen molekyylipaino _____ g/mol

Saanto _____ g, _____ moolia

Tuotteen puhtauden tarkastus

Fysikaaliset vakiot

sp _____ (mitattu) _____ (kirjallisuusarvo)

kp _____ (mitattu) _____ (kirjallisuusarvo)

Spektrit

IR	
NMR	