

Pro gradu -tutkielma

**Kemian rooli biologian opetuksessa -
aineenopettajien näkökulma**

Pipsa Pöllänen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologia

10.6.2021

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Biologian opettajankoulutus

Pipsa Pöllänen: Kemian rooli biologian opetuksessa –
aineenopettajien näkökulma
Pro gradu -tutkielma: 40 s., 3 liitettä (18 s.)
Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi ja Prof. Jan Lundell
Tarkastajat: Dos. Jari Haimi ja FT Jouni Välisaari
Kesäkuu 2021

Hakusanat: eheyttäminen, integraatio, luonnontieteiden opetus

Koulujen opetussuunnitelmien oppiainejakoisuus voi johtaa pirstaleiseen kuvaan opetettavista asioista. Oppiainejakoisuuden aiheuttamia ongelmia voidaan helpottaa esimerkiksi eheyttämällä opetusta horisontaalisesti eri oppiaineiden välillä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka biologiaa ja kemiaa integroidaan suomalaisissa yläkouluissa ja lukioissa, ja millaisia esteitä integraatiolle käytännössä on. Lisäksi selvitettiin erilaisten taustatekijöiden ja sen, kuinka tärkeäksi biologiaa opettavat aineenopettajat kokevat kemian biologialle ja sen opettamiselle, välistä yhteyttä. Aineisto kerättiin haastattelemalla kymmentä yläkoulussa ja/tai lukiossa biologiaa opettavaa aineenopettajaa. Haastattelutallenteiden litteroinnista saatu aineisto analysoitiin sisällönanalyysin keinoin sekä tilastollisin menetelmin. Pääsääntöisesti opettajat olivat sitä mieltä, että kemia liittyy tieteenalana biologiaan, mutta koulun opetuksessa tätä yhteyttä ei nähty niin merkittävänä. Positiivinen yhteys havaittiin sen välillä, kuinka paljon opettajat pitivät kemiasta ja miten merkittäväksi he kokivat biologian ja kemian tieteenalojen välisen yhteyden. Käytännössä biologian ja kemian integroinnin määrä ja tavat vaihtelivat opettajasta ja koulusta riippuen. Opettajat näkivät biologian ja kemian integraatiossa monia hyötyjä sekä oppilaiden ja opiskelijoiden että opettajien näkökulmasta. Tulosten perusteella kemian hyödyntäminen biologiassa sekä oppiaineiden välisen integraation edistäminen vaatisi pääasiassa biologiaa opettavien aineenopettajien kemian osaamisen kehittämistä, opetuksen suunnitteluajan lisäämistä sekä biologian ja kemian opettajien välisen yhteistyön mahdollistamista.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
Department of Biological and Environmental Science
Teacher Training of Biology

Pipsa Pöllänen: Chemistry in biology – a subject teachers' view
MSc thesis: 40 p., 3 appendices (18 p.)
Supervisors: PhD Jari Haimi and Prof. Jan Lundell
Inspectors: PhD Jari Haimi and PhD Jouni Väliisaari
June 2021

Keywords: curriculum integration, science education, science teaching

Finnish school curriculums are divided into subjects. This may lead to incoherent picture of topics thought in schools. Integrating subjects could provide a broader view. This study attempts to understand how biology and chemistry are being integrated in Finnish comprehensive schools and upper secondary schools, and which obstacles exist for profound integration of these subjects. Simultaneously, it was studied how teacher's background affects the perception of importance of chemistry in biology and biology education. In this study, ten upper comprehensive school and/or upper secondary school biology teachers were interviewed. Transcriptions gotten from interview recordings were analyzed via content analysis and statistical methods. The research findings indicate that the integration between biology and chemistry needs to be actively supported. Most teachers believed that chemistry plays a significant part in biology but the relationship was not seen that important in biology taught in schools. Positive correlation was observed between how much biology teachers liked chemistry and how significant they thought the connection between chemistry and biology are as branches of science. In practice, the amount and ways of integration between biology and chemistry varied depending on teacher and school. Teachers recognized many benefits in integration of subjects both from pupils' and students' as well as teachers' points of view. According to the results in this study if chemistry is wanted to be utilized in biology teaching more, there is a need to increase and support biology teachers' chemistry knowledge and skills. Also, enabling co-operation between biology and chemistry teachers in schools is an important factor in promoting the integration between the subjects on a daily basis in education and curriculum development.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
1.1 Kemian merkitys biologialle.....	1
1.2 Koulujen oppiainejakoisuus.....	1
1.3 Opetuksen eheyttäminen.....	2
1.4 Opetuksen eheyttäminen opetussuunnitelmissa	4
1.5 Biologiaa opettavat aineenopettajat.....	5
1.6 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	7
2 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	8
2.1 Aineiston hankinta.....	8
2.2 Aineiston käsittely ja analysointi	9
3 TULOKSET	11
3.1 Taustatiedot	11
3.2 Opettajan suhde kemiaan.....	13
3.3 Biologian ja kemian integrointi.....	16
3.3.1 Biologian ja kemian suhde.....	16
3.3.2 Biologian ja kemian integrointi käytännössä	20
3.3.3 Integraation hyötyjä.....	23
3.3.4 Integraation esteitä.....	24
3.3.5 Integraation edistäminen	25
4 TULOSTEN TARKASTELO	26
4.1 Kemian merkitys biologialle aineenopettajien näkökulmasta	26
4.2 Kemian integrointi biologian opetukseen	28

4.3 Johtopäätökset.....	30
KIITOKSET.....	32
KIRJALLISUUS.....	32
LIITE 1. Haastateltaville opettajille lähetetty tiedosto.....	36
LIITE 2. Haastattelurunko.....	37
LIITE 3. Liitetaulukot.....	39

1 JOHDANTO

1.1 Kemian merkitys biologialle

Kemian perusasioiden hallitseminen on edellytyksenä biologisen tiedon ymmärtämiselle (Jeronen 2005). Sekä biologian opettajat että opiskelijat ovat sitä mieltä, että kemia tukee biologiaa ja sen opiskelua (Guo ym. 2017, Hämäläinen 2017, Lammi 2019). Kemian osaamattomuus voi johtaa jopa virhekäsityksiin biologiassa (Tekkaya 2002). On havaittu, että biologiaa korkeakouluissa opiskelevilla on ongelmia biologiaa tukevien kemian ainesisältöjen kanssa (Guo ym. 2017, Lammi 2019). Pelkkä kemian opiskeleminen biologian rinnalla ei kuitenkaan riitä kokonaisvaltaisen luonnontieteellisen ymmärryksen syntymiseen, sillä opiskelijat eivät osaa itsenäisesti yhdistää biologian ja kemian kursseilla oppimiansa sisältöjä toisiinsa vaan vaativat tähän opettajan ohjausta (Kohn ym. 2018). Suomalaisissa korkeakouluissa arvioidaan, ettei lukioissa eri oppiaineissa opetettavia sisältöjä ole liitetty toisiinsa riittävästi eivätkä opiskelijat tästä syystä omaa jatkokoulutusvalmiuksien kannalta riittävän laajaa ja eheää kokonaisuuksien hallintaa (Hautamäki ym. 2012).

1.2 Koulujen oppiainejakoisuus

Koulujen oppiainejako perustuu siellä opettavien sisältöjen eli oppiaineiden luokitteluun, ja se on peräisin yliopistojen tieteenalajoista (Hellström 2008, Cantell 2015, Jyrhämä ym. 2016). Biologiaa ja kemiaa opetetaan suomalaisessa koulutusjärjestelmässä erillisinä oppiaineina yläkoulun seitsemänneltä luokalta lähtien (Opetushallitus 2014). Opetettavia sisältöjä voidaan jakaa myös oppiaineita laajempiin kokonaisuuksiin, kuten luonnontieteisiin (Jyrhämä ym. 2016). Esimerkiksi alakoulussa biologiaa ja kemiaa opetetaan niiden sekä fysiikan, maantiedon ja terveystiedon muodostamana yhteisenä oppiaineena: ympäristöoppina (Opetushallitus 2014).

Ainejakoinen opetussuunnitelma voi kuitenkin johtaa kouluissa opittavan tiedon pirstaloitumiseen, sillä maailma ja yksilöiden kyky hahmottaa sitä ei ole jakautunut oppiaineisiin (Lahdes 1997, Eloranta 2005, Hellström 2008, Cantell 2015). Toisaalta eri oppiaineet, kuten biologia ja kemia, voivat olla vahvasti sidoksissa toisiinsa, minkä vuoksi niiden erottaminen toisistaan kokonaan ei käytännössä edes onnistu (Lahdes 1997). Oppiainejakoisuuden haitoista huolimatta se on yleinen opetussuunnitelman rakenne (Jyrhämä ym. 2016).

1.3 Opetuksen eheyttäminen

Opetuksen eheyttäminen nähdään ratkaisuna opetussuunnitelmien oppiainejakoisuuden aiheuttamia ongelmia vastaan. Opetuksen eheyttämisellä tarkoitetaan koulussa opittujen tiedollisten ja taidollisten sisältöjen yhdistämistä kokonaisuuksiksi sekä oppiaineiden sisällä että oppiaineiden välillä, mikä mahdollistaa laajojen ilmiöiden ymmärtämisen (Hellström 2008, Opetushallitus 2014). Käsitettä integraatio käytetään synonyyminä eheyttämiselle (Lahdes 1997, Hellström 2008).

Oppiaineiden sisällä tapahtuvaa integraatiota kutsutaan vertikaaliseksi eheyttämiseksi ja oppiaineiden välillä tapahtuvaa integraatiota horisontaaliseksi eheyttämiseksi (Lahdes 1997, Hellström 2008). Biologian ja kemian integrointi toisiinsa on siis horisontaalista eheyttämistä, mikä vastaa juurikin oppiainejakoisuuden aiheuttamiin ongelmiin. Opetettavien sisältöjen eheyttämistä voidaan lähestyä joko ilmiöistä tai tiedonaloista käsin (Juuti ym. 2015). Tiedonalalähtöisessä eheyttämisessä yhdistetään eri tieteenaloja ilmiöiden ymmärtämisen mahdollistamiseksi (Juuti ym. 2015). Esimerkiksi biologiassa kemia voidaan tuoda osaksi opetusta.

Käytännössä opetuksen eheyttämistä voidaan toteuttaa kouluissa eri tavoin. Yksi tärkeä eheyttämisen keino on oppiaineita yhdistävien oppimiskokonaisuuksien muodostaminen (Halinen & Jääskeläinen 2015). Esimerkiksi lukiossa opetettavia

sisältöjä pitäisi *"laajentaa yksittäisistä kursseista kohti laajempia, useamman kurssin tai oppiaineiden ylittäviä kokonaisuuksia."* (Hautamäki ym. 2012) Eheyttäminen voi kuitenkin olla myös esimerkiksi yhdellä oppitunnilla tapahtuvaa kahden oppiaineen välistä yhteistyötä (Halinen & Jääskeläinen 2015). Ääriesimerkki opetuksen eheyttämisestä on kokonaisopetus, jossa kaikki opetus toteutetaan eheyttynä (Lahdes 1997, Halinen & Jääskeläinen 2015).

Opettajat pitävät opetuksen eheyttämistä tärkeänä (Annanpalo 2004). Aineenopettajat kokevat antavansa eheyttämisen avulla myönteisiä oppimiskokemuksia ja auttavansa jäsentämään opittavaa asiaa, mutta myös uudistavansa omaa työtään ja opetustaan (Holmberg 2020). Eheyttäminen tuo opetukseen vaihtelua sekä opettajille että oppilaille, minkä lisäksi se hyödyttää oppimista muun muassa oppimisen syventymisen ja tehostumisen kautta (Annanpalo 2004). Holmbergin (2020) haastatteleminen aineenopettajien mukaan kahden oppiaineen välinen integraatio auttaa opettajaa käsittelemään opetettavaa aihetta syvällisemmin ja laajemmin.

Opettajien näkökulmasta erityisesti matemaattisten aineiden eli matematiikan, fysiikan ja kemian sekä biologian välillä tapahtuva opetuksen eheyttäminen koetaan luontevaksi (Annanpalo 2004). Biologian ja kemian integroitu opetus antaa opiskelijoille laajemman kuvan opetettavasta aiheesta kuin aiheiden erillinen opetus (Abdella ym. 2011). Tiedetään, että biologian ja kemian integrointi toisiinsa auttaa opiskelijoita sekä havaitsemaan että hyödyntämään tieteenalojen välisiä yhteyksiä (Abdella ym. 2011, Guo ym. 2017, Mutvei ym. 2017). Opiskelijoiden on todettu hyödyntävän kemiaa osana omaa biologian käsitteellistämistä biologialla ja kemiaa integroivan oppimiskokonaisuuden käytyään (Mutvei ym. 2017).

Opettajien lisäksi myös opiskelijat arvostavat luonnontieteiden opetuksen eheyttämistä sekä tunnistavat biologian ja kemian välisen integraation etuja (Abdella ym. 2011, Karppinen 2019). Karppinen (2019) on kuitenkin havainnut, että

lukiolaisten näkökulmasta luonnontieteiden opetusta ei eheytetä aktiivisesti varsinkaan niin, että biologian opettaja käsittelee opetuksessaan kemiaa.

1.4 Opetuksen eheyttäminen opetussuunnitelmissa

Opetuksen eheyttäminen tulee ottaa huomioon jo opetusta suunnitellessa, jottei vastuu oppiaineiden välisestä integroimisesta jää pelkästään opettajille (Jyrhämä ym. 2017). Eheyttämisen kirjaaminen osaksi opetussuunnitelmia laskee eheyttämisen aloituskynnystä sekä takaa sen toteutumisen (Atjonen 1990). Opetuksen eheyttäminen on tärkeä osa sekä perusopetuksen (Opetushallitus 2014) että lukio-opetuksen (Opetushallitus 2019) valtakunnallisia opetussuunnitelmien perusteita.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2014) määrätään, että opintoihin tulee sisältyä vähintään yksi useamman oppiaineen monialainen oppimiskokonaisuus lukuvuodessa, jonka tavoitteet, sisällöt ja toteuttamistavat päätetään paikallisesti. Lisäksi perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yhtenä tärkeänä tavoitteena on laaja-alainen osaaminen. Tämä edistää oppilaiden tiedon- ja taidonalat ylittävää ja yhdistävää osaamista.

Myös lukion opetussuunnitelman perusteissa eheytetään opetusta laaja-alaisen osaamisen osa-alueiden eli kaikkien oppiaineiden yhteisten tavoitteiden avulla (Opetushallitus 2019). Paikallisissa opetussuunnitelmissa linjataan, kuinka laaja-alaisen osaamisen tavoitteet ja sen osa-alueet toteutuvat opintojaksoissa. Lukio-opintojen eheyttämistä edistää myös syksystä 2021 alkaen mahdollisuus muodostaa oppiaineiden pakollisista ja valtakunnallisista valinnaisista moduuleista yhtenäisiä opintojaksoja oppiaineiden sisällä tai niiden välillä. Päätökset moduulien yhdistämisestä opintojaksoiksi tehdään lukiokoulutuksen järjestäjien laatimissa paikallisissa opetussuunnitelmissa. Lisäksi lukion biologian oppiaineen tavoitteissa erikseen mainitaan, että opetuksessa sekä perehdytään että tehdään yhteistyötä biologiaa lähellä olevien tieteenalojen, kuten kemian, kanssa.

1.5 Biologiaa opettavat aineenopettajat

Opettajat ovat kokeneet aiemmin ongelmana sen, ettei opetussuunnitelmaan kirjattuja eheyttämisen keinoja saada siirrettyä käytäntöön (Annanpalo 2004), minkä vuoksi eheyttämistä tulee tarkastella myös opetussuunnitelmaa toteuttavien aineenopettajien näkökulmasta.

Opettajat toteuttavat kirjattua opetussuunnitelmaa omien tietojensa, taitojensa ja asenteidensa ohjaamina (Atjonen 1990). Ainejakoisen opetussuunnitelman ja opetuksen eheyttämisen yhdistäminen vaatii opettajan asiantuntemusta ja itsenäistä pedagogista ajattelua (Juuti ym. 2015). Tämän takia on tärkeää tutkia erilaisten taustatekijöiden vaikutusta aineenopettajien tekemiin ratkaisuihin liittyen opetuksen eheyttämiseen biologian ja kemian integraation avulla.

Suomessa biologiaa opettavan aineenopettajan toinen opetettava aine on yleisimmin maantiede (Kärnä ym. 2012), vaikka kyseinen aineyhdistelmä on harvinainen muualla maailmassa (Jeronen 2005). Kemia ei ole Suomessa tavallinen opetettava aine biologian rinnalla, ja yleensä kemiaa opettavien aineenopettajien muut opetettavat aineet ovat fysiikka ja matematiikka (Kärnä ym. 2012). Tiedetään, että omien opetettavien aineiden integraatio mielletään helpoksi, kun taas aineryhmärajojen yli tapahtuva yhteistyö opettajien kanssa nähdään haastavampana (Juuti ym. 2015). On havaittu, että fysiikan ja kemian opettajat tekevät yläkouluissa enemmän yhteistyötä muiden luonnontieteiden opettajien kanssa kuin biologian ja maantieteen opettajat (Kärnä ym. 2012).

Aineenopettajien tulisi kyetä yhdistämään myös omassa aineenopetuksessaan eri oppiaineiden yhteisiä aihepiirejä toisiinsa (Jeronen 2005). Jotta opettaja pystyy hyödyntämään opetuksessaan aineita, joita hän ei itse opeta, täytyy hänellä olla tietämystä vieraan aineen sisällöistä (Niemelä & Tirri 2018). Aineenopettajat kokevat opetuksen eheyttämisen vaikeana muun muassa sen vuoksi, ettei muiden kuin omien opetettavien aineiden sisältöjä tunneta (Holmberg 2020). Biologian ja maantieteen integraatio koetaan helpoksi juurikin siksi, että sama opettaja opettaa

kumpaakin ainetta (Rinne 2020). Koska biologiaa ja kemiaa opettavat yleensä eri opettajat, voitaisiin kuvitella, että biologian ja kemian integraatio koetaan vaikeaksi opettajien näkökulmasta.

Luokanopettajaopiskelijoista jopa 80 prosenttia omaa samankaltaisia virhekäsityksiä liittyen kemiaan kuin alakouluikäiset oppilaat (Härmälä-Braskén ym. 2020). Tämä saattaa johtua koulutusjärjestelmän kyvyttömyydestä luoda opiskelijoille vahvaa kemiallista pohjaa. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteen laitokselle tulevista opiskelijoista iso osa ei ole opiskellut kemiaa lukiossa kuin vain pakollisen oppimäärän eli yhden kurssin, mikä vaikuttaa opiskelijoiden biologiaa tukevien kemian sisältöjen osaamiseen (Lammi 2019). Tiedetään, että kemian opiskeleminen biologian rinnalla kehittää luonnontieteiden opettajiksi opiskelevien tietämystä poikkitieteellisistä aiheista (Tomažič & Vidic 2012). Kuitenkin esimerkiksi Jyväskylän yliopistossa biologian aineenopettajiksi opiskeleville on kuulunut 2010-luvulla opetussuunnitelmaan pakollisena vain kaksi perusopintokurssia kemiaa (Jyväskylän yliopisto 2016).

Tietojen ja taitojen lisäksi myös opettajan asenne vaikuttaa siihen, miten opetussuunnitelmaa toteutetaan käytännössä (Atjonen 1990). Asenne kuvaa sitä, miten yksilö suhtautuu asioihin, ja se näkyy osana toimintaa (Lehtonen 2020). Luokanopettajien kohdalla asenteet kemiaa kohtaan syntyvät pääosin omien koulu- ja yliopistoaikaisten kokemusten pohjalta (Ikonen 2012). Jakaantuminen aineryhmiin vaikuttaa oppilaiden kohdalla jopa asenteisiin luonnontieteitä kohtaan: yläkoulussa asenteet biologiaa ja maantietoa kohtaan ovat positiivisempia kuin fysiikkaa ja kemiaa kohtaan (Silfverberg ym. 2017). Biologian opettajan asenne kemiaa kohtaan voi näin ollen vaikuttaa siihen, käyttääkö opettaja kemiaa osana opetustaan.

1.6 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää biologiaa yläkouluissa ja/tai lukioissa opettavien aineenopettajien näkökulmasta kemian merkitystä biologialle ja sen opettamiselle. Lisäksi tutkittiin, kuinka opetusta eheytetään biologian ja kemian integraation avulla kouluissa, ja minkälaisia esteitä tälle integraatiolle mahdollisesti on. Tutkimuksesta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää yläkoulun ja lukion biologian opetuksen kehittämisessä niin, että oppilaille ja opiskelijoille muodostuisi entistä kokonaisvaltaisempi ymmärrys biologiassa opetettavista luonnontieteellisistä ilmiöistä.

Täsmälliset tutkimuskysymykset olivat:

1. Selittävätkö biologiaa opettavien aineenopettajien asenteet ja tiedot kemiasta heidän käsityksiään kemian merkityksestä biologialle ja sen opettamiselle?
2. Integroivatko biologiaa opettavat aineenopettajat opetukseensa kemiaa yläkouluissa ja lukiossa? Jos kyllä, niin miten? Jos ei, niin miksi ei?

Hypoteesien mukaan opettajien positiiviset asenteet kemiaa kohtaan sekä korkeampi osaamistaso kemiassa johtavat syvällisempään ymmärrykseen kemian merkityksestä biologialle. Opetusta eheytetään yläkouluissa ja lukioissa integroimalla kemiaa biologian opetukseen, mutta tämä on vähäistä eikä se ole välttämättä tietoista.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineiston hankinta

Aineisto tutkimukseen hankittiin haastattelemalla kymmentä biologiaa yläkoulussa ja/tai lukiossa opettavaa aineenopettajaa. Opettajien hankkiminen tutkimukseen toteutettiin käyttämällä lumipallo-otantaa (Tuomi & Sarajärvi 2018), jossa biologian opiskelukaverit johdattivat tiedonantajien eli haastateltavien opettajien pariin. Lisäksi tutkimuksen tekijän omia yhteyksiä aineenopettajiin hyödynnettiin haastateltavien hankinnassa. Koska tutkimuksen tavoitteena oli ymmärtää kemian merkitystä biologian opetukselle ja sen hyödyntämistä, ei aineiston avulla pyritty yleistykseen (Tuomi & Sarajärvi 2018). Tärkeämpää tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta oli, että haastateltavilla oli tietoa tai kokemusta tutkittavasta asiasta, minkä vuoksi *"tiedonantajien valinnan ei pidä olla satunnaista vaan harkittua ja tarkoitukseen sopivaa."* (Tuomi & Sarajärvi 2018) Kaikki tutkimukseen osallistuneet aineenopettajat opettivat biologiaa ja näin ollen sopivat haastattelukysymyksiin vastaajiksi. Määrällisesti kymmenen opettajan otoksen tuottamalla aineistolla pystyttiin kohtuullisesti vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Kaikki haastattelut opettajat olivat eri oppilaitoksista.

Ensimmäinen yhteydenotto opettajiin tapahtui joulukuussa 2020 sähköpostitse, jolloin selvitettiin heidän halukkuuttaan osallistua tutkimukseen. Tarkemmat haastatteluajat sovittiin tammikuussa 2021 tutkimukseen lupautuneiden opettajien kanssa. Haastattelut pidettiin helmikuussa 2021. Kaksi päivää ennen haastattelua opettajille lähetettiin sähköpostitse tiivistelmä haastattelun sisällöistä (liite 1), joka käytiin vielä läpi haastattelutilanteessa. Yhtä haastateltavista (H9) ennakkosähköposti ei ollut saavuttanut, mutta tiedosto luettiin hänelle haastattelun aluksi. Suostumus tutkimukseen hankittiin opettajilta suullisesti haastattelun aluksi.

Haastattelun tyyppi oli puolistrukturoitu haastattelu. Haastattelurungossa (liite 2) oli sekä avoimia kysymyksiä että suljettuja Likert-asteikollisia kysymyksiä. Haastattelu jakautui kolmeen osaan: taustakysymyksiin, joissa selvitettiin opettajan koulutustaustaa ja työuraa, kysymyksiin liittyen opettajan suhteesta kemiaan sekä kysymyksiin kemiasta biologian opetuksessa, joissa selvitettiin opettajien näkemyksiä kemian merkityksestä biologian opetukselle sekä kemian ja biologian käytännön integrointia. Haastattelu testattiin etukäteen kerran biologian aineenopettajaksi opiskelevalla opiskelijalla. Haastattelut toteutettiin etäyhteyksin Zoom-sovelluksella, ja ne nauhoitettiin. Haastattelutallenteita syntyi yhteensä noin neljä tuntia.

2.2 Aineiston käsittely ja analysointi

Aineiston käsittelyn aluksi opettajien vastaukset litteroitiin haastattelutallenteista. Kaikki haastatteluissa puhuttu litteroitiin sanatarkasti mukaan lukien tilkesanat (Ruusuvoori & Nikander 2017). Sen sijaan minimipalautteita, taukoja, äänensävyjä ja päällekkäispuhuntoja ei litterointiin merkitty. Tällainen litteroinnin tarkkuus oli riittävä tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta, sillä tutkimuksessa huomio kiinnitettiin puheen sisältöön. Aineisto-otteissa käytettiin Ikosen (2012) tutkimuksessaan käyttämiä merkintätapoja: kaarisuluissa olevat kolme pistettä (...) tarkoittaa lainauksesta pois jätettyä osuutta, hakasuluissa oleva sisältö [...] ei sisälly alkuperäiseen aineistoon, mutta edesauttaa litteraatin ymmärtämistä ja kolme pistettä tarkoittaa katkaistua virkettä. Litteroinnin ohessa aineisto anonymisoitiin ja haastateltaville annettiin satunnaiset haastattelutunnukset (H1, H2, ..., H10), jotka eivät korreloineet haastattelujärjestyksen kanssa.

Litteroinnin jälkeen aineistoa pelkistettiin eli litterointitiedostosta poistettiin tutkimukselle epäoleelliset asiat pois (Tuomi & Sarajärvi 2018), minkä jälkeen aineisto analysoitiin sisällönanalyttisesti. Litteroitu aineisto luokiteltiin opettajien suhteen haastattelun sisältöjen mukaisiin taulukoihin (Tuomi & Sarajärvi 2018).

Näiden taulukoiden avulla koottiin yhteen opettajien tietystä teemasta esille tuomia näkemyksiä ja niiden frekvenssejä.

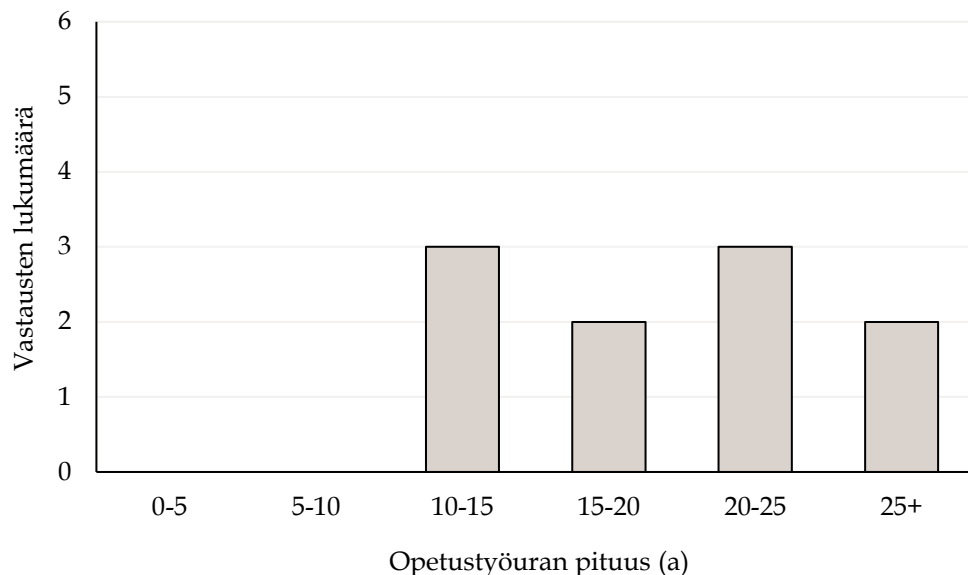
Aineistosta etsittiin muuttujien välisiä yhteyksiä Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla, minkä lisäksi Mann-Whitney U -testin avulla testattiin ryhmien välisiä eroja. Ei-parametrisiä testejä käytettiin johtuen pienestä otoskoosta ja aineiston mitta-asteikoista. Järjestysluokallisia muuttujia tilastollisissa testauksissa olivat opettajan arvio omasta kemian osaamisestaan, opettajan arvio omasta kemian pitämisestään, opettajan arvio kemian ja biologian tieteenalojen välisen yhteyden merkittävydestä sekä opettajan arvio kemian merkittävydestä koulun biologialle. Suhdeasteikollinen muuttuja oli opettajan työuran pituus. Luokka-asteikollinen muuttuja oli opettajan yliopisto-opintojen pääaine. Tilastollisissa testauksissa käytettiin IBM SPSS Statistics -ohjelmistoa (versio 26).

3 TULOKSET

3.1 Taustatiedot

Haastatelluista aineenopettajista kuusi oli opiskellut yliopisto-opinnoissaan pääaineenaan biologiaa ja neljä maantiedettä (liitetaulukko 1). Kaikilla opettajilla oli pätevyys sekä biologian että maantieteen aineenopetukseen. Lisäksi yhdellä opettajalla oli näiden aineiden ohella pätevyys myös terveystiedon opettamiseen.

Kaikki opettajat olivat tehneet opettajan työtä vähintään 10 vuotta (kuva 1).



Kuva 1. Opettajien opetustyöurien pituudet luokiteltuna viiden vuoden välein. N=10.

Haastattelut opettajat opettivat sekä ala- ja yläkoulussa että lukiossa (taulukko 1). Yleisin opetusaste oli lukio, jossa kahdeksan opettajaa opetti. Yläkoulussa opetti neljä opettajaa. Yleisimmät opetettavat aineet kaikilla opetusasteilla olivat biologia (frekvenssi=10) ja maantiede (f=10) sekä terveystieto (f=2). Kolme opettajista oli opettanut aiemmin tai opetti satunnaisesti kemiaa.

H4: ... piti löytää joku, joka pystyy hoitaa kemiaa, niin sitten rehtori ajatteli, että eiköhän se biologi osaa jonkin verran kemiaa.

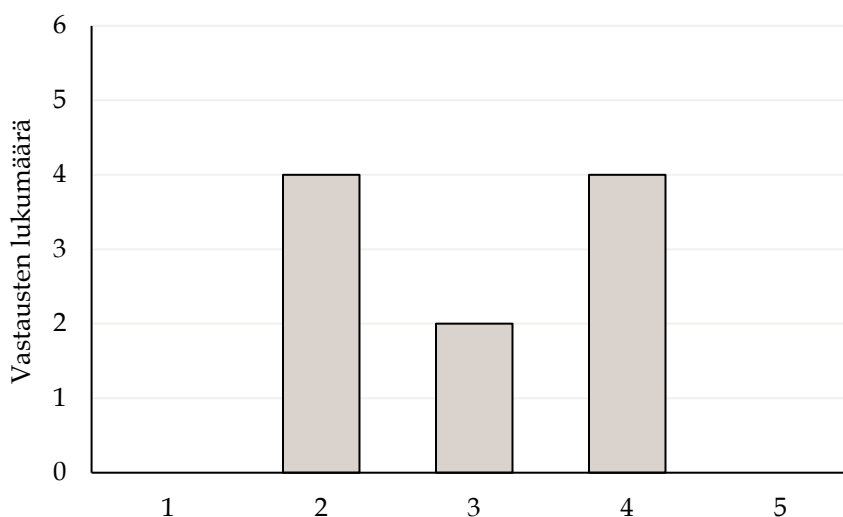
Taulukko 1. Opettajien opetustyöurien pituudet (luokat: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, yli 25 vuotta), opetusasteet ja opetettavat aineet.

Opettaja	Opetustyöuran pituus	Opetusaste	Opetettavat aineet
H1	20-25 vuotta	Yläkoulu	Biologia ja maantieto.
		Lukio	Biologian valtakunnalliset syventävät kurssit.
H2	10-15 vuotta	Lukio	Biologian ja maantieteen valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit.
H3	yli 25 vuotta	Lukio	Biologian ja maantieteen valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit.
H4	15-20 vuotta	Alakoulu	Ympäristöoppi.
		Yläkoulu	Biologia, maantieto, terveystieto sekä muita oppiaineita. Opettanut aiemmin myös kemiaa.
		Lukio	Biologian, maantieteen ja terveystiedon valtakunnalliset ensimmäiset kurssit. Koulun oman erityistehtäväoppiaineen kaksi ensimmäistä kurssia.
H5	10-15 vuotta	Lukio	Biologian ja maantieteen valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit.
H6	15-20 vuotta	Lukio	Biologian, maantieteen ja terveystiedon valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit.
H7	yli 25 vuotta	Lukio	Biologian ja maantieteen valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit.
H8	20-25 vuotta	Yläkoulu	Biologia ja maantiede. Opettaa satunnaisesti myös kemiaa.
H9	20-25 vuotta	Yläkoulu	Biologia ja maantiede.
H10	10-15 vuotta	Lukio	Biologian ja maantieteen valtakunnalliset ja koulukohtaiset kurssit. Koulun omat ympäristöopinnot kurssit. Opettanut aiemmin myös kemiaa.

3.2 Opettajan suhde kemiaan

Haastatelluista opettajista kuusi kymmenestä oli opiskellut kemiaa lukiossa enemmän kuin pakolliset kurssit (liitetaulukko 2). Yksi opettajista ei ollut lukenut kemiaa lainkaan yliopistossa. Kahdella opettajalla oli suoritettuna kemian perusopinnot yliopistosta. Loput seitsemän opettajaa olivat opiskelleet kemiaa yliopistossa joitakin satunnaisia kursseja: neljä oli opiskellut tutkinto-ohjelmaan kuuluneet pakolliset kurssit, ja kolme oli lukenut kemiaa yliopistossa joitakin vapaaehtoisia kursseja.

Opettajien oma arvio kemian osaamisesta vaihteli melko huonosta melko hyvään (kuva 2).



Kuva 2. Opettajien vastausten vastausjakauma väittämään: *Millaiseksi koet oman kemian osaamisesi asteikolla 1-5?* (1=erittäin huono, 2=melko huono, 3=ei huono eikä hyvä, 4=melko hyvä, 5=erittäin hyvä) N=10.

Melko hyväksi osaamistasonsa arvioineet opettajat (kuva 2) kokivat työn kehittäneen ja ylläpitäneen jo opiskeluaikana kerrytettyä kemian osaamista (liitetaulukko 2).

H1: ... mä oon aika paljon ite opiskellu sitten sitä kurssia [Solu ja perinnöllisyys -kurssi (LOPS2015)] opettaessa. (...) Että ehkä eniten kuitenkin oppinu sitten työssä sitä, mitä tarvii.

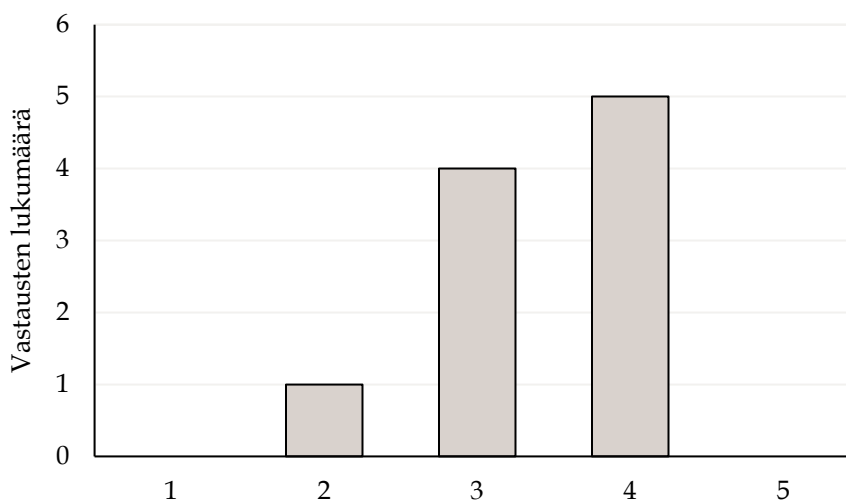
H10: ... moni bilsan opiskelija testaa mun kemian osaamista eli se on säilyny se [kemian] osaaminen.

Melko huonoksi osaamistasonsa arvioineet opettajat (kuva 2) kokivat kemian opintojensa määrän liian vähäiseksi ja opinnot liian kaukaisiksi (liitetaulukko 2). Biologian osalta kemian osaaminen kuitenkin koettiin hyväksi. Moni näistä opettajista kertoi kehittäneensä kemian osaamistaan työelämässä itsenäisesti.

H3: No pohjat ei oo ollu kovin tuota kovat tietenkään. Kyllähän jonkun verran biologiassa siis koko ajan tietysti käytetään tiettyjä juttuja ja niitä osaa ja ottanu niistä selvää, mutta sitten tavallaan niitten ulkopuolella niin kyllähän sitä hyvin vähän sitä tietoo sitten on, että mitä nyt sitä biologian kautta tarttee. Biologian kursseilla niin siitä on sitä tietoo, mutta muuten ei kovinkaan paljoo.

Ei huonoksi eikä hyväksi kemian osaamisensa arvioineiden opettajien (kuva 2) perustelut kemian osaamistason suhteen muistuttivat melko huonoksi osaamistasonsa arvioineiden opettajien vastauksia: kemian osaamistasoon kerrottiin vaikuttaneen kemian opintojen vähäinen määrä sekä biologian ulkopuolisen kemian osaamattomuus (liitetaulukko 2).

Puolet opettajista arvioi pitävänsä kemiasta melko paljon (kuva 3).



Kuva 3. Opettajien vastausten vastausjakauma väittämään: *Miten paljon pidät kemiasta asteikolla 1-5?* (1=erittäin vähän, 2=melko vähän, 3=en vähän enkä paljon, 4=melko paljon, 5=erittäin paljon) N=10.

Melko paljon kemiasta pitäneet (kuva 3) opettajat kokivat kemian kiinnostavana tieteenalana ja tunnistivat sen tärkeyden (liitetaulukko 2). Opettajien perustelut vastaukselleen kuitenkin myös erosivat toisistaan. Osalla biologia oli edesauttanut mielenkiintoa kemiaa kohtaan, mutta toisaalta kiinnostus biologiaan oli myös voinut syntyä kemian kautta. Joku opettaja koki kemian jopa hieman pelottavana ja toinen ei. Melko paljon kemiasta pitäneet opettajat myös kuvailivat suhdettaan kemiaan ”viharakkaussuhteeksi” ja ”ristiriitaiseksi”.

H5: Mä oon aina tykänny kemiasta ja mä oon kokenu sen niinku tosi tärkeeks tieteeks.

Ei vähän eikä paljon kemiasta pitäneet opettajat (kuva 3) toivat kaikki esille sen, että mahdollinen kiinnostus kemiaan on syntynyt biologian kautta (liitetaulukko 2). Nämä opettajat eivät kuitenkaan kokeneet olleensa koskaan niin kiinnostuneita kemiasta, että olisivat jaksaneet opiskella sitä ahkerasti. Suhteen kemiaan kuvailtiin olevan muun muassa ”kaksijakoinen” ja ”neutraali”.

H2: ... mut mitä enemmän ymmärtää biologiaa niin sitä enemmän mua on kiinnostanu se kemia...

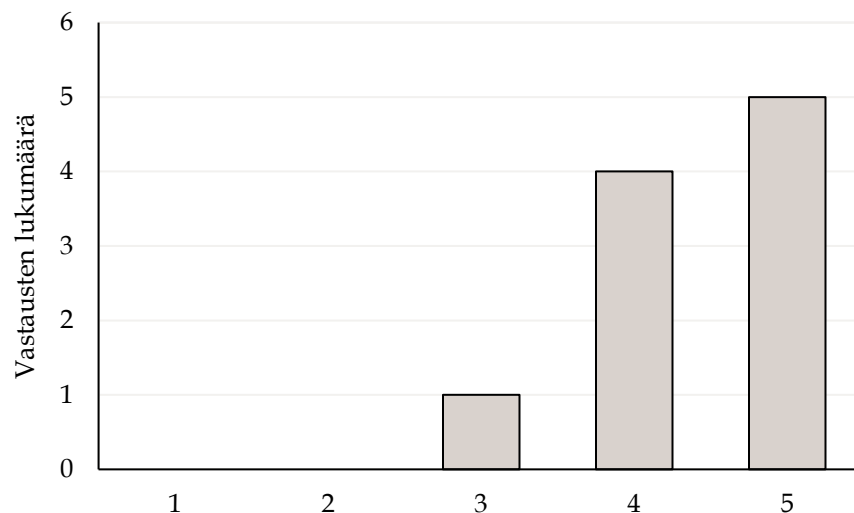
Melko vähän kemiasta pitänyt opettaja (kuva 3) ei ollut koskaan pitänyt kemiasta myöskään biologian osalta eikä näin ollen ollut panostanut kemian opintoihin (liitetaulukko 2).

H7: ... en oo koskaan ollu mitenkään erityisen kiinnostunu siitä. En lukioaikana enkä sitten tuolla opiskelupuolellakaan. Et biologiasta oon kyllä ollu kiinnostunu, mutta en siitä varsinaisesti kemian osuudesta siinä.

3.3 Biologian ja kemian integrointi

3.3.1 Biologian ja kemian suhde

Pääsääntöisesti opettajat näkivät kemian ja biologian välisen yhteyden joko melko tai erittäin suurena tieteenalojen näkökulmasta tarkasteltaessa (kuva 4).



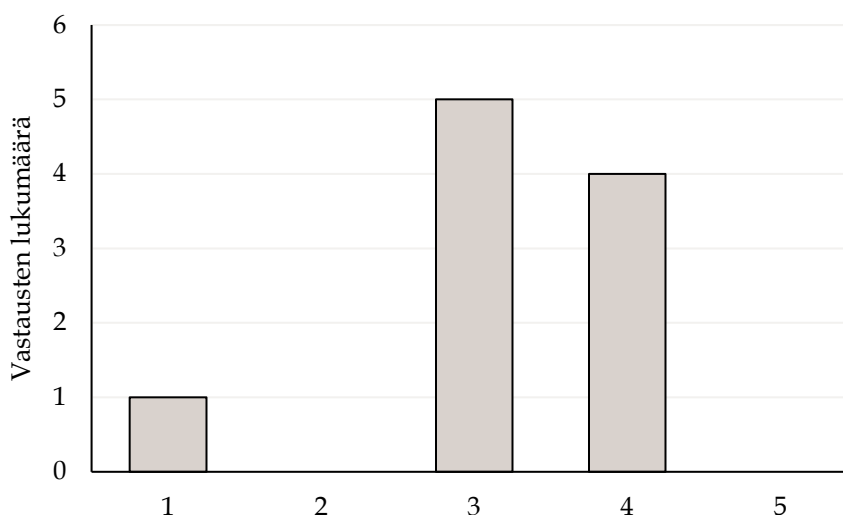
Kuva 4. Opettajien vastausten vastausjakauma väittämään: *Miten merkittävää kemian ja biologian tieteenalojen välinen yhteys on asteikolla 1-5?* (1=erittäin pieni, 2=melko pieni, 3=ei pieni eikä iso, 4=melko suuri, 5=erittäin suuri) N=10.

Opettajien perustelut kemian merkityksestä biologialle olivat melko samanlaisia riippumatta siitä, miten he vastasivat Likert-asteikolliseen kysymykseen tieteenalojen välisestä merkityksestä (kuva 4). Iso osa opettajista ajatteli biologian olevan kemian soveltamista, ja näin ollen kemian edesauttavan biologian ymmärtämistä (liitetaulukko 3). Tärkeäksi tekijäksi tieteenalojen väliselle

yhteydelle koettiin tieteenalojen yhteiset aihepiirit. Toisaalta moni opettaja toi esille sen, että biologiassa on myös aihealueita, joissa kemian ei ole niin merkittävässä osassa.

H10: ... kemia tuo sieltä hirvittävästi paljon taustaa. Semmosta perusosaamista, jota biologiassa sovelletaan.

Koulumaailmassa kemian merkittävyys biologialle koettiin huomattavasti pienempänä kuin tieteenaloina tarkasteltaessa (kuva 5).



Kuva 5. Opettajien vastausten vastausjakauma väittämään: *Miten merkittävä kemia on biologialle koulumaailmassa asteikolla 1-5?* (1=erittäin pieni, 2=melko pieni, 3=ei pieni eikä iso, 4=melko suuri, 5=erittäin suuri) N=10.

Kaikki opettajat olivat sitä mieltä, että kemia tulee esille biologian oppitunneilla (liitetaulukko 3). Opettajien näkemykset kemian merkityksestä biologialle koulumaailmassa kuitenkin erosivat jonkin verran. Erittäin pieneksi kemian merkityksen biologialle koulumaailmassa arvioinut opettaja (kuva 5) oli sitä mieltä, ettei koulutasolla biologian ja kemian integrointi ole välttämätöntä. Muuten opettajat yleisesti toivat esille biologian aihepiirejä, joissa kemiaa tarvitaan (ks. taulukko 5) sekä korostivat sitä, että kemia tukee ja auttaa sekä rikastuttaa biologian opetusta. Lukiossa kemian koettiin olevan tärkeämpi osa biologian opetusta kuin

yläkoulussa (f=2). Vaikka biologian ja kemian yhteys nähtiin selkeänä, niiden koettiin käytännössä kulkevan irrallisina oppiaineina koulumaailmassa (f=2). Opettajat toivat esille nykyisenkaltaisen virkarakenteen, ja totesivat biologian ja kemian yhdistelmän olevan jopa luonnollisempi yhdistelmä opetettaviksi aineiksi kuin biologia ja maantiede (f=3).

H4: ... et mieluusti näkisin semmosen aineyhdistelmän, et kemia ja biologia, et se ois minun mielestä ehkä järkevämpi, ku tämä biologia-maantieto -aineyhdistelmä.

Kaikki opettajat olivat sitä mieltä, että kemia auttaa ainakin vähän biologian ymmärtämisessä (liitetaulukko 3). Puolet opettajista oli sitä mieltä, että kemian osaamattomuus aiheuttaa ongelmia biologian oppimisessa. Ongelmien ajateltiin syntyvän kokonaisvaltaisen ymmärryksen puutteen myötä. Erityisesti solu- ja molekyylibiologian oppimisen ajateltiin olevan vaikeaa ilman kemian osaamista. Oppilaiden ja opiskelijoiden kemian osaamattomuus voi vaikuttaa jopa siihen, kuinka syvällisesti opetuksessa käsitellään asioita (f=2).

H10: Se vaatii opiskelijalta ulkoo-opettelu, se vaatii opiskelijalta biologian käsitteiden opettelu ilman sitä laajempaa ymmärrystä ja silloin me tullaan siihen, että virhekäsityksiä syntyy hyvin paljon. Eli se, että pohjalla on kemian osaamista auttaa heti ymmärtämään mitä tässä tapahtuu, mitä tässä biologisessa ilmiössä tapahtuu, jollon välttytään niiltä virheiltä.

Puolet opettajista ajatteli, ettei kemian osaamattomuudesta synny ongelmia biologian oppimisen kannalta (liitetaulukko 3). Nämä opettajat toivat kuitenkin esille sen, että kemian perusasiat olisi hyvä hallita, ja että kemian osaamattomuus voi aiheuttaa lisätyötä, jos kokonaisuuksia ei ymmärretä.

Opettajan kemian osaamisen ja kemiasta pitämisen välillä ($r_s = 0,689$, $p = 0,028$) sekä opettajan kemiasta pitämisen ja opettajan arvioiman biologian ja kemian tieteenalojen välisen suhteen merkittävyyden välillä ($r_s = 0,700$, $p = 0,024$) havaittiin tilastollisesti merkitsevä (p-arvo alle 0,05) positiivinen yhteys (taulukko 2).

Taulukko 2. Summamuuttujien Spearmanin korrelaatiokerroinmatriisi. Haastattelussa kysytyjen muuttujien väliset korrelaatiot ja tilastolliset todennäköisyydet. Otsikkorivin numerot (1.-5.) kuvaavat summamuuttujat-sarakkeen muuttujia. N=10.

Summamuuttuja		1.	2.	3.	4.	5.
1. Opettajan arvioima kemian osaaminen	Korrelaatiokerroin (r_s)	1,000				
	Tilastollinen merkitsevyys (p)	.				
2. Opettajan arvioima kemiasta pitäminen	Korrelaatiokerroin (r_s)	,689	1,000			
	Tilastollinen merkitsevyys (p)	,028	.			
3. Opettajan arvioima biologian ja kemian tieteenalojen välisen suhteen merkittävyys	Korrelaatiokerroin (r_s)	,495	,700	1,000		
	Tilastollinen merkitsevyys (p)	,146	,024	.		
4. Opettajan arvioima biologian ja kemian välisen suhteen merkittävyys koulussa	Korrelaatiokerroin (r_s)	,129	,267	-,033	1,000	
	Tilastollinen merkitsevyys (p)	,722	,456	,927	.	
5. Opettajan opetustyöuran pituus	Korrelaatiokerroin (r_s)	-,201	-,294	-,138	-,570	1,000
	Tilastollinen merkitsevyys (p)	,578	,410	,703	,085	.

Tutkituissa muuttujissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja (p-arvo alle 0,05) korkeakouluopintojen pääaineiden mukaisten ryhmien välillä (taulukko 3).

Taulukko 3. Erot testatuissa muuttujissa (1.-4.) opettajien korkeakouluopintojen pääaineen eli biologian (n=6) ja maantieteen (n=4) välillä. Mann-Whitney U -testin testisuure ja tilastollinen todennäköisyys. N=10.

Muuttuja	Testisuure (U)	Tilastollinen merkitsevyys (p)
1. Opettajan arvioima kemian osaaminen	9,000	,610
2. Opettajan arvioima kemiasta pitäminen	10,500	,762
3. Opettajan arvioima biologian ja kemian tieteenalojen välisen suhteen merkittävyys	6,000	,257
4. Opettajan arvioima biologian ja kemian välisen suhteen merkittävyys koulussa	7,500	,352

3.3.2 Biologian ja kemian integrointi käytännössä

Yleisin biologian ja kemian integroinnin tavoista oli kemian aihepiirien käsitteleminen biologian opetuksessa (f=6) (taulukko 4).

Taulukko 4. Opettajien esille tuomat tavat, joilla biologialla ja kemiaa integroidaan biologian opettajan toimesta sekä yleisesti koulussa.

Opettaja	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
Kemian käsitteleminen biologian opetuksessa	x		x	x	x				x	x
Kemian yhteyden sanoittaminen biologian opetuksessa		x	x	x		x			x	
Kokeellisuus				x	x	x		x		
Kemian opintoihin tai muihin tietolähteisiin ohjaaminen		x				x	x			x
Oppiaineita integroivat opinnot	x					x				x

Käytännössä kemian käsitteleminen biologian opetuksessa näytti eroavan riippuen opettajasta. Osa opettajista koki kemian osuuden biologiassa pakolliseksi ja näin ollen luonnolliseksi osaksi opetusta (f=2) (liitetaulukko 4).

H10: Ja miten se niinku ihan yksinkertaisimmillaan on niin se on tietenkin siinä opetusmateriaalissa. Se, että sisällyttää molekyylien kuvia, molekyylikaavoja... On niitä kemiallisia reaktioyhtälöitä...

Osalla opettajista kemian käsitteleminen opetuksessa taas oli selkeästi harvinaisempaa ja riippui opettajan kemian osaamisesta (liitetaulukko 4).

H4: ... se tulee siin tuntitilanteessa sillä hetkellä, jos ite sattuu muistaan, että tässä vois vetästä tällasen, ja se jos yleisö on otollinen sille.

Opettajat toivat esille myös integraation keinonaan sen, että he luovat yhteyksiä biologian ja kemian välille oppitunneillaan (f=5) (taulukko 4). Tällöin kemiaa ei selitetä, mutta opettaja muistuttaa oppiaineiden yhteisistä aihepiireistä (liitetaulukko 4). Osittain tähän liittyi myös kemian opintoihin tai muihin tietolähteisiin ohjaaminen (f=4).

H2: ... mä ohjaan heitä sinne kemian kurssille ja sitten opastan heitä sinne tiedonlähteille, vaikka sinne kirjaan.

H6: ... mä sanotan sen auki... (...) ... ajatus se, että opiskelija ymmärtää, että nää kaikki asiat oikeesti liittyy toisiinsa.

H7: ... mä oon yleensä oppilaille sanonukin, että me ei sit sekoeta tänne sitä kemian puolta. Että jos ne sit niillä oppilailla tulee kemian kursseilla, niin sit oon sanonu, että te saatte sieltä lisätietoja ja voitte sitten opettajalta kysyä, jos tuntuu siltä, että kiinnostaa taikka siit ois hyötyä. Mutta aika paljon myös sitäkin aatellu, että sitä biologiaa lukee kuitenkin paljon semmosia opiskelijoita, jotka ei oo mitenkään siitä kemiasta innostunu tai ei välttämättä niinku luekaan kemiaa sitten niin en halua sitä liikaa sotkea sitten siihen.

Biologiaa ja kemiaa kurssi-/opintomuotoisesti integroitiin kolmessa koulussa (taulukko 4). Yhdessä yläkoulussa oli muodostettu matemaattis-luonnontieteellisten oppiaineiden yhteinen kenttäjakso, ja lukioissa oli koulukohtaisia, monitieteellisiä kursseja liittyen ilmastonmuutokseen, veteen, hyvinvointiin sekä luonnontieteellisten alojen valmennuskurssi (liitetaulukko 4). Missään lukiossa ei haastattelun tekohetkellä ollut rakennettu opintojaksoja uuden opetussuunnitelman mukaisesti biologian ja kemian moduuleista.

Yleisin haastatteluissa esiin tullut kemian ja biologian yhteinen aihepiiri oli fotosynteesi ja soluhengitys (f=6) (taulukko 5).

Taulukko 5. Useammassa kuin yhdessä haastattelussa esiin tulleet biologian aiheet, joissa kemia tulee esille, ja joissa kyseisten oppiaineiden integraatiota voitaisiin harjoittaa.

Opettaja	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10
Fotosynteesi ja soluhengitys	x	x			x			x	x	x
Vesi ja sen ominaisuudet (osmoosi, adheesio, koheesio, kapillaari-ilmiö)	x	x			x	x		x		x
Aineiden kierto ekosysteemeissä ja kiertojen häiriöt (rehevöityminen, happamoituminen)			x		x	x	x			x
Ruoansulatus ja ravintoaineiden pilkkoutuminen				x				x	x	x
Biomolekyylit					x				x	x
Entsyymit								x	x	x
Kasvit (ravinnetalous, vesitalous, kasvifysiologia)							x	x	x	
Solukalvon rakenne ja toiminta	x						x			x
Ilmastonmuutos ja kasvihuonekaasut				x						x
Proteiinisynteesi ja peptididisidoksen muodostuminen					x					x

Spesifisten aiheiden lisäksi opettajat toivat esille haastattelun aikana biologian osa-alueita. Näitä olivat muun muassa solu- ja molekyylibiologia, ihmisen biologia, genetiikka ja perinnöllisyys, ympäristötiede ja bioteknologia (liitetaulukko 4). Lukion kurseista (LOPS2015) mainittiin kaikki paitsi ensimmäinen kurssi (Elämä ja evoluutio), mutta yksi lukion opettaja toi esille siihenkin liittyviä aihepiirejä, kuten fossiilien iän määrittämisen ja molekyylikellon.

Osa opettajista alkoi haastattelun aikana ideoimaan käytännön keinoja biologian ja kemian integroimiseksi (liitetaulukko 4), vaikka tähän liittyvää kysymystä ei heille esitetty. Opettajat esimerkiksi pohtivat biologian ja kemian yhteisten kurssitehtävien laatimista (f=2), oppiaineiden yhteisten opintokokonaisuuksien suunnittelua (f=4) ja yhteisopettajuuden hyödyntämistä biologian ja kemian integroimiseksi (f=2).

3.3.3 Integraation hyötyjä

Opettajat toivat esille monenlaisia hyötyjä, joita biologian ja kemian integraatiosta voidaan saada. Yleisin etu oli oppiaineiden osaamisen vahvistaminen ja oppimisen tukeminen luomalla laajemman, syvemmän ja ehyemmän kuvan opetettavista asioista (f=9) (liitetaulukko 5). Tämä voi motivoida opiskeluun (f=1). Opettajien näkökulmasta kemian ja biologian integrointi tukee biologian opettamisessa (f=3). Biologian ja kemian integraatio tehostaa opetuksen ajankäyttöä, kun samoja asioita ei käydä läpi useaan otteeseen eri opettajien toimesta (f=3). Kemian integrointi biologiaan lisää kokeellisuutta biologiassa (f=3) ja tekee opetuksesta ilmiölähtoisempää (f=1) ja avarampaa (f=1). Integraatio auttaa opettajaa myös eriyttämään opetusta (f=1). Myös kemia hyötyy integraatiosta, sillä oppiaineet rikastuttavat toisiaan (f=2). Biologia erityisesti antaa käytännönläheisiä esimerkkejä kemiaan (f=1).

H8: Mä luulen, et siit vois olla sellanen hyöty, että et koska molemmat on joillekin aika vaikeita aineita niin, jos siin saatais se että niinku ne huomais oppilaat, että nää liittyy toisiinsa nää asiat. Se on ehkä sellanen mihin pitäis enemmänkin päästä, et se auttais sit vahvistais kumpaakin osaamista.

3.3.4 Integraation esteitä

Biologian ja kemian integraatiolle nähtiin monenlaisia esteitä (liitetaulukko 5). Näistä yleisin oli opettajien välisen yhteistyön puute ja laatu sekä ajatus opettajasta itsenäisenä tekijänä (f=7). Myös itsenäisen ja yhteisen suunnitteluajan puute koettiin integraatiota estäväksi tekijäksi (f=4). Biologian opettajan heikko kemian osaaminen sekä negatiivinen asenne kemiaa kohtaan voivat opettajien mukaan estää kemian integraatiota biologiaan (f=5). Myös oppiainejakoisuus ja virkarakenne eli se, että biologian ja kemian opettajat ovat eri henkilöitä, koettiin esteeksi (f=2).

H4: Oikeestaan en tiedä mitä toi kemian opettaja sit tekee siellä kemian tunneilla. Että osittain esteenä tässä vähän ehkä on se, että on kaksi eri opettajaa.

H5: ... miten opettajien persoonat ehkä sopii yhteen. Ja sitten se, että miten järjestetään opettajille se aika suunnitella niitä kursseja, että ollaanko niistä valmiita maksamaan ja just se, että miten ne mahtuu sitten lukkariin.

Myös oppilaiden ja opiskelijoiden heikko kemian osaaminen ja negatiivinen asenne kemiaa ja integraatiota kohtaan koettiin esteeksi (f=4). Myös se, että lukiossa kaikki biologian opiskelijat eivät opiskele kemiaa (f=1), ja että opiskelijat saattavat käydä kursseja eri tahtiin (f=1) nähtiin esteenä.

H1: ... osalle niin lukiossa kuin yläkoulussa se sana kemia on myrkkyä. Et heti lyö blokit kiinni, ku sanotaan et "tää on kemiaa." Niin monesti sitä ei välttämättä kannata mainita oppilaille, mutta tavallaan sitten kyllä se [esille] sieltä tulee.

Opettajat toivat esille myös monenlaisia käytäntöön liittyviä integraation esteitä. Tällaisia olivat muun muassa aikataululliset ja lukujärjestykselliset esteet, kuten

oppiaineiden kurssien eri aikaisuus tai se, että oppiaineita integroivat opinnot eivät mahdu lukiossa kurssitarjottimelle ($f=4$). Opetustilojen ja -välineiden ei koettu tukevan integraatiota ja sen toteuttamista ($f=2$). Muita esille tulleita esteitä olivat palkkaus, aika ja raha ($f=2$).

3.3.5 Integraation edistäminen

Opettajat toivat esille monenlaisia tapoja, joilla biologian ja kemian välistä integraatiota voitaisiin edistää (liitetaulukko 5). Kolme opettajaa toi esille biologian aineenopettajan kemian osaamistason kehittämistä joko yliopisto-opintojen tai työuran aikana.

H6: ... tarjottaspas siitä [kemiasta] please opettajille täydennyskoulutusta niin mä oon niinku eka ilmottautumaan.

Opettajat nostivat esille keskustelun ja muun yhteistyön kemian opettajien kanssa ($f=5$), ja näistä erityisesti yhteisopettajuuden ($f=3$) (liitetaulukko 5). Myös sekä yhteisen että itsenäisen suunnitteluajan järjestämistä pidettiin tärkeänä integrointia edistävänä tekijänä ($f=3$).

H10: ... keskustelun ja yhteissuunnittelun avulla löydetään sellasia rajapintoja kemian ja biologian väliltä, että voidaan joko opettaa samanaikaisesti joku ilmiö tai sopia työjaosta niin, että ei sit opeteta tuplasti.

Yksittäisiä esiin tulleita integraation edistämisen keinoja olivat muun muassa oppiaineiden yhteisten opintojaksojen muodostaminen, opettajien asennemuutokset, opettajien heittäytyminen ja uskallus, opetustilojen lisääminen ja mahdollisesti jopa integraatioon soveltuva laboratoriotila, opettajien lisääminen, ryhmäkokojen pienentäminen, löysähkö opetustarjotin ja oppituntien samanaikaisuus, oppisisällön karsiminen tai opetusajan lisääminen (liitetaulukko 5).

H1: Et varmaan semmonen tietynlainen asennekasvatus ja muutos ja pois sieltä vanhasta ajattelumaailmasta, että oppiaineet on aina omia erillisiä saarekkeitaan...

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kemian merkitys biologialle aineenopettajien näkökulmasta

Lukion uuden opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2019) mukaisesti lukiokoulutuksen tulisi ohjata opiskelijoita havaitsemaan tiedonalojen välisiä yhteyksiä, ja perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2014) mukaan oppilaiden tulisi oppia ymmärtämään asioiden välisiä suhteita. Näiden tavoitteiden saavuttaminen voi olla vaikeaa, jos opettajat eivät itse näe tieteenalojen välistä yhteyttä. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan biologialle opettavat aineenopettajat pitivät pääsääntöisesti biologian ja kemian tieteenalojen välistä yhteyttä merkittävänä, mutta koulumaailmassa kemian merkittävyys biologialle kuitenkin koettiin huomattavasti pienemmäksi. Suomessa on jo aiemmin havaittu, että biologian aineenopettajien mielestä luonnontieteistä erityisesti kemia tukee biologialle oppiaineena (Hämäläinen 2017). Miksi tässä tutkimuksessa opettajien käsitykset kemian merkityksestä biologialle koulumaailmassa erosivat heidän käsityksistään biologian ja kemian tieteenalojen välisen suhteen merkittävyydestä? Eroa saattaa selittää se, kuinka haastatellut opettajat ymmärsivät kysymyksen kemian merkityksestä biologialle koulumaailmassa. Osa opettajista pohti kysymystä sen kautta, kuinka kemia käytännössä näkyy biologian opetuksessa eikä niinkään sen kautta, millainen merkitys kemialla oikeasti on biologian sisältöjen opettamiselle. Tämä voisi myös osittain selittää sitä, miksi tieteenalojen väliseen merkittävyyteen ja koulumaailmassa oppiaineiden välisen suhteen merkittävyyteen liittyvien kysymysten vastausten välillä ei havaittu yhteyttä.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella opettajien käsitys kemian merkityksestä biologialle ja sen opettamiselle vaikuttaa kasvavan koulutusjärjestelmässä ylöspäin siirryttäessä, sillä sen lisäksi, että kemia koettiin merkittävämmäksi biologialle tieteenaloina tarkasteltaessa kuin koulumaailmassa, kemian mainittiin olevan tärkeämpi biologian opetukselle lukiossa kuin yläkoulussa. Opettajalta vaaditaan

enemmän aineenhallintaa, mitä pidemmälle koulutusjärjestelmässä edetään (Jyrhämä ym. 2016). Aihepiirien syventyminen ja syvemmän ymmärryksen vaatimus voi olla tärkeä tekijä sille, miksi opettajien näkökulmasta kemian merkitys biologialle kasvaa koulutusjärjestelmässä. Opetuksen eheyttäminen kuitenkin on sitä tärkeämpää mitä nuorempi oppija on, sillä sitä kokonaisvaltaisemmin hän hahmottaa maailmaa (Lahdes 1997). Tämän vuoksi kemian integroinnin biologiaan voisi nähdä tärkeänä jo yläkoulusta lähtien. Tässä tutkimuksessa opetusasteen vaikutusta kemian arvotettuun merkittävyyteen ei kuitenkaan suoraan tutkittu. Tämä voisi olla jatkotutkimusten kannalta mielenkiintoinen aihe tutkia.

Haastatteluista selvisi, että monen aineenopettajan kohdalla kemian merkitys biologialle oli ymmärretty vasta oman opetustyön myötä. Ikonen (2012) havaitsi samankaltaisia tuloksia luokanopettajien kohdalla: myöhemmällä iällä luokanopettajat olivat havainneet kemian antavan pohjaa biologian ymmärtämiselle. Tiedetään kuitenkin, että jo biologian opiskelijat tunnistavat kemian merkityksen biologialle ja sen opiskelulle (Guo ym. 2017, Lammi 2019). Mistä siis johtuu, että biologian aineenopettajat kertoivat ymmärtäneensä kemian merkityksen biologian opettamiselle vasta työuransa aikana? Syynä tähän voi olla se, että kemian merkitys biologian opiskelulle tunnistetaan jo opintojen aikana, mutta sitä ei silti nähdä tärkeänä ja tarpeellisena opettajan työn näkökulmasta. Työuran aikana luultavasti tapahtuu jotain, mikä saa opettajat huomaamaan kemian merkityksen myös opetustyölle. Yksi mahdollinen tähän vaikuttava tekijä voi olla oppilaiden ja opiskelijoiden kiinnostus asioiden syvällisempään ymmärrykseen. Tässäkin tutkimuksessa opettajat toivat esille, että opettajan kemian osaamattomuus voi johtaa siihen, ettei opetettavia sisältöjä pysty käsittelemään niin laajasti kuin mitä oppilaat ja opiskelijat toivoisivat. Opettajan opetustyöuran pituuden ja biologian ja kemian suhteen merkittävyyksien välillä ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa havaittu yhteyttä, mutta tähän tutkimukseen ei valikoitunut vastavalmistuneita opettajia vaan kaikki opettajista olivat tehneet yli

kymmenen vuotta opettajan töitä, minkä vuoksi jatkotutkimukset voisivat olla tarpeen.

Lammi (2019) havaitsi, ettei bio- ja ympäristötieteiden opiskelijoiden käsitykset oppiaineiden merkityksistä vaikuta heidän tekemiinsä oppiainevalintoihin. Tämä voisi myös osaltaan selittää sitä, miksi biologian aineenopettajat eivät yleisesti ole lukeneet kemiaa paljoa biologian ohella, vaikka kemia pääsääntöisesti koetaan tärkeäksi biologialle. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan opettajan kemian osaamistason ja koetun merkityksellisyyteen välillä ei kuitenkaan ollut yhteyttä. Sen sijaan oppiainevalintoja voi luultavasti selittää enemmän opiskelijoiden kiinnostus oppiaineita kohtaan. Tässä tutkimuksessa havaittiin positiivista korrelaatiota sen, kuinka paljon opettajat pitivät kemiasta ja sen, miten merkittäväksi opettajat arvioivat biologian ja kemian tieteenalojen välisen suhteen välillä. Lisää tutkimusta merkittävyyden kokemuksiin vaikuttavista tekijöistä kuitenkin tarvitaan.

4.2 Kemian integrointi biologian opetukseen

Haastatteluissa esille tulleiden aiheiden ja biologian osa-alueiden perusteella kemian hyödyntäminen biologiassa onnistuu laajasti. Opettajat vaikuttavat huomaavan kemian ja biologian yhteyden erityisesti aiheissa, jossa selkeästi tulee esille aineiden rakenne ja niiden kemialliset ominaisuudet. Esimerkiksi yleisimmät esille tulleet oppiaineiden yhteiset aiheet olivat soluhengitys ja fotosynteesi, joiden reaktioyhtälöt perinteisesti esitetään myös biologian oppikirjoissa. Opettajien esille tuomista aiheita on jo aiemmin tutkittu ja todettu toimivan kemian ja biologian integraation näkökulmasta. Tällaisia aihepiirejä ovat muun muassa ruoansulatus (Mutvei ym. 2017), energia (Kohn ym. 2018), kasvitiede (Çil 2016) ja biomolekyylit (Saarimäki 2017).

Tutkimuksen tulosten mukaan biologian opetusta eheytetään kemian avulla sekä yläkouluissa että lukioissa. Juuti ym. (2015) totesi: *”Jos eheyttämisessä riittää se, että*

yhdestä tiedonalasta puhutaan toisen opetuksen yhteydessä, eheyttäminen saattaa vaikuttaa helpolta.” Voidaanko siis kaikki tässä tutkimuksessa opettajien esille tuomista integraation tavoista laskea opetuksen eheyttämiseksi? Tällaisia eheyttämisen kannalta kyseenalaisia integraation tapoja olivat kemian yhteyden sanoittaminen biologiassa sekä kemian opintoihin ja muihin tietolähteisiin ohjaaminen. Toisaalta myös Holmbergin (2020) tutkimuksessa aineenopettajat kertoivat eheyttävänsä opetusta tuomalla esiin oppiaineiden välisiä yhtymäkohtia. Mielekästä tutkimuksen kannalta olisi voinut olla se, että haastatteluissa olisi yhdessä avattu integraation käsite ja näin ollen selvitetty, minkä opettajat aidosti kokevat opetuksessaan integraatioksi. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella myöskään selkeästi integraatiota olevat tavat eivät vaikuttaneet olevan niin tehokkaita kuin ne voisivat olla. Varsinkin kemian ja biologian integroinnin säännöllisyyteen ja suunnitelmallisuuteen keskittyminen voisi olla tulevaisuudessa tutkimuksellisesta näkökulmasta mielenkiintoista.

Vaikka kaikki opettajat kertoivat integroivansa kemiaa jollain tasolla biologian opetukseen, nähtiin opetuksen eheyttämisen tiellä paljon haasteita. Biologiaa opettavien aineenopettajien haastatteluissa esille nousseet eheyttämisen esteet muistuttivat Suomessa aiemmin saatuja tutkimustuloksia (Annanpalo 2004, Holmberg 2020). Erityisesti yhteistyön ja suunnitteluajan puute koettiin esteeksi sekä tässä tutkimuksessa että Annanpalon (2004) ja Holmbergin (2020) tutkimuksissa. Tiedetään, että lukiolaisetkin havaitsivat, että eheyttäminen vaatii suunnittelua onnistuakseen (Karppinen 2019).

Annanpalon (2004) tutkimuksessa itsestä aiheutuvat esteet koettiin muiden opetuksen eheyttämistä estävistä tekijöistä merkityksettömimmiksi. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan biologian opettajien kemian osaaminen näyttää kuitenkin vaikuttavan kemian ja biologian väliseen integraatioon. Oppiaineiden välisen integraation tiedetään vaativan opettajalta tietämystä vieraan aineen sisällöistä (Niemelä & Tirri 2018). Pääsääntöisesti biologiaa opettavilla aineenopettajilla ei kuitenkaan näytä olevan vahvaa kemian taustaa, mikä voi

johtaa tulosten mukaan muun muassa siihen, ettei kemiaa uskalleta ottaa osaksi biologian opetusta.

Ehkä hieman yllättävästi biologian opettajat kokivat myös oppilaiden ja opiskelijoiden kemian osaamisen ja negatiivisen asenteen kemiaa integraatiota estäväksi tekijäksi. Jyväskylän bio- ja ympäristötieteen laitokselle tulevista opiskelijoista iso osa ei ole opiskellut kemiaa lukiossa kuin vain pakollisen oppimäärän (Lammi 2019) eli vaikuttaa siltä, etteivät biologiasta kiinnostuneet opiskelijat valitse kemiaa osaksi lukio-opintojaan. Tutkimuksessa haastatellut opettajat toivat esille pelkonsa siitä, että liiallinen kemian merkityksen korostaminen voisi vaikuttaa negatiivisesti oppilaiden ja opiskelijoiden asenteisiin biologiaa kohtaan. Biologian opettajat voisivat kuitenkin opetuksessaan korostaa kemian merkitystä biologialle enemmän ja näin vaikuttaa oppilaiden ja opiskelijoiden asenteisiin kemiaa kohtaan.

4.3 Johtopäätökset

Pääsääntöisesti opetuksen eheyttäminen koettiin tärkeänä ja kemian merkitys biologialle merkityksellisenä biologiaa opettavien aineenopettajien näkökulmasta, vaikka koulumaailmassa kemian merkitys biologialle nähdään vähäisemmäksi kuin tieteenaloina tarkasteltaessa. Tässä tutkimuksessa kysytyt taustatekijät eivät kuitenkaan selittäneet opettajien kemian merkittävyyden näkemystä koulun biologialle. Biologiaa opettavien aineenopettajien näkökulmasta kemian integrointi biologiaan kuitenkin edistää oppimista ja tukee opettamisessa, ja niitä integroidaan toisiinsa jonkin verran yläkouluissa ja lukioissa. Yleisin integraation tapa oli kemian käsitteleminen osana biologian opetusta, ja harvinaisin integraation tapa oli kemiaa ja biologiaa integroivat opintokokonaisuudet. Vaikuttaa siltä, että monenlaiset opettajan sisäiset ja ulkoiset tekijät estävät kemian hyödyntämistä biologian opetuksessa, minkä vuoksi on tärkeää aktiivisesti edistää kemian ja biologian välistä integraatiota.

Biologian ja kemian integraation edistämisen näkökulmasta erityisesti biologian aineenopettajien kemian osaamisen tukeminen olisi tärkeää sekä yliopisto-opintojen että työuran aikana, sillä tiedetään, että kemiaa tarvitaan biologian opettajan työssä. Biologiaa opettavien aineenopettajien kemian osaamisen kehittäminen vaikuttaa eheyttämiseen lisääntyneen aineenhallinnan kautta. Biologian aineenopettajiksi valmistuvien kemian opintojen määrää voitaisiin lisätä sekä biologian että maantieteen pääaineopiskelijoille, sillä monella biologian opettajalla ei ole vahvaa kemian taustaa korkeakouluopinnoista. Kemian opintoja voisi esimerkiksi lisätä pakollisiksi yliopistojen opetussuunnitelmiin tai kemiaa voitaisiin käsitellä enemmän osana yliopistojen biologian kursseilla. Tärkeää olisi myös tarjota jo työelämässä oleville opettajille mahdollisuus kehittää omaa kemian osaamista esimerkiksi täydennyskoulutusten avulla. Toisaalta kemian merkityksen korostaminen jo kouluajoilta saakka biologiassa tukisi sitä, että biologian opettajiksi opiskelevat näkisivät kemian opiskelemisen biologian ohella työuransa kannalta merkitykselliseksi jo ennen yliopisto-opintojaan.

Kun halutaan tukea opetussuunnitelmien toteutumista eheyttämisen tavoitteiden suhteen, tärkeää on antaa biologian aineenopettajille mahdollisuuksia pohtia ja suunnitella integroivaa opetusta sekä yhteisesti kemian aineenopettajien kanssa että itsenäisesti. Erityisen tärkeää tämä on sen vuoksi, että lukioissa biologiaa opettavat aineenopettajat eivät tällä hetkellä koe, että uuden opetussuunnitelman antamia mahdollisuuksia oppiaineiden yhteisten opintojaksojen muodostamisesta voida käytännössä hyödyntää. Jo tämän tutkimuksen haastatteluiden keskustelut saivat opettajat pohtimaan uusia opetuksessa hyödynnettäviä integraation keinoja. Integraatiota edistävät ja estävät tekijät näytetään tuntevan jo melko hyvin eli tulevaisuudessa tärkeää olisi, että opetuksen järjestäjät tukisivat entistä enemmän opetuksen eheyttämistä tarjoamalla opettajille sitä tukevia resursseja.

KIITOKSET

Kiitos ohjaajilleni Jari Haimille ja Jan Lundellille asiantuntevasta ja innostavasta ohjauksesta. Tärkeä kiitos kuuluu myös tutkimukseen osallistuneille opettajille, sillä ilman teitä ei olisi tätä tutkielmaakaan! Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni, erityisesti äitiäni, Siiriä, Henna ja Jasminia, tuesta tutkielman tekemiseen sekä antoisista graduun liittyvistä keskusteluista.

KIRJALLISUUS

- Abdella B.R.J., Walczak M.M., Kandl K.A. & Schwinefus J.J. 2011. Integrated Chemistry and Biology for First-Year College Students. *Journal of chemical education* 88: 1257-1263, doi:10.1021/ed1001834.
- Annanpalo R. 2004. *Opetuksen eheyttäminen peruskoulun ylemmillä vuosiluokilla*. Oppimisportfolio. Ammatillinen opettajakorkeakoulu, Oulun seudun ammattikorkeakoulu.
- Atjonen P. 1990. Eheyttäminen opetussuunnitelmissa. Kunnan opetussuunnitelma opetuksen eheyttämisessä. Teoksessa: Laukkanen R., Piippo E. & Salonen A. (toim.), *Ehyesti elävä koulu: Kohti kokonaisvaltaista oppimista*, VAPK-kustannus, Helsinki, ss. 27-44.
- Cantell H. 2015. Ainejakoisuus ja monialainen eheyttäminen opetuksessa. Teoksessa: Cantell H. (toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*, PS-kustannus, Jyväskylä, ss. 11-15.
- Çil E. 2016. Instructional Integration of Disciplines for Promoting Children's Positive Attitudes Towards Plants. *Journal of biological education* 50: 366-383, doi:10.1080/00219266.2015.1117512.
- Eloranta V. 2005. Miksi opettaa ja opiskella biologiaa? Yhteenveto. Teoksessa: Eloranta V., Jeronen E. & Palmberg I. (toim.), *Biologia eläväksi: Biologian didaktiikkaa*, PS-kustannus, Jyväskylä, ss. 42-43.
- Guo Y., Huey P. & Pursell D. 2017. Enhancing Interdisciplinary Attitudes and Achievement via Integrated Biology and Chemistry. *Proceedings of the*

Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference 1, doi:10.20429/stem.2017.010104.

- Halinen I. & Jääskeläinen L. 2015. Opetussuunnitelmauudistus 2016. Sivistysnäkemys ja opetuksen eheyttäminen. Teoksessa: Cantell H. (toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*, PS-kustannus, Jyväskylä, ss. 19-36.
- Hautamäki J., Säkkinen T., Tenhunen M-L., Ursin J., Vuorinen J., Kamppi P. & Knubb-Manninen G. 2012. *Lukion tuottamat jatkokoulutusvalmiudet korkeakoulutuksen näkökulmasta*. Koulutuksen arviointineuvoston julkaisuja 59.
- Hellström M. 2008. *Sata sanaa opetuksesta. Keskeisten käsitteiden käsikirja*. PS-kustannus, Jyväskylä.
- Holmberg V. 2020. *Aineenopettajien kokemuksia opetuksen eheyttämisestä*. Pro gradu -tutkielma. Kokkolan yliopistokeskus Chydenius, Jyväskylän yliopisto.
- Hämäläinen S. 2017. *Kuinka biologian opettajat tukevat lukiolaisten uranvalintaa opetuksessaan?* Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto.
- Härmälä-Braskén A., Hemmi K. & Kurtén B. 2020. Misconceptions in chemistry among Finnish prospective primary school teachers -a long-term study. *International Journal of Science education* 42(9): 1447-1464, <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1765046>
- Ikonen R. 2012. *Luokanopettajien suhtautuminen fysiikan ja kemian opettamiseen. Koulu- ja opiskelukokemukset asenteiden muovaajina*. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto.
- Jeronen E. 2005. Biologian suhde muihin oppiaineisiin. Teoksessa: Eloranta V., Jeronen E. & Palmberg I. (toim.), *Biologia eläväksi: Biologian didaktiikkaa*, PS-kustannus, Jyväskylä, ss. 37-42.
- Juuti K., Kairavuori S. & Tani S. 2015. Tiedonalalähtöinen eheyttäminen. Teoksessa: Cantell H. (toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia*, PS-kustannus, Jyväskylä, ss. 77-93.
- Jyrhämä R., Hellström M., Kansanen P. & Uusikylä K. 2016. *Opettajan didaktiikka*. PS-kustannus, Jyväskylä.
- Jyväskylän yliopisto. 2016. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta: Opinto-opas 2016-2017. https://www.jyu.fi/science/fi/ohjeita-opiskelijalle/tutkinto-ohjelmat/vanhat-opetussuunnitelmat/mltk_opinto-opas_lv2016-2017.pdf (luettu 09.06.2021)

- Karppinen J. 2019. *Eheyttävä opetus luonnontieteiden opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Kohn K.P., Underwood S.M. & Cooper M.M. 2018. Energy Connections and Misconnections across Chemistry and Biology. *CBE life sciences education* 17: ar3, doi:10.1187/cbe.17-08-0169.
- Kärnä P., Hakonen R. & Kuusela J. 2012. *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Koulutuksen seurantaraportit 2.
- Lahdes E. 1997. *Peruskoulun uusi didaktiikka*. Otava, Helsinki.
- Lammi L. 2019. *Lukioaikaisten oppiainevalintojen ja opinto-ohjauksen yhteys bio- ja ympäristötieteiden opiskeluun*. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Lehtonen T. 2020. Asenne? Kirjoitus Ajatusyhteys-blogissa 05.08.2020. <https://blogs.uwasa.fi/ajatusyhteys/2020/08/05/asenne/> (luettu 09.06.2021)
- Mutvei A., Lönn M. & Mattsson J-E. 2017. Digestion as an example of integrated teaching of chemistry and biology. *Conexão Ciencia* 12(2): 89-95.
- Niemelä M.A. & Tirri K. 2018. Teachers' Knowledge of Curriculum Integration: A Current Challenge for Finnish Subject Teachers. Teoksessa: Weinberger Y. & Libman Z. (toim.), *Contemporary Pedagogies in Teacher Education and Development*, IntechOpen, London, ss. 119-132, <https://doi.org/10.5772/intechopen.75870>
- Opetushallitus 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Next Print Oy, Helsinki. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- Opetushallitus 2015. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Next Print Oy, Helsinki. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf
- Opetushallitus 2019. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. PunaMusta Oy, Helsinki. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf
- Rinne V. 2020. *Opetuksen eheyttäminen ja monialaiset oppimiskokonaisuudet peruskoulun yläkoulun maantiedon opetuksessa*. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.

- Ruusuvuori J. & Nikander P. 2017. Haastatteluaineiston litterointi. Teoksessa: Hyvärinen M., Nikander P. & Ruusuvuori J. (toim.), *Tutkimushaastattelun käsikirja*, Vastapaino, Tampere.
- Saarimäki L. 2017. *Biomolekyylit kemian opetuksessa sekä lukion kemian, biologian ja terveystiedon oppikirjoissa*. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Silfverberg H., Matikainen E. & Yli-Panula E. 2017. Yhdeksäsluokkalaisten asennoituminen science-aineisiin aineittain ja aineryhmittäin tarkasteltuna. Teoksessa Kallio M., Juvonen R. & Kaasinen A. (toim.), *Ainedidaktisen tutkimusseuran tutkimuksia 12*. Helsingin yliopisto, kasvatustieteellinen tiedekunta, Helsinki, ss. 129-144.
- Tekkaya C. 2002. Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Universitesi Egitim Fakultesi Dergisi* 23: 259-266.
- Tomažič I. & Vidic T. 2012. Future science teachers' understandings of diffusion and osmosis concepts. *Journal of biological education* 46(2): 66-71, doi:10.1080/00219266.2011.617765.
- Tuomi J. & Sarajärvi A. 2018. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.

LIITE 1. Haastateltaville opettajille lähetetty tiedosto

PRO GRADU -TUTKIELMAN HAASTATTELU

Tutkimuksen aihe:

Kemia biologian opetuksessa – aineenopettajien näkökulma

Tämän biologian pro gradu -tutkimuksen tavoitteena on selvittää biologiaa yläkouluissa ja/tai lukioissa opettavien aineenopettajien näkökulmasta kemian merkitystä biologialle sekä kemian hyödyntämistä biologian opetuksessa. Opetuksen ja opettajien kouluttamisen kehittämiseksi on tärkeää selvittää, miten kemiaa voidaan integroida biologiaan, miksi se on tärkeää ja millaisia esteitä integroinnille käytännön koulutyössä on.

Tutkimukseen osallistuu noin 10 biologiaa opettavaa aineenopettajaa. Aineisto tutkimukseen kerätään haastattelulla, joka kestää noin puoli tuntia. Haastattelu toteutetaan Zoom-sovellusta käyttäen ja se nauhoitetaan myöhempää litterointia varten. Haastateltavat anonymisoidaan. Haastateltavien yhteystietoja (nimi, sähköposti, koulu) säilytetään tutkimuksen tekemisen ajan. Kaikki edellä mainitut tiedostot säilytetään tietoturvallisesti erillään toisistaan ja hävitetään pro gradu -tutkielman hyväksymisen jälkeen. Tutkimus valmistuu kesällä 2021. Hankittua aineistoa käytetään vain tässä tutkimuksessa, ja hyväksytyt tutkielma julkaistaan Jyväskylän yliopiston JYX-julkaisuarkistossa.

Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista ja sen voi halutessaan keskeyttää.

Haastattelussa käsitellään kemiaa biologiaa opettavan aineenopettajan näkökulmasta. Haastattelun aluksi selvitetään haastateltavan aineenopettajan työuraa ja koulutustaustaa. Haastattelun seuraava teema koskee opettajan omaa suhdetta kemiaan. Haastattelun viimeisen osa-alueen avulla selvitetään kemian merkitystä biologian opetukselle sekä kyseisten oppiaineiden välisen integraation keinoja, hyötyjä ja esteitä.

Tutkimuksen tekijä:

Pipsa Pöllänen
Jyväskylän yliopiston
bio- ja ympäristötieteen laitos
puh. [REDACTED]

Tutkimuksen ohjaaja:

Dos. Jari Haimi
Jyväskylän yliopiston
bio- ja ympäristötieteen laitos
puh. 040 805 3861
jari.m.haimi@jyu.fi

Tutkimuksen ohjaaja:

Prof. Jan Lundell
Jyväskylän yliopiston
kemian laitos
puh. 040 744 5270
jan.c.lundell@jyu.fi

LIITE 2. Haastattelurunko

HAASTATTELURUNKO

Aluksi

- *Kysy lupa nauhoituksen aloittamiseen*
- *Nauhoituksen käynnistäminen*
- *Haastattelijan ja tutkimuksen esittely*
- *Kysy suostumus tutkimukseen osallistumiseen*

Taustakysymykset

- *Millainen koulutustaustasi on?*
 - *Missä opiskellut? Milloin valmistunut? Pääaine? Milloin biologian pätevyys?*
 - *Muuta kuin formaalia koulutusta?*
- *Miten pitkään olet toiminut aineenopettajana?*
- *Opetatko tällä hetkellä yläkoulussa vai lukiossa?*
- *Mitkä ovat opetettavat aineesi?*
 - *Laajuudet?*
 - *Lukiossa opetettavat kurssit?*

Opettajan suhde kemiaan

- *Kuinka paljon olet opiskellut kemiaa?*
- *Millaiseksi koet oman kemian osaamisesi asteikolla 1-5? Perustelee.*
1 erittäin huono 2 melko huono 3 ei huono eikä hyvä 4 melko hyvä 5 erittäin hyvä
- *Kerro suhteestasi kemiaan.*
 - *Mikä vaikuttanut? Millaisia kokemuksia kemian suhteen?*
- *Miten paljon pidät kemiasta asteikolla 1-5? Perustelee.*
1 erittäin vähän 2 melko vähän 3 en vähän enkä paljon 4 melko paljon 5 erittäin paljon
- *Miten kemia tieteenalana liittyy biologiaan?*

- Miten merkittävä kemian ja biologian tieteenalojen välinen yhteys on asteikolla 1-5?

Perustelee.

1 erittäin pieni 2 melko pieni 3 ei pieni eikä iso 4 melko suuri 5 erittäin suuri

Kemia biologian opetuksessa

- Tuleeko kemia esille biologian oppitunneilla?
- Auttaako kemian osaaminen oppilaita/opiskelijoita biologian ymmärtämisessä?
Missä aihepiireissä?
 - Aiheuttaako kemian osaamattomuus ongelmia? Missä osa-alueissa?
- Miten merkittävä kemia on biologialle koulumaailmassa asteikolla 1-5? *Perustelee.*
1 erittäin pieni 2 melko pieni 3 ei pieni eikä iso 4 melko suuri 5 erittäin suuri
- Integroitko kemiaa biologian opetukseen? Miten?
 - Hyödynnätkö kemiaa biologiana opettaessasi?
 - Miten integrointi tapahtuu? Missä aihepiireissä? Miten usein?
- Millä muilla tavoilla biologiana ja kemiaa integroidaan toisiinsa koulussanne?
 - Paikallinen -/koulukohtainen opetussuunnitelma
 - LOPS 2021: opintojaksojen muodostaminen moduuleista?
 - POPS: monialaiset oppimiskokonaisuudet?
 - Jotain muuta?
- Millaisia hyötyjä kemian ja biologian integroinnista voidaan saada?
- Millaisia esteitä kemian ja biologian integroimisessa voi olla?
 - Mikä edesauttaisi kemian hyödyntämistä biologiassa?

Lopuksi

- Haluaisitko vielä lisätä jotain liittyen haastatteluun ja sen teemoihin?

➤ Nauhoituksen pysäyttäminen

- Kiitokset osallistumisesta

LIITE 3. Liitetaulukot

Liitetaulukko 1. Opettajien koulutustausta.

Opettaja	Koulutustausta
H1	Filosofian maisteri. Pääaineena maantiede. Syventävät opinnot myös biologiasta ja kasvatustieteestä. Suoritettuna johtamisalaan liittyvä opintokokonaisuus. Käynyt työuran aikana paljon täydennyskoulutuksissa. Lähinnä solu- ja molekyylibiologiaan liittyviä lyhyt- sekä useamman opintoviikon koulutuksia.
H2	Ennen yliopisto-opintoja suorittanut biologiaa sivuavan aineen AMK-tutkinnon. Aineenopettajan opinnot. Pääaineena biologia. Sivuaaineena maantiede ja pedagogiset opinnot. Yhteiskuntapolitiikan perusopinnot sekä kulttuurintutkimuksen opintoja. Lukenut erityispedagogiikkaa kymmenen opintoviikkoa. Terveystietoa opiskellut kahta kurssia vaille aineopinnot. Suorittanut erilaisia kursseja ja koulutuksia. Pääasiassa Biologian ja maantieteen opettajien liiton pieniä koulutuksia.
H3	Pääaineena maantiede. Sivuaaineena biologia. Käynyt täydennyskoulutuksia eri aiheista, kuten tieto- ja viestintätekniikasta, mutta myös aineenhallintaan liittyen oppiainekohtaisia kertauskursseja. Erityisen suuri suoritettu opintokokonaisuus on ollut poikkitieteellinen Itämeriprojekti.
H4	Filosofian maisteri. Pääaineena biologia. Sivuaaineena maantiede ja aineenopettajan pedagogiset opinnot. Suorittanut työuran aikana erilaisia täydennyskoulutuksia. Terveystiedon lyhyt muuntokoulutus (noin 15 opintoviikkoa). Eri toimijoiden (mm. Opetushallitus, Biologian ja maantieteen opettajien liitto) antamia koulutuksia eri aihealueista liittyen biologian ja maantiedon opettamiseen.
H5	Pääaineena (luonnon)maantiede. Sivuaaineena biologia, opettajan pedagogiset opinnot. Sekalaisia opintoja ympäristötieteistä, geologiasta ja espanjankielestä. Suorittanut Turun kauppakorkeakoulun Tulvaisuudentutkimuksen opintokokonaisuuden sekä terveystiedon perusopinnot.
H6	Kasvatustieteen maisteri. Aloittanut opiskelemaan ensin luokanopettajaksi, minkä jälkeen suorittanut pääaineopinnot biologiasta. Sivuaaineena maantiede. Suorittanut myöhemmin terveystiedon perus- ja aineopinnot. Täydennyskoulutuksia liittyen sähköistymiseen ja aineenhallintaan. Tällä hetkellä suorittaa 15 opintopisteen kurssia, jossa käsitellään muun muassa jäätiköitä, meribiologiaa ja arktisten alueiden metaanipäästöjä.
H7	Pääaineena maantiede. Sivuaaineena biologia. Ei ole kouluttautunut työuran aikana.
H8	Filosofian maisteri (aineenopettajan opinnot). Pääaineena biologia. Maantiede ja pedagogiset opinnot sivuaaineena. Lukenut myös kemiaa sivuaaineena ennen maantieteeseen vaihtamista. Lyhytkoulutuksia esim. oppilaanohjauksesta, mutta ei ole suorittanut mitään suurempia täydennyskoulutuksia eikä muita lisäopintoja työuran aikana.
H9	Pääaineena biologia (kasvi- ja eläintiede). Aineenopettajaopinnot osana tutkintoa. Maantiede ja pedagogiset opinnot sivuaaineena. Ei ole suorittanut työuran aikana mitään sen suurempia koulutuksia/opintoja.
H10	Filosofian maisteri. Pääaineena biologia. Sivuaaineena maantiede (aineopinnot), ympäristötiede (aineopinnot), kemia (perusopinnot) ja ympäristönsuojelu (perusopinnot). Suorittanut erikoisammattitutkinnon ympäristökasvatuksesta.

Liitetaulukko 2. Opettajien kemian tausta.

Opettaja	Kemian opinnot	Kemian osaaminen	Suhde kemiaan
H1	Lukiossa opiskellut muistaakseen kaikki kemian kurssit, mutta ei kirjoittanut. Yliopistossa opiskellut valinnaisena joitakin kemian peruskursseja sekä kemiaan liittyviä kursseja biokemian laitoksella.	On opiskellut paljon itse biologian opettamisen vuoksi, ja tämän vuoksi kokee oppineensa työssä sitä kemiaa, mitä opettamisessa tarvitsee.	Lukiossa ei pitänyt kemiasta yhtään, mutta ajautui kemian opintoihin solubiologian ja fysiologian kiinnostuksen kautta. Yliopistossa luki kemiaa valinnaisena, koska se kiinnosti. Kuvailee suhdettaan kemiaan viha-rakkaussuhteeksi.
H2	Lukiossa muistelee opiskelleensa kemiaa hieman. Ei kuitenkaan vastannut ainereaalissa kemian kysymyksiin. Yliopistossa opiskellut joitakin vapaaehtoisia ja opiskelijoille suositeltuja kemian kursseja.	On opiskellut kemiaa mielestään liian vähän, minkä vuoksi on epävarma omasta osaamisestaan. On kuitenkin lukenut ja opiskellut itsenäisesti kemiaa.	Ei pitänyt yläkoulussa ja lukiossa kemiasta, sillä koki opiskelun liian ulkoa opetteluksi. Biologian ymmärtämisen kautta kiinnostus kemiaa kohtaan on kasvanut. Pitää kemiasta ja ymmärtää sen merkityksen biologialle, mutta edelleen mielenkiintoa syövätkin ulkoa opeteltavat asiat. Kuvailee suhdettaan kemiaan kaksijakoiseksi.
H3	Lukiossa opiskellut pakolliset kemian kurssit sekä yhden tai kaksi valinnaiskurssia. Yliopistossa opiskellut tutkinto-ohjelmaan kuuluneet pakolliset kemian kurssit.	Kokee kemian pohjansa riittämättömäksi. Osaa niitä asioita, mitä biologiassa käytetään, sillä on ottanut niistä itse selvää, mutta luokkahuoneen ulkopuolella kemiasta ei ole paljoa tietoa.	On kiinnostunut kemiasta, mutta ei niin paljon, että olisi esimerkiksi yliopistossa jaksanut opiskella kemiaa ahkerasti. Kokee, että kemiassa on mielenkiintoisia ja merkittäviä asioita, joilla on esimerkiksi biologiassa käyttöä.
H4	Lukiossa opiskellut pakolliset kemian kurssit. Yliopistossa opiskellut tutkinto-ohjelmaan kuuluneet pakolliset kemian kurssit sekä hieman biokemiaa.	On vähän kemian pohjaa, sillä biologian opintoihin liittyneet kemian opinnot sisälsivät paljon asiaa verrattuna opintojen määrään. Lisäksi on opettanut kemiaa muutaman vuoden ajan yläkoulussa.	Kemian opettaminen tuntui aluksi pelottavalta, mutta asiaan perehdyttyään yläkoulun kemia tuntui mielekkäältä ja järkevältä. Ei koe kemiaa erityisen kiehtovaksi aineeksi, mutta biologian kannalta kemia tuo mielenkiintoista lisäymmärrystä. Pitää erityisesti kemian kokeellisuudesta ja sen tuomisesta biologiaan. Kuvailee suhdettaan kemiaan neutraaliksi.

H5	Lukiassa opiskellut kemiaa kaksi kurssia. Yliopistossa ei opiskellut yhtään kemian kurssia.	On opiskellut kemiaa mielestään liian vähän. Kykenee ymmärtämään tiettyjä asioita, mutta opettaessa herää tuntemus siitä, ettei osaamisen taso ole tarpeeksi korkea.	On aina pitänyt kemiasta ja kokenut sen tärkeäksi tieteenksi. Innostunut asenne ei kuitenkaan ole johtanut siihen, että olisi tehnyt riittävästi töitä kemian eteen. Oma riittämätön ymmärrys ärsyttää, ja osaamisen kehittäminen kiinnostaisi. Kuvailee suhdettaan ristiriitaiseksi, mutta pääasiassa positiiviseksi.
H6	Lukiassa opiskellut kemiaa mahdollisesti viimeistä kurssia vaille kaikki kurssit. Yliopistossa opiskellut joitakin vapaaehtoisia ja opiskelijoille suositeltuja kemian kursseja, joiden koki tukevan biologian opiskelua.	Kemian opiskelusta on paljon aikaa. Kokee hallitsevansa kemiaa biologian suhteen hyvin, mutta ei edes osaa arvioida osaamistaan kemian näkökulmasta.	Kemia kiinnostaa nykyään, mutta kokee, että esimerkiksi lukiassa opettaja vei motivaatiota. Toivoo, että olisi lukenut enemmän kemiaa yliopistossa, mutta ei tunnistanut tärkeyttä ja arvoa biologialle vielä silloin. Ärsyttää, että kemian osaamattomuus vaikuttaa biologian kokonaisvaltaiseen ymmärtämiseen. Ymmärtää biologian ja kemian välisen yhteyden, mutta mielenkiinto ei ehkä riitä asioista selvän ottamiseen. Haluaisi kuitenkin oppia kemiaa.
H7	Lukiassa opiskellut pakolliset kemian kurssit. Yliopistossa opiskellut tutkinto-ohjelmaan kuuluneet pakolliset kemian kurssit.	-	Ei ole koskaan ollut erityisen kiinnostunut kemiasta eikä myöskään ole panostanut kemian opintoihin. Ei myöskään pidä biologiassa kemian osuudesta.
H8	Lukiassa opiskellut pakolliset kemian kurssit. Yliopistossa opiskellut kemian perusopinnot ja vähän päälle. Yhteensä noin parikymmentä opintoviikkoa.	On opiskellut yliopistossa jonkin verran. Opettaa silloin tällöin kemiaa yläkoulussa.	Kemia on aina kiinnostanut paljon. Lukiassa ei lukenut kemiaa, koska se ei mahtunut lukujärjestykseen muilta kursseilta. Biologiassa kiinnostaa erityisesti kemiaan liittyvät asiat, kuten biokemia.
H9	Lukiassa opiskellut pakolliset kemian kurssit. Yliopistossa opiskellut tutkinto-ohjelmaan kuuluneet pakolliset kemian kurssit.	Perusosaamista on ja osaa biologiaan liittyvää kemiaa, mutta sen ulkopuolella osaaminen on heikkoa.	Ei ollut koulu- ja opiskeluaikoina erityisen kiinnostunut kemiasta. Nyt kuitenkin ehkä kokee hieman mielenkiintoiseksi. Toisaalta kokee kemian jopa pelottavana. Ajattelee kemian osaamisen olevan tärkeää ja osa yleistietämystä. Kemia on "ihan ok" eikä ole mitään sitä vastaan.

H10	Lukiossa opiskellut kaikki kemian kurssit. Yliopistossa opiskellut kemian perusopinnot.	Kemian osaaminen on säilynyt työelämässä. Opiskelijat tukeutuvat opettajaan ja testaavat kemian osaamista. Verrattuna biologiaa opettavaan opettajakollegaan kokee osaamisensa hyväksi. Myös ympäristötieteen opinnot tuovat vahvaa osaamista kemiasta.	Ei koe kemiaa kaoottiseksi tai pelottavaksi vaan ymmärrettäväksi ja loogiseksi luonnontieteeksi.
-----	--	---	--

Liitetaulukko 3. Biologian ja kemian suhde opettajien näkökulmasta.

Opettaja	Kemian merkitys biologialle tieteenalana	Kemian merkitys koulun biologiassa	Kemian osaamisen merkitys biologian oppimiselle
H1	Biologia on hiilen kemiaa. Jos biologisia prosesseja haluaa oikeasti ymmärtää eikä vaan opetella ulkoa täytyy osata orgaanista kemiaa. Kemiaa täytyy osata erityisesti, kun siirrytään kuvailevasta ymmärtämiseen. Biologiassa tulee siis olla peruskemian tuntemusta. Biologiaa voi kuitenkin opiskella ymmärtämättä kemiaa, mutta tällöin ymmärrys jää pintatasolle.	Lukiassa kemia tulee esille voimakkaasti. Yläkoulussakin tulee, mutta opettaja ei korosta kemiaa niin paljoa, sillä yläkoululaisten kemian opinnot ovat niin alkuvaiheessa. Käytännössä biologia ja kemia kuitenkin menevät irrallisina oppiaineina, ja integraation määrä riippuu paljon opettajasta. Biologia ja kemia aineyhdistelmänä voisi olla luontevampi kuin biologia ja maantieto.	Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. solubiologiassa, lukion syventävillä kursseilla (Solu- ja perinnöllisyys, Ihmisen biologia, Biologian sovellukset (LOPS2015)), seitsemäsluokkalaisten vesibiologiassa, yhdeksäsluokkalaisten ihmisen biologiassa... Osaamattomuus aiheuttaa ongelmia lukiassa. Esimerkiksi Solu ja perinnöllisyys -kurssi (LOPS2015) koetaan vaikeaksi, jos kemian osaamista ei ole.
H2	Kemia täydentää biologiaa ja selittää biologian taustalla olevia ilmiöitä (esim. aine ja sen ominaisuudet, reaktiot, sidokset ja energia). Toisaalta biologiassa on myös aihepiirejä (esim. ympäristöekologia ja evoluutio), joissa kemia ei ole merkittävässä osassa biologian ymmärtämisen kannalta.	Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Kemian tuki ja apu biologialle on merkittävä.	Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Kemian osaaminen voi hyödyttää biologian ylioppilaskokeessa. Esim. syksyllä 2020 biologian kokeen fotosynteesikysymyksessä pärjäsivät paremmin ne, jotka osasivat hapetus-pelkistysreaktioita. Opettaja ei ole huomannut erityisesti kemian osaamattomuuden aiheuttavan ongelmia.
H3	Kaikki biologia perustuu kemiaan (ja fysiikkaan). Esim. aineiden reagointi, aineet ekosysteemeissä ... Biologian näkökulmasta linkitys kemiaan on hyvin selkeä. Toisaalta se myös riippuu, millä tasolla tarkastellaan.	Orgaaninen kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Esim. aineiden rakenteet ja rakennemallit, reaktiot... Kovin pitkälle kemiaan ei mennä, mutta tulee esille useammalla kurssilla.	Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. solubiologiassa ja ihmisen biologiassa. Ne, jotka pärjäävät hyvin biologiassa, lukevat myös kemiaa. Solubiologiassa osaamattomuus voi aiheuttaa ongelmia, sillä tällöin asioita voi joutua opettelemaan ulkoa.

H4	<p>Kemia liittyy biologiaan olennaisesti. Samat prosessit esiintyvät molemmissa. Kemia auttaa biologisten prosessien ymmärtämisessä.</p>	<p>Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Esim. elämän kemiaan liittyvät prosessit, ilmastonmuutos ja kasvihuonekaasut, ruoansulatus ja yhdisteiden pilkkoutuminen, elämän edellytykset (hapen ja otsonin merkitys)... Samat kemialliset merkit ja yhdisteet esiintyvät biologian ja kemian kirjoissa. Yhteys on selkeä. Ko. oppiaineilla on paljon yhtymäkohtia. Kemia rikastuttaa biologian opetusta, ja se on olennainen osa biologian opetusta.</p> <p>Biologia ja kemia aineyhdistelmänä voisi olla parempi kuin biologia ja maantieto.</p>	<p>Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä, sillä sen avulla luodaan yhtymäkohtia, mikä avartaa sisältöä.</p> <p>Toisaalta kemian osaamattomuus ei ole ongelma biologian osaamisen kannalta.</p>
H5	<p>Kemia liittyy biologiaan kaikkinaensa.</p>	<p>Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Yläkouluun verrattuna kemian merkitys lukiossa korostuu, mutta riippuu paljon opiskelijasta ja heidän henkilökohtaisesta opetussuunnitelmastaan. Kemian merkitys biologialle korostuu lukiossa erityisesti solu- ja molekyylibiologiassa, genetiikassa, DNA:n rakenteessa, aminohappoketjun muodostumisessa...</p>	<p>Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. ympäristöteemat (happamoituminen, rehevöityminen), solu- ja molekyylibiologia (soluhengitys/fotosynteesi), genetiikka (DNA-juosteen rakentuminen, proteiinisynteesi)...</p> <p>Kemian osaamattomuus aiheuttaa hieman ongelmia varsinkin jatko-opintojen kannalta.</p>
H6	<p>Kemia liittyy biologiaan tosi monella tavalla. Biologia ja kemia ovat todella sidoksissa toisiinsa, vaikka oppiaineina erillään. Kaikki on biologiaa ja kaikki on kemiaa. Voiko kemiaa ja biologiaa edes erottaa toisistaan? Yhteiset aiheet. Biologiasta päästään kemiaan ja toisinpäin.</p>	<p>Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Varsinkin solu- ja molekyylibiologiassa, perinnöllisyydessä sekä bioteknologiassa. Osa harjoitustöistä on samoja kemiassa ja biologiassa. Biologiaa voi kuitenkin lukea aika täyspainotteisesti ja laajasti myös lukematta kemiaa ilman, että se näkyy arvosanoissa. Biologia ja kemia kuitenkin tukevat toisiaan.</p>	<p>Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. ympäristöekologia ja solu- ja molekyylibiologia sekä bioteknologia. Kemian osaaminen näkyy myös biologian ylioppilaskokeen vastauksista. Biologian osaaminen auttaa kemiassa.</p> <p>Kemian opiskelu vaikuttaa esimerkiksi siihen, millä tasolla kertauskurssilla asioita käydään läpi.</p>

			Kemian osaamattomuus ei varsinaisesti ole ongelma, mutta aiheuttaa varmasti lisätyötä, sillä se vaikuttaa kokonaisuuksien ymmärtämiseen.
H7	Kemia on osa biologiaa. Yhteneväisyyksiä ja osa tärkeää. Osa biologian aihepiireistä (esim. maaperän happamoituminen, solukalvon rakenteet) liittyy kemiaan.	Kemia tulee esille biologian oppitunneilla, mutta hyvin pienissä määrin. Koulutason biologian ja kemian integrointi ei ole välttämätöntä, ja se voi olla jopa vaarallista, jos se vaikuttaa negatiivisesti opiskelijoiden asenteisiin biologiaa kohtaan.	Kemian osaaminen saattaa vähän auttaa biologia ymmärtämisessä taustatietona. Esim. happamoitumisilmiöt, ravinnetalous, solukalvon vesihakuisuus ja pakoisuus, valkuaisaineiden denaturoituminen... Osaamattomuus ei niinkään aiheuta ongelmia, ja jos vaikuttaa niin samoissa asioissa, missä osaaminen auttaa.
H8	Biologia ja kemia liittyvät toisiinsa todella paljon, mutta on myös aihealueita, jossa eivät liity niin vahvasti. Ovat sisartieteitä, ehkä jopa enemmän kuin biologia ja maantieto.	Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Esim. kasvien vesitalous, ruoansulatus... Joissakin osa-alueissa merkittävämpi kuin toisissa.	Luultavasti kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. soluhengityksessä. Toisaalta biologian osaaminen auttaa myös kemian ymmärtämisessä. Kemian osaamattomuus aiheuttaa joissakin osa-alueissa ongelmia. Esim. soluhengityksen ja fotosynteesin reaktioyhtälöt.
H9	Kemia ja biologia liittyvät toisiinsa tosi paljon. Yhteisenä tieteenalana biokemia. Biologia on kemiaa. Yhteisiä aihepiirejä esim. ruoansulatus, entsyymit, ravinteet...	Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Esim. ravintoaineet ja niiden rakenne, kasvien ravinnetalous...	Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Esim. soluhengityksen ja fotosynteesin reaktioyhtälöt. Kemian osaamattomuus ei kuitenkaan aiheuta paljoa ongelmia, vaikkakin perusasiat (esim. alkuaineet) olisi hyvä osata.
H10	Kemia on biologian tavoin kokeellinen luonnontiede. Kemia tuo paljon taustaa/perusosaamista biologiaan. Biologia on kemian soveltamista. Sama perusajatus biologiasta ja kemiasta kokeellisina luonnontieteinä.	Kemia tulee esille biologian oppitunneilla. Kemian integroiminen biologiaan antaa paljon, mutta käytännössä koulussa biologia ja kemia oppiaineina ovat irrallaan. Tunneilla käydään samoja asioita hieman eri näkökulmasta, mutta opittuja asioita ei kytketä toisiinsa.	Kemian osaaminen auttaa biologian ymmärtämisessä. Ilman kemian opintoja opettaja joutuu räätelöimään opetustaan eikä sellaisten ryhmien kanssa, joilta kemian osaaminen puuttuu, voida käsitellä asioita niin tarkasti kuin sellaisten, joilla osaamista löytyy.

Kemian osaamattomuus vaatii opiskelijalta ulkoa opettelu ja käsitteiden opettelu ilman laajempaa ymmärrystä, mikä voi virhekäsitysten syntymiseen.

Liitetaulukko 4. Biologian ja kemian integroinnin tavat.

Opettaja	Kemian integrointi biologian opetukseen	Kemian ja biologian integrointi koululla	Integraation ideoita
H1	<p>Kemiaa integroidaan biologian opetukseen pakosta koko ajan.</p> <p>Opetuksessa käydään läpi kemiallisia ilmiöitä. Esim. fotosynteesissä ja soluhengityksessä hapetus-pelkistysreaktiot, jotta voi ymmärtää elektronin siirtymiset ja virittymiset, aineiden kulku soluun ja solusta pois, solukalvon toiminta.</p>	<p>Yhteisiä kursseja kemian opettajan kanssa sekä yläkoulussa että lukiossa.</p> <p>Yläkoulussa muutaman päivän matemaattis-luonnontieteellisten aineiden kenttäjakso. Ko. kokonaisuus on osa oppiaineiden koulukohtaista opetussuunnitelmaa.</p> <p>Lukiossa koulukohtaisia integroivia kursseja. Esim. luonnontieteellisille aloille hakeville ns. valmennuskurssi, jossa biologiaa, kemiaa ja fysiikkaa sekä hyvinvointiin liittyvä kurssi, jossa terveystietoa, psykologiaa, kemiaa ja biologiaa. Suunnitteilla yläkoulun tapainen kurssi myös lukioon. Uudessa opetussuunnitelmassa ei biologian ja kemian moduuleista muodostettuja opintojaksoja.</p>	-
H2	<p>Opettaja sanoittaa kemian yhteyden biologisissa aihepiireissä (esim. osmoosi, soluhengitys), mutta ei niinkään selitä itse kemian osuutta.</p> <p>Biologian opettaja ohjaa opiskelijoita kemian kursseille ja tiedonlähteille sekä suosittelee kemian opintoja biologiasta kiinnostuneille.</p>	<p>Ollut joskus yhteinen työkurssi kemian ja fysiikan kanssa, jossa kuitenkin ollut oppiaineittain omat työt.</p> <p>Uusi LOPS vielä työn alla, mutta biologian opettajalla toiveena, että opintojaksoja muodostettaisiin esim. biologian, kemian ja fysiikan kesken.</p>	<p>Jo olemassa olevan työkurssin jalostaminen. Keskusteleminen kemian opettajan kanssa kurssien yhtymäkohdista, ja yhteisten materiaalien etsiminen tai tehtävien laatiminen. Opetettavia aiheita voitaisiin kytkeä päällekkäin ja linkittää.</p>

H3	<p>Kemiaa integroidaan opetukseen hieman sen verran, mitä opettaja kokee hallitsevansa. Kemian opettajat kuitenkin auttavat biologian opettajaa kemian alueissa. Opettaja hyödyntää myös kemiaa lukevien opiskelijoiden osaamista.</p> <p>Opettaja viittaa kemian kursseihin ja luo opiskelijoille yhteyksiä ko. oppiaineiden välille.</p> <p>Integraation määrä riippuu kurssista: solubiologian kurssilla miltei joka tunti, ekologian kurssilla muutaman kerran kurssin aikana.</p>	<p>Ei biologiaa ja kemiaa integroivia kursseja. -</p> <p>Uudessa opetussuunnitelmassa ei biologian ja kemian yhteisiä opintojaksoja.</p>	
H4	<p>Kemian linkittäminen biologian opetukseen onnistuu.</p> <p>Kemiaa integroidaan tietyissä aihepiireissä esim. yhdisteiden muodostuminen sekä muun muassa kokeellisuuden kautta.</p> <p>Lisäksi opettaja luo yhteyksiä oppiaineiden välille muistuttamalla yhteisistä aihepiireistä.</p>	<p>(Alakoulussa ympäristöoppi oppiaineena.)</p> <p>Ei mitään selkeää kokonaisuutta, jossa olisi integroitu biologiaa ja kemiaa.</p> <p>Uuteen lukion opetussuunnitelmaan ei tule biologian ja kemian moduuleista muodostettavia opintojaksoja.</p>	<p>Opintojakson muodostaminen lukion ensimmäisistä biologian ja kemian kursseista. Kahden opettajan samanaikainen opetus.</p>
H5	<p>Opettaja liittyy kemiaa biologiassa opetettaviin aihepiireihin (esim. DNA:n rakenne, soluhengitys) erityisesti biologian Solu ja perinnöllisyys - sekä Biologian sovellukset -kursseilla (LOPS2015).</p> <p>Käyttää joitakin kemiaan liittyviä laborointeja.</p>	<p>Koulussa ei ole integroitu biologiaa ja kemiaa muilla tavoin.</p> <p>Yhteistyöpuheet kemian opettajan kanssa, ja on ollut suunnitteilla biologiaa, maantiedettä ja kemiaa yhdistävä veteen liittyvä kurssi, joka mahdollisesti voitaisiin toteuttaa opintojaksona uudessa opetussuunnitelmassa.</p>	<p>Yhteisen kurssin suunnittelu tai edes kurssien suunnittelu samaan jaksoon.</p>

H6	<p>Ei integroi paljoa.</p> <p>Sanoittaa biologian ja kemian yhteyden erityisesti Ekologia ja ympäristö -, Solu ja perinnöllisyys - sekä Biologian sovellukset -kursseilla (LOPS2015), ja näin ohjaa kemian osuuden kemian opettajan käsiteltäväksi. Esim. aihepiireissä solu- ja molekyylibiologia, typen kiertokulku, ympäristömyrkyt.</p> <p>Käyttää kemiaan liittyviä laborointeja.</p>	<p>Koulukohtaisessa opetussuunnitelmassa - oppiainerajat ylittävä veteen liittyvä opintokokonaisuus, jossa integroitu biologiaa, maantiedettä, kemiaa ja fysiikkaa.</p> <p>Uuteen opetussuunnitelmaan aikataulutettu kursseja niin, että oppiaineiden välinen integraatio olisi mahdollista, vaikka varsinaisia opintojaksoja moduuleista ei luultavasti muodosteta.</p>	
H7	<p>Integroi kemiaa biologiaan hyvin pienissä määrin.</p> <p>Opettaja ei halua sekoittaa biologiaa ja kemiaa vaan mieluummin ohjaa opiskelijat kemian opettajan luo.</p>	<p>Ei yhteisiä kursseja, joissa biologiaa ja kemiaa olisi integroitu.</p> <p>Uudessa opetussuunnitelmassakaan ei ole muodostettu opintojaksoja biologian ja kemian moduuleista.</p> <p>Biologian ja kemian opettajien välinen keskustelu.</p>	<p>Opiskelijoille biologian ja kemian aihepiirien yhteyksien sanoittaminen.</p>
H8	<p>Opettaja hyödyntää kemiaan liittyvien töiden tekemistä biologian opetuksessa. Esim. osmoosin ja ruoansulatusentsyymien toiminnan todistaminen kokeellisesti.</p> <p>Integrointia ehkä kerran lukukaudessa. Erityisesti kasvifysiologiassa, kasveissa ja yhteyttämisessä, ruoansulatuksessa...</p>	<p>Koulussa ei ole integroitu biologiaa ja kemiaa muilla tavoin.</p>	<p>Suunnitteluvaiheessa ruoansulatukseen liittyvä opintokokonaisuus, jossa mukana kotitalous, kemia ja biologia. Kemian ja biologian oppituntien samanaikaisuuden mahdollistama opettajien vaihtaminen/yhteisopettajuus.</p>
H9	<p>Yrittää liittää kemiaa opetukseen esim. ekologiassa lannoittamisesta puhuttaessa, ravinnekierroissa, soluhengityksessä/yhteyttämisessä,</p>	<p>Koulussa ei ole integroitu biologiaa ja kemiaa muilla tavoin.</p>	

	<p>ruoansulatuksessa... Muutamia kertoja tietyn vuosiluokan opetuksessa.</p> <p>Lisäksi sanoittaa yhteyden kemian oppitunteihin.</p>	
H10	<p>Kemia tulee osana biologian opetusta eli kemia näkyy opetuksessa taustalla.</p> <p>Yksinkertaisimmillaan opetusmateriaalissa molekyylien kuvia, kaavoja ja reaktioyhtälöitä.</p> <p>Tärkeitä aihepiirejä, joissa hyödyntää kemiaa: orgaanisen kemian molekyylit (DNA, glukoosi, fosfolipidi ja sen hydrofobisuus/-fiilisyys, ATP-molekyyli), entsyymit ja niiden kolmiulotteinen muoto, kemiallisia kaavoja ja yhtälöitä (fotosynteesi, soluhengitys), proteiinisynteesi ja peptidisidoksen muodostuminen sekä amiinit, vesimolekyyli ja sen ominaisuudet (polaarisuus, adheesio, koheesio, kapillaari-ilmiö, osmoosi), vesi liuottimena, ekosysteemin toiminnasta aineiden kiertokulut (ionien merkintätavat), happamoituminen (pH ja vetyionit) ja rehevöityminen, ihmisen biologia (kalium- ja natriumionien merkitys sähköiselle impulssille, ravintoaineiden pilkkoutuminen ruoansulatuksessa, fossiilien iän määrittäminen (isotoopit), molekyylikello, kasvihuonekaasut...</p> <p>Ohjaa syvällisemmän käsittelyn kemian oppitunneille.</p>	<p>Koulukohtainen ympäristöopintoihin liittyvä ilmastonmuutoskurssi.</p> <p>Ei ole muodostettu uuteen opetussuunnitelmaan opintojaksoja biologian ja kemian moduuleista.</p> <p>Yhteiset kurssitehtävät.</p>

Liitetaulukko 5. Biologian ja kemian integroinnin hyödyt, esteet ja edistämisen keinot.

Opettaja	Integraation hyödyt	Integraation esteet	Integroinnin edistämiskeinot
H1	Kemian integrointi biologiaan syventää ymmärrystä. Biologian integrointi kemiaan antaa käytännönläheisiä esimerkkejä.	Aikataulukysymykset. Virkarakenne (Suomessa biologian opettajan toinen opetettava aine on yleensä maantiede, vaikka kemia saattaisi olla luontevampi valinta). Sekä opettajien että oppilaiden/opiskelijoiden negatiiviset asenteet kemiaa/biologiaa kohtaan. Opettajien välisen yhteistyön vähyys. Opettaja itsenäisenä tekijänä.	Lukiassa opintojaksojen muodostaminen moduuleista. Opettajien asennekasvatus ja ajattelutapojen muutokset helpottaisi ainerajojen rikkomista.
H2	Syventää ymmärrystä. Tuo opetukseen ilmiölähtöisyyttä. Auttaa biologian ylioppilaskokeessa. Tehostaa ajankäyttöä, kun ei käydä läpi samoja asioita eri opettajien toimesta.	Lukujärjestykselliset esteet (kurssit eri jaksoissa). Suunnitteluajan puute. Kaikki biologiaa lukevat opiskelijat eivät lue kemiaa ja toisinpäin. Kemia koetaan vaikeaksi sekä opettajien että opiskelijoiden toimesta. Opettajan epävarmuus kemian suhteen ja pelko epäonnistumisesta estää kemian hyödyntämisen biologiaa opettaessa.	Opettajan heittäytyminen auttaa sekä hyödyntämään kemiaa biologian opetuksessa että edistää oppiaineiden välistä yhteistyötä. Kemian (perus)opinnot biologian aineenopettajaopiskelijoille.
H3	Mahdollistaa pääsyn syvemmälle ilmiöön eli laajentaa viitekehystä. Auttaa kokeellisuudessa (laboroinnissa).	Yhteistyön vähyys. Suunnitteluun on liian vähän aikaa, sillä kokonaisen kurssin suunnittelu on työlästä. Opetustilat eivät anna mahdollisuutta integraatiolle.	Suunnittelu-aikaa uusien kurssien ja toimintatapojen rakentamiseen. Muista luokkahuoneista erillinen laboratoriotila, jossa voisi toteuttaa integroitua kokeellista opetusta.
H4	Opettamisesta tulee avarampaa, ja kemia tuo lisävahvistusta opetukselle. Tuo biologian opetukseen kokeellisuutta. Kemia ja biologia rikastuttavat toisiaan. Opetus eheytyy.	Selkeä oppiainejakoisuus. Eri opettajat opettavat biologiaa ja kemiaa. Biologian aineenopettajilla ei koulutusta/perehtyneisyyttä kemiaan, mikä saattaa aiheuttaa ennakkoluuloja ja pelkoa, ja biologian opettajalla ei saata olla edes tietoa siitä, mitä kemiassa tehdään. Rakenteelliset esteet, kuten palkkaus.	Kahden opettajan samanaikainen läsnäolo oppitunnilla eli työparityöskentely biologian ja kemian opettajien välillä.

H5	Tukee/helpottaa opiskelijoiden oppimista. Luo laajemman ja syvemmän ymmärryksen. Lisää kokeellisuutta ja elävöittää biologian opetusta.	Lukujärjestykselliset esteet esim. kuinka kurssit mahdutetaan lukujärjestykseen. Opettajien persoonien yhteensopivuus. Suunnitteluajan järjestäminen ja siitä maksaminen.	Kemian opinnot (pakolliset/suositteltavat) biologian ja erityisesti maantiedettä pääaineenaan opiskeleville aineenopettajaopiskelijoille.
H6	Yhteistyö muiden aineiden opettajien kanssa paikkaa biologian opettajan osaamattomuutta tietyillä osa-alueilla. Auttaa opiskelijaa havaitsemaan asioiden välisiä yhteyksiä, mikä lisää ymmärrystä ja motivoi opiskeluun.	Aikatauluongelmat. Opettajat omilla oppitunneillaan eri tai samaan aikaan. Kurssit eri jaksoissa. Opiskelijat käyvät kurseja eri tahtiin. Biologian opettajan epävarmuus/osaamattomuus kemian suhteen sekä kemian opetussuunnitelmaan tuntemattomuus.	Enemmän opetustiloja ja opettajia. Pienemmät ryhmäkoot. Opetuksessa käsiteltävien asioiden vähentäminen tai opetusajan lisääminen. Löysähkö opetustarjotin, joka mahdollistaisi yhteisten kurssien rakentamisen. Täydennyskoulutusta biologian ja kemian aineenopettajille ko. oppiaineiden sisältöjen yhteyksistä. Toivoo, että kemiaa olisi kuulunut pakollisena opetussuunnitelmaan yliopistossa.
H7	Auttaa ymmärtämään tiettyjä asioita syvällisemmin.	Lukujärjestykselliset ongelmat (ei mahdu enempää kurseja kurssitarjottimelle, biologian ja kemian kurssit eri jaksoissa).	Keskusteleminen kemian opettajien kanssa yhteisistä aihealueista ja niiden opettamisesta.
H8	Auttaa oppilaita havaitsemaan tieteenalojen välisen yhteyden, mikä saattaa vahvistaa kummankin oppiaineen osaamista.	Tilat ja välineet. Lukujärjestykselliset esteet. Aikaa kunnolliselle integroinnille on vähän. Useampi koulurakennus johtaa siihen, ettei yhteistyö kemian opettajan kanssa onnistu. Ajatus opettajasta itsenäisenä tekijänä, joka opettaa omia aineitaan.	Opettajien välinen yhteistyö. Saman luokka-asteen biologian ja kemian oppituntien samanaikaisuus, jolloin opettajien vaihtaminen tai yhteisopettajuus onnistuisi.
H9	Yhteistyö kemian opettajan kanssa helpottaisi vaikeiden asioiden käsittelyä sekä tehostaisi opetusta, kun ei käydä läpi samoja asioita eri opettajien toimesta.	Opettajilla omat luokat ja lukujärjestykset, sijoittuminen ympäri koulua. Integraatio tuntuu ylimääräiseltä ja työläältä. Oppilailla itsellään on negatiivinen suhtautuminen oppiaineiden sekoittamiseen keskenään.	Aikaa yhteissuunnitteluun.

H10	Laajempi ja ehyempi kuva lukiossa opetettavista asioista. Eriyttää biologian opetusta opiskelijoille, joilla on osaamista ja kiinnostusta kemiaan. Opetuksen tehostuminen, kun ei käydä läpi samoja asioita eri opettajien toimesta.	Biologian opettajan taito ja uskallus kemian suhteen. Resurssit eli palkkaus ja raha sekä aika. Opiskelijoiden negatiiviset asenteet, ennakkoluulot ja vähäinen kemian osaaminen. Vähäinen keskustelu ja yhteissuunnittelu opettajien välillä. Opettaja itsenäisenä tekijänä.	Yhteisopettajuus. Aikaa keskustelulle ja suunnittelulle (itsenäiselle ja yhteiselle).
-----	--	---	---