

Työ- ja toimintatapojen yhteys biologian osaamiseen ja biologiasta pitämiseen peruskoulussa

Anna Uitto

Opettajankoulutuslaitos, Helsingin yliopisto • anna.uitto@helsinki.fi

Pirkko Kärnä

Helsingin yliopisto

Riikka Hakonen

Helsingin yliopisto

Tiivistelmä Tutkimuksessa selvitettiin perusopetuksessa käytettyjen opetusmenetelmien ja oppimisympäristöjen yhteyttä oppilaiden biologian oppimistuloksiin ja asenteisiin biologiaa kohtaan oppiaineena. Tutkimuksessa on käytetty Opetushallituksen vuonna 2011 toteutetun luonnontieteiden kansallisen arvioinnin survey -aineistoa. Lomaketutkimukseen osallistui 2989 yhdeksäsluokkalaista oppilasta 133 koulusta. Biologian osaaminen oli selkeästi yhteydessä positiiviseen asennoitumiseen biologiaa kohtaan eli biologiasta pitämiseen. Osaamisen ja oppilaan omaa aktiivisuutta korostavien opetuksellisten lähestymistapojen, kuten kokeellisuuden, havaintojen tekemisen, syy-seuraussuhteiden pohtimisen ja opitun arkielämään soveltamisen välillä oli yhteyttä. Nämä tutkimuksellisuutta painottavat lähestymistavat olivat myös yhteydessä biologiasta pitämiseen. Opettajohtoiset keskustelut, erilaisten näkökulmien pohtiminen, oppilaiden ehdotusten ja ideoiden huomioiminen opetuksessa sekä oppilaiden valintamahdollisuuksia ja itsearviointia korostavat työtavat korreloivat myös biologiasta pitämisen kanssa. Osaaminen ja pitäminen olivat yhteydessä myös lähestymistapaan, jossa oppilas koki saavansa tarpeellista tietoa oman maailmankuvansa rakentamiseksi. Usein käytetyt työtavat, kuten opettajan taulutyöskentely ja oppilaiden muistiinpanojen tekeminen eivät liittyneet biologian osaamiseen tai biologiasta pitämiseen. Biologian opetuksen kehittämisen kannalta aktiivisuutta, kokeellisuutta ja tutkimuksellisuutta korostavia työ- ja toimintatapoja tulisi lisätä.

Asiasanat: biologian opetus, oppimistulokset, asenteet, aktivoivat työ- ja toimintatavat, kokeellisuus, tutkimuksellisuus, opetuksen kehittäminen

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen viitekehys

Kouluopetuksen kehittämisen kannalta on tärkeää tuntea ne tekijät, jotka edistävät oppimista ja ylläpitävät opiskelumotivaatiota. Monet kansainväliset ja kotimaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että yksilölliset tekijät kuten sukupuoli, kiinnostus ja asenteet ovat luonnontieteiden oppimisen ja opiskelumotivaation ylläpitämisen kannalta tärkeässä asemassa (Osborne et al. 2003, Britner & Pajares, 2006; Uitto, Juuti, Lavonen & Meisalo

2006; Lavonen, Gedrovics, Byman, Meisalo, Juuti, & Uitto 2008; Bybee & McRae, 2011). Opettajan on myös tärkeä tietää, millaiset opetusmenetelmät parhaiten tukevat erilaisten oppilaiden opiskelumotivaatiota ja oppimista. Yleisesti ottaen oppimiseen ja opiskelumotivaatioon tiedetään liittyvän oppilaiden persoonakohtaisen kokemusten ja mieltymisten lisäksi myös monia opetuksen järjestämiseen ja tavoitteellisuuteen liittyviä tekijöitä, kuten oppimisympäristö, vuorovaikutteisuus sekä opetuksen erilaiset työ- ja toimintatavat (Joyce & Weil, 1980; Lahdes, 1986; Aebli, 1991). Esimerkiksi Juuti, Lavonen, Uitto, Byman & Meisalo (2010) havaitsivat, että luonnontieteiden opetuksesta pitävät yhdeksäsluokkalaisten oppilaat olisivat halunneet enemmän luovuutta korostavia työtapoja kouluopetukseen.

Työ- ja toimintatavat ovat oppimisen ja opiskelumotivaation sekä kiinnostuksen syntyminen ja ylläpitämisen kannalta tärkeässä asemassa (Joyce & Weil, 1980). Suomessa luonnontieteiden opetusmenetelmiä koskeva tutkimus keskittyy kuitenkin eniten fysiikan ja kemian opetuksen alueelle (esim. Lavonen & Laaksonen, 2008; Lavonen ym. 2008; Juuti ym. 2010). Erilaisten työ- ja toimintatapojen yhteyttä oppilaiden opiskelumotivaatioon ei ole tutkittu kovinkaan yksityiskohtaisesti biologian osalta. Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää tarkemmin, miten opettajien käyttämät työ- ja toimintatavat liittyvät yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden biologian osaamiseen ja asennoitumiseen biologiaa kohtaan oppiaineena. Ensin tarkastellaan biologiaa oppiaineena sekä osaamisen, asenteiden ja työ- ja toimintatapojen teoriataustaa seuranta-arvioinnin kehyksessä. Tutkimuskysymysten kautta analysoidaan ja pohditaan oppilaiden osaamisen ja asenteiden yhteyksiä biologian opetuksessa käytettyihin työ- ja toimintatapoihin, tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta ja pohditaan biologian opetuksen kehittämistä. Käsillä oleva tutkimus perustuu Opetushallituksen vuonna 2011 keräämään yhdeksäsluokkalaisten luonnontieteiden osaamista selvittävän seuranta-arvioinnin (Kärnä, Kuusela & Hakonen, 2012) biologiaa koskevaan aineiston lisäanalyysiin.

1.2 Biologia oppiaineena

Biologialle ominaista on systeemisyys ja tiedon sisäkkäinen rakenne, jossa eri organisaatiotasot molekyylitasolta biosfääriin ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa (Boersma, Waarlo & Klaassen, 2011; Mayr, 1998). Oleellista on myös ymmärtää organisaatiotasojen rakenteiden ja toiminnan ajallisia muutoksia (Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Uitto, 2012). Rakenne, toiminta, vuorovaikutus, kasvu, lisääntyminen, itsesäätely, periytyvyys, levinneisyys, sopeutuminen ja evoluutio ovat biologian tiedonalan keskeisiä yläkäsitteitä. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden mukaan luokilla 7-9 biologian opetuksessa tutkitaan elämää, sen ilmiöitä ja edellytyksiä (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004). Oppilaille tulisi olla valmiudet havainnoida ja tutkia luontoa. Opetussuunnitelman perusteissa painotetaan tutkivaa lähestymistapaa ja

luonnontieteellisten ajattelutaitojen kehittämistä. Oppilaan on tärkeää ymmärtää biologian syy-seuraussuhteita, osata havainnoida ja analysoida biologian ilmiötä sekä tehdä ja selittää biologiaan liittyviä kokeellisia tutkimuksia luokkahuoneessa ja maastossa.

1.3 Biologian osaaminen luonnontieteiden oppimistulosten tutkimuksen valossa

Oppimisen arvioinnin tehtävänä on tuottaa tietoa siitä, miten opetukselle asetetut tavoitteet ovat toteutuneet. Opetuksen, oppilasarvioinnin ja opetussuunnitelman perusteiden kehittämiseksi ja koulutuspoliittisten päätösten tueksi tietoa saadaan kansallisista oppimisen seuranta-arvioinneista. Opetushallituksen vuonna 2011 toteutetussa kansallisessa perusopetuksen yhdeksännen vuosiluokan luonnontieteiden oppimistulosten arvioinnissa selvitettiin oppilaiden biologian ja maantiedon sekä fysiikan ja kemian osaamista ja asenteita oppiaineita ja niiden opiskelua kohtaan (Kärnä ym., 2012). Seuranta-arviointi toi esille monia tärkeitä asioita opetuksen kehittämiseksi, esimerkiksi miten luonnontieteissä käytetyt työ- ja toimintatavat olivat yhteydessä osaamiseen ja asenteisiin oppiaineita kohtaan. Seuranta-arviointi toteutettiin oppiaineryhmittäin siten, että esimerkiksi biologian ja maantieteen asennetulokset esitettiin yhtenä kokonaisuutena ja fysiikan ja kemian tulokset vastaavasti toisena. Oppiainekohtainen tarkastelu olisi kuitenkin tärkeää, koska esimerkiksi biologia ja maantiede poikkeavat toisistaan oppiaineina, vaikka sama aineenopettaja niitä usein opettaa. Arvioinnin tulokset ja johtopäätökset tarvitsevat lisäselvityksiä, mikäli eri oppiaineet halutaan yksityiskohtaisempaan tarkasteluun.

Opetushallituksen luonnontieteiden seuranta-arvioinnissa (Kärnä ym., 2012) käytettiin Krathwohlin (2002) kaksiulotteista taksonomiaa, jossa toinen ulottuvuus kuvaa tiedon tasoja ja toinen ajattelun tasoja. Opetuksen tavoitteita kuvataan molempien tasojen avulla. Faktatiedolla (*factual knowledge*) tarkoitetaan oppiaineen terminologiaa, yksityiskohtia ja peruselementtejä. Biologiassa näitä ovat esimerkiksi biologisten rakenteet ja niiden perustoiminnot, kuten solun tai ruuansulatuselimistön osat. Käsitetieto (*conceptual knowledge*) sisältää faktatietoa ylempiä luokituksia, kategorioita, periaatteita, yleistyksiä, teorioita, malleja ja rakenteita. Biologiassa esimerkiksi käsite evoluutio kuvaa teoriaa ja ravintoverkko yleistävää mallia. Menetelmätieto (*procedural knowledge*) on tietoa siitä, miten jokin asia tehdään, esimerkiksi miten käytetään mikroskooppia, miten analysoidaan aineistopohjaista tehtävää tai miten tehdään biologinen koe tai tutkimus. Ajattelun tasot voidaan jakaa kuuteen luokkaan, jotka ovat muistaminen, ymmärtäminen, soveltaminen sekä analysoiminen, arvioiminen ja uuden tuottaminen (Krathwohl, 2002).

Luonnontieteiden seuranta-arvioinnin biologian tehtävissä arvioitiin seuraavien kokonaisuuksien osaamista: Lisääntyminen, perinnöllisyys ja evoluutio, eliöiden rakenne ja luokittelu, ihmisen rakenne ja elintoiminnot, sekä ekosysteemien rakenne ja toiminta. Fakta- ja käsitetiedon muistamista mittaavat tehtävät käsittelevät mm. lajintuntemusta ja

solujen, kasvien ja ihmisen rakenteita ja elintoimintoja. Muistaminen oli oppilaille helpointa, sillä kaksi kolmasosaa näistä tehtävistä osattiin ratkaista. Ymmärtämistä edellyttäviä tehtävistä ratkaistiin lähes puolet ja soveltamista edellyttävistä tehtävistä hieman vähemmän. Tytöt osasivat biologiaa merkitsevästi paremmin kuin pojat. (Kärnä ym., 2012).

1.4 Asenteet oppiaineen opiskelua kohtaan

Asenne voidaan määritellä arvo- tai tunnepohjaisena taipumuksena suhtautua myönteisesti tai kielteisesti johonkin asiaan, esimerkiksi henkilöön, tietoon, tilanteeseen tai toimintaan (esim. Eagly & Chaiken, 1993). Oppilaan suhtautuminen tiettyyn oppiaineeseen voi olla positiivista, neutraalia tai negatiivista. Asennoitumista luonnontieteiden kouluopiskelua kohtaan on tutkittu useista eri näkökulmista. Osbornen, Simonin ja Collinsin (2003) mukaan näitä ovat esimerkiksi oppiaineesta pitäminen (*enjoyment of science*), oppiaineen hyödyllisyys (*utility of science*) tulevaisuutta ajatellen sekä itseluottamus koskien luonnontieteiden opinnoissa pärjäämistä (*self-esteem at science*). Myös luonnontieteiden opettajilla, oppilaiden vanhemmilla ja ystävillä voi olla positiivinen vaikutus opiskeluasenteisiin (Kärnä ym., 2012, p. 142; Osborne ym. 2003; Rani, 2006). Opetushallituksen seuranta-arvioinneissa asenteita on tutkittu kolmesta eri näkökulmasta: *oppiaineesta pitäminen, oppiaineen hyödyllisyys ja käsitys omasta osaamisesta oppiaineessa* (Fennema & Sherman, 1978; Metsämuuronen, 2009, 20). Eri oppiaineissa tehtyjen testausten perusteella asennemittarin osiot ovat olleet erottelukykyisiä ja mittarin faktorirakenne pysyvä eri oppiaineissa. Kokonaismittarin reliabiliteetti on ollut säännönmukaisesti korkea (Cronbachin alfa > 0,9) ja eri asenteita kuvaavien osa-alueiden reliabiliteetit esimerkiksi matematiikassa 0,79-0,9 (Metsämuuronen, 2009, 37–38).

Luonnontieteiden tuoreimmassa seuranta-arvioinnissa (Kärnä ym., 2012) asenteita biologian opiskelua kohtaan tutkittiin viisiportaisella Likert – asteikolla. Oppilaille jaetussa asenteita kyselylomakkeessa oli yhteensä 15 asenteita koskevaa kysymystä. Faktorianalyysi jaotteli asenneosiot kolmeen ryhmään, joista jokaiseen latautui viisi osiota. Asenneulottuvuudet olivat *oppiaineesta pitäminen, oppiaineen hyödyllisyys ja käsitys omasta osaamisesta oppiaineessa*. Oppilaiden käsityksiä siitä, kuinka usein erilaisia työ- ja toimintatapoja käytettiin luonnontieteiden opetuksessa, mitattiin myös viisiportaisen asteikon avulla. Biologiasta pitämistä kuvaavan asennemuuttujan ja työ- ja toimintatapojen käytön useutta kuvaavat arvot laskettiin keskiarvoina koko oppilasaineistosta. Työ- ja toimintatapojen käyttöä, biologian osaamista ja biologiasta pitämistä tutkittiin myös laskemalla koulukohtaisesti oppilaiden ryhmäkeskiarvot. Keskiarvojen laskemisessa mukaan otettiin ne koulut, joissa kyselyyn vastanneita oppilaita oli vähintään 20 (koulujen lkm = 97) (Kärnä ym., 2012, p. 73, 77, 155).

1.5 Työ- ja toimintatavat oppimisen edistäjinä

Opetuksen järjestämiseen kuuluu sisällön lisäksi myös opetusmenetelmät, joiden avulla tavoitteellinen opetus toteutetaan. Lahdes (1977) käyttää opetusmenetelmän sijasta työtapakäsitettä, jossa toiminta jaetaan kolmeen luokkaan opettajajohtoisuuden, vuorovaikutteisuuden ja oppilaskeskeisyyden perusteella. Opettajajohtoisuutta korostavia työtapoja ovat mm. esittävä opetus, kyselevä opetus ja opetuskeskustelut. Oppilaiden välinen vuorovaikutus painottuu pari- ja pienryhmätyöskentelyssä, yhteistoiminnallisessa oppimisessa ja projektitöissä. Yksilöllinen työskentely edellyttää oppilaan omaa panostusta esimerkiksi muistiinpanojen tekemisessä, kotitehtävän suorittamisessa tai itsearvioinnissa. Joyce ja Weil (1980) määrittelevät työtavat tavoitteiden perusteella neljään kategoriaan: sosiaalinen vuorovaikutteisuus, tiedonkäsittely ja ongelmanratkaisu, itsetuntemuksen ja –arvioinnin kehittäminen sekä ulkoinen käyttäytyminen. Työ- ja toimintatapoja toteutetaan erilaisissa oppimisympäristöissä (Eloranta ym., 2005). Fyysiseen oppimisympäristöön kuuluvat rakennukset, opetusvälineistö ja –materiaali sekä vastaavat koulun ulkopuoliset oppimisympäristöt. Sosiaaliseen ja psyykkiseen oppimisympäristöön liittyy oppilaan omia kognitiivisia ja emotionaalisia tekijöitä sekä vuorovaikutus opettajien ja oppilaiden kanssa. Virtuaaliset oppimisympäristöt yhdistävät erilaisia työtapoja ja oppimisympäristöjä.

Tutkimuskysymykset olivat:

- Miten eri työ- ja toimintatavat ovat yhteydessä oppilaiden biologian osaamiseen ja biologiasta pitämiseen?
- Mitkä työ- ja toimintatavat liittyvät kokeellisen työtavan toteuttamiseen koulutasolla biologian opetuksessa?
- Miten tyttöjen ja poikien tulokset eroavat toisistaan?

2 Aineisto ja menetelmät

Tutkimus perustuu Opetushallituksen vuonna 2011 keräämään yhdeksäsluokkalaisten luonnontieteiden osaamista selvittävän seuranta-arvioinnin (Kärnä ym. 2012) biologialla koskevaan aineiston lisäanalyysiin, erityisesti työ- ja toimintatapojen kannalta. Käsillä olevassa tutkimuksessa lähtökohtana olivat Kärnä ym. (2012) luonnontieteiden osaamisen arvioinnissa käyttämä yleisluontoinen työ- tai toimintatapojen jaottelu. Työ- ja toimintatapoja tutkittiin vuorovaikutteisuuden, yksilökeskeisyyden sekä erilaisten oppimisympäristöjen ja erilaisten opetuksen lähestymistapojen kannalta. Toimintatavoiksi nimitettiin Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) mainittuja ja opettajien käytänteistä syntyviä lähestymistapoja kuten havaintojen tekemistä, syiden ja seurausten pohdintaa tai kirjojen, lehtien, Internetin, työvälineohjelmien, videoiden tai nauhoitteiden käyttöä opetuksessa. Lähestymistapoihin nimitettiin myös arvoihin ja asenteisiin liittyvää opetusta, kuten ympäristöasioiden ja – vastuullisuuden pohdintaa.

Tietojen soveltaminen arkielämään, maailmankuvan rakentaminen ja erilaisten näkökulmien esittäminen ovat lähestymistapoja, joilla oppilaan persoonalliseen kehitykseen liittyviä tavoitteita voidaan toteuttaa (Kärnä, 2009).

Koska työ- tai toimintatavat olivat kuitenkin keskenään hyvin erilaisia, käsillä olevassa tutkimuksessa ne jaoteltiin osin tyyppinsä mukaan useampiin alaryhmiin. Tässä tutkimuksessa työtavat jaetaan yksilölliseen ja vuorovaikutteinen työtapaan ja opetuksen lähestymistavat maailmankuvan rakentamista korostava lähestymistapaan, TVT:n käyttöön tai tekstin tuottamiseen liittyvään lähestymistapaan, tutkimukselliseen lähestymistapaan ja koulun ulkopuolista oppimisympäristöä korostavaan lähestymistapaan. Työ- tai toimintatavan käytön useutta mitattiin Likert-tyyppisellä asteikoilla: 1 = ei lainkaan, 2 = harvoin, 3 = joskus, 4 = usein ja 5 = lähes aina.

Tutkimuksessa työ- ja toimintatapoja ja niiden käytön useutta suhteessa biologian osaamiseen ja biologista pitämiseen tutkittiin korrelaatioanalyysin avulla (Pearsonin korrelaatiokerroin, r). Tutkimus tehtiin koulutasolla, eli analyyseissä käytettiin 97 koulun keskiarvoja. Biologian ja maantiedon kysymyksiin vastasi 2989 oppilasta (52 % poikia, 48 % tyttöjä). Tyttöjen ja poikien käsityseroja työ- ja toimintatapojen käytön useudesta tutkittiin Mann-Whitneyn U-testin avulla. Tässä tutkimuksessa ei raportoida uudelleen osaamiseen ja asenteisiin liittyviä perustuloksia, vaan niiden suhteen lukijaa kehoitetaan tutustumaan luonnontieteiden osaamista selvittävän seuranta-arvioinnin (Kärnä ym., 2012).

3 Tulokset

3.1 Työ- ja toimintatapojen yhteys biologian osaaminen ja biologiasta pitäminen

Oppilaiden mielestä useimmin käytetyt työtavat olivat yksilökeskeisiä, kuten opettajan esitys taulun avulla, vihkomuistiinpanojen teko, itsenäinen työskentely tehtävien tai ongelmien parissa ja oppikirjan lukeminen (Kuvio 1). Oppilaat kokivat, että he vain joskus tai melko harvoin asettivat itselleen tavoitteita, arvioivat edistymistään tai valitsivat itselleen sopivan vaikeita tehtäviä. Yksilöllisistä työtavoista esseiden tai referaattien kirjoittamista oli harvoin. Oppilaiden mukaan melko usein käytössä oli opetuksellinen lähestymistapa, jossa he saivat tietoa maailman kehityksestä, rakenteesta ja toiminnasta. Ympäristökysymyksiä käsitteleviä pohdintoja ja keskusteluja oli oppilaiden mukaan oppitunneilla joskus. Tieto- ja viestintätekniikkaan (TVT) taikka tekstin käyttöön keskittyvistä lähestymistavoista yleisin oli videoiden tai animaatioiden käyttö opetuksessa, muita, kuten Internetiä, työvälineohjelmia tai kirjoja ja lehtiä käytettiin harvoin. Vuorovaikutteisista työtavoista yleisimmät olivat opettajajohtoinen käsitteistä tai

ongelmista keskustelu, projekti ja ryhmätyöt. Oppilaiden mukaan opettaja myös joskus otti heidän ehdotuksensa ja ideansa huomioon opetuksessa. Tutkimuksellisista lähestymistavoista yleisimmät olivat syy-seuraussuhteiden pohtiminen ja havaintojen tekeminen. Monien näkökulmien esittäminen, arkielämään soveltaminen, demonstraatiot ja kokeelliset tutkimukset sen sijaan olivat melko harvoin käytössä. Koulun ulkopuolisia oppimisympäristöjä, kuten vierailuja yrityksiin, laitoksiin, museoihin tai näyttelyihin, käytettiin opetuksessa kaikkein vähiten (Kuvio 1).

Taulukossa 1 on esitetty työ- ja toimintatapojen sekä biologian osaamisen ja biologiasta pitämisen väliset korrelaatiot koulutasolla. Kokeellisuus oli eniten yhteydessä osaamiseen ($r = 0,42$), sen sijaan kokeellisuuden yhteys biologiasta pitämiseen oli vähäisempää ($r = 0,26$). Maailmankuvan rakentumiseen liittyvä lähestymistapa korreloi voimakkaimmin sekä biologian osaamisen ($r = 0,41$) että biologiasta pitämiseen ($r = 0,56$). Muita oppimisen kannalta oleellisia työ- ja toimintatapoja käytettiin opetuksessa yleensä vain joskus tai harvoin (Kuvio 1). Esimerkiksi kokeellisuus ja muu tutkimukselliselle lähestymistavalle ominainen toiminta, kuten havaintojen teko, ilmiöiden syiden ja seurausten pohtiminen ja arkielämään soveltaminen sekä monien näkökulmien esittäminen olivat eniten yhteydessä osaamisen kanssa. Näitä lähestymistapoja käytettiin opetuksessa kuitenkin vain harvoin tai joskus.

Tutkimuksellisuudelle ominaiset lähestymistavat korreloivat biologiasta pitämiseen. Myös oppilaiden mahdollisuus asettaa itselleen tavoitteita ja arvioida edistymistään, sekä vaikuttaa oppitunnin suunnitteluun ja toteutukseen ($r = 0,46 - 0,52$) liittyivät pitämiseen. Osaamisen kanssa edellä mainitut lähestymistavat eivät korreloineet yhtä voimakkaasti (Taulukko 1). Pitämiseen liittyivät myös ryhmätyöt ja demonstraatiot, ympäristökysymyksistä keskustelu, opettajan taulun avulla tapahtuva esitys sekä oppilaan mahdollisuus valita itselle sopivan vaikeita tehtäviä ($r = 0,31 - 0,33$). Pienissä ryhmissä työskentelyä lukuun ottamatta em. työtavoilla ei kuitenkaan ollut merkittävää yhteyttä oppimiseen (Kuvio 1, Taulukko 1). Usein käytetyt opettajajohtoiset ja yksilökeskeiset työtavat, kuten muistiinpanojen tekeminen ja oppikirjan käyttö, eivät liittyneet biologian osaamiseen tai biologista pitämiseen. Harvoin käytetyt työ- ja toimintatavat kuten väittelyt, esseiden tai referaattien kirjoittaminen, tieto- ja viestintäteknikan käyttö sekä koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen käyttäminen opetuksessa eivät korreloineet osaamiseen ja pitämiseen (Kuvio 1, Taulukko 1).



Kuvio 1. Oppilaiden keskimääräiset käsitykset opetuksen työ- toimintatapojen käytön useudesta biologian ja maantiedon oppitunneilla: 1 = ei lainkaan, 2 = harvoin, 3 = joskus, 4 = usein ja 5 = lähes aina. Sininen = yksilöllinen työtapa, keltainen = vuorovaikutteinen työtapa, violetti = maailmankuvan rakentamista korostava lähestymistapa, valkoinen = TVT:n käyttöön tai tekstin tuottamiseen liittyvä lähestymistapa, punainen = tutkimuksellinen lähestymistapa, harmaa = koulun ulkopuolista oppimisympäristöä korostava lähestymistapa.

TAULUKKO 1. Työ- ja toimintatapojen sekä osaamisen ja oppiaineesta pitämisen välinen yhteys (Personin korrelattiokerroin, r) biologiassa koulutasolla, laskettuna 97 koulun keskiarvoista. Useimmin käytetyt viisi työ- ja toimintatapaa on on lihavoitu.

Työ- ja toimintatavat	Osaaminen	Pitäminen
Teemme kokeellisia tutkimuksia.	0,42**	0,26*
Saan tarpeellista tietoa maailman kehityksestä, rakenteesta ja toiminnasta.	0,41**	0,56**
Teemme havaintoja oppiaineen ilmiöistä.	0,41**	0,48**
Sovellamme oppiaineessa opittuja asioita arkielämään.	0,38**	0,56**
Pohdimme ilmiöiden syitä ja seurauksia.	0,36**	0,49**
Esitetään ilmiölle monia näkökulmia.	0,35**	0,52**
Keskustelemme opettajan johdolla käsitteistä tai ongelmista.	0,30**	0,50**
Ratkaisemme tehtäviä pienissä ryhmissä.	0,30**	0,33**
Oppilaat asettavat itselleen tavoitteita ja arvioivat edistymistään.	0,28**	0,46**
Työskentelemme itsenäisesti ongelmien ja tehtävien parissa.	0,26*	0,05
Opettaja havainnollistaa ilmiöitä tekemällä demonstraatioita.	0,25*	0,32**
Olemme pohtineet, miten kansalaisena voi vaikuttaa ympäristöön.	0,22*	0,26*
Keskustelemme ryhmissä käsitteistä tai ongelmista.	0,22*	0,31**
Opiskelemme katselemalla videoita tai animaatioita.	0,20*	0,19
Opettaja ottaa huomioon oppilaiden ehdotukset ja ideat oppitunnin suunnittelussa ja toteutuksessa.	0,19	0,52**
Olemme keskustelleet maailmanlaajuisista ympäristökysymyksistä.	0,18	0,33**
Opettaja opettaa uutta asiaa tekemällä esim. taululle muistiinpanoja.	0,13	0,33**
Opiskelemme lukemalla oppikirjaa.	0,09	-0,05
Käytämme opiskelussa hyväksi Internetiä (tiedon haku).	0,07	0,19
Käytämme opiskelussa työvälineohjelmia (tekstinkäsittely, taulukkolaskenta, grafiikka).	0,06	0,12
Teemme projekti- tai ryhmätöitä.	0,01	0,11
Voin valita itselleni sopivan vaikeita tehtäviä.	0,03	0,31**
Teen vihkoon muistiinpanoja, joita käytän opiskeluuni.	-0,03	0,21*
Teemme vierailuja yrityksiin tai laitoksiin.	-0,11	-0,07
Teemme vierailuja museoihin tai näyttelyihin.	-0,14	-0,16
Väittelemme.	-0,12	0,07
Opiskelemme lukemalla kirjoja tai lehtiä.	-0,15	0,17
Olemme käyttäneet karttaa maastoretkillä.	-0,21*	0,04
Opiskelemme kirjoittamalla esseitä tai referaatteja.	-0,23*	-0,09

** = $p < 0.01$, * $p < 0.05$ ($r \approx 0.8$, suuri; $r \approx 0.5$, keskitasoinen; $r \approx 0.2$, pieni, vrt. Cohen 1988)

3.2 Kokeellisuuteen liittyvät työ- ja toimintatavat

Koska kokeellisuus korreloi voimakkaimmin biologian osaamisen kanssa, oli myös aiheellista selvittää, mitkä muut työ- ja toimintatavat liittyvät kokeellisuuden toteuttamiseen biologian opetuksessa koulutasolla. Oppilaiden näkökulmasta kokeellisuutta toteutettiin 97 eri koulussa minimissään harvoin (keskiarvo = 1,5) ja maksimissaan usein (keskiarvo = 3,5). Korrelaatioanalyysin mukaan kokeellisuuden käyttöön liittyviä työ- ja toimintatapoja olivat videoiden ja animaatioiden käyttö opetuksessa, pienryhmissä opiskelu, demonstraatiot, sekä tutkimuksellinen lähestymistapa: Havaintojen tekeminen, syy-seuraussuhteiden pohtiminen sekä opitun soveltaminen arkielämään ($r = 0,39 - 0,52$). Myös työvälinojelmat, käsitteistä ja ongelmista keskustelu ryhmissä, monien näkökulmien esittäminen, tiedon saaminen maailman kehityksestä, rakenteesta ja toiminnasta, oppilaiden itsearviointi ja maastoretet liittyivät kokeellisuuden toteuttamiseen ($r = 0,28 - 0,32$). Monet edellä mainituista työ- ja toimintatavoista ovat myös niitä, jotka korreloivat eniten biologian oppimiseen ja biologiasta pitämiseen (Taulukko 1). Yleisesti ottaen kokeellisuuteen liittyi tutkimukselliselle lähestymistavalle ominaisia piirteitä, kuten oppimisen vuorovaikutteisuus, osallistuvat ja aktivoivat työ- ja toimintatavat, mutta myös uudet virtuaaliset oppimisympäristöt. Huomionarvoista on, että kokeellisuutta toteuttavissa kouluissa biologian opetuksessa käytettiin yleensä harvoin toteutettua maasto-opetusta. Oppilaiden näkökulmasta maasto-opetusta toteutettiin eräissä kouluissa harvoin (minimi keskiarvo = 1,2), mutta toisissa usein (maksimi keskiarvo = 3,7).

3.3 Sukupuolten väliset erot

Tytöt ja pojat erosivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi toisistaan siinä, miten usein he kokivat tiettyjä työ- tai toimintatapoja käytettävän (Mann-Whitneyn U-testi, $p < 0.001$ tai $p < 0.01$). Tyttöjen mielestä oppitunneilla käytettiin useammin opettaja- ja yksilökeskeisiä työtapoja, katseltiin videoita, sovellettiin ilmiöitä arkielämään sekä pohdittiin syy-seuraussuhteita, maailmankuvaa ja ympäristöasioita. Pojat vastaavasti kokivat tyttöjä useammin, että oppitunneilla käytettiin työvälinojelmia, keskusteltiin opettajan johdolla ja ryhmissä, väiteltiin, tehtiin vierailuja ja työskenneltiin maastossa.

4 Pohdinta

4.1 Työ- ja toimintatapojen käytön yhteys osaamiseen ja asenteisiin

Opetuksen järjestämisessä on otettava huomioon eri oppiaineiden erityiskysymykset. Biologian tiedonalalle on ominaista systeemisyys, jossa sisäkkäiset organisaatiotasot molekyyalitasolta biosfääriin ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Myös ajallisen ulottuvuuden käsitteleminen, kuten yksilötason kasvuprosessien, ympäristön ajallisten syklien vaikutusten sekä ekologisten muutosten ja evoluution ymmärtäminen on biologian osaamiselle olennaista (Mayr 1998; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Boersma ym., 2011). Käsitteiden ja vuorovaikutteisten kokonaisuuksien runsaus ja dynaamisuus voi kuitenkin tehdä ilmiöiden ymmärtämisestä ja selittämisestä vaikeaa. Esimerkiksi elimistön toimintaa käsittelevässä seuranta-arvioinnin tehtävässä (Kärnä ym., 2012, 114) oppilaan tuli osata selittää monia toisiinsa liittyviä syitä ja seurauksia, kuten liikunnan tehostamisen vaikutusta lihassolujen toimintaan, sokerin palamiseen, hapentarpeen kasvamiseen, hiilidioksidin muodostumiseen, lämmön tuottamiseen, verenkierto- ja hengityselimistön toiminnan tehostumiseen ja hikoilemiseen. Syy-seuraussuhteita selitettäessä ja ongelmanratkaisussa on osattava soveltaa tietoja tai analysoida aineistoja. Usein on myös osattava käyttää menetelmätietoa; miten tietoja tai havaintoja käytetään kun tarkasteltavaan ilmiöön vaikuttavien tekijöiden määrä ja voimakkuus vaihtelevat.

Janssenin ja de Hullun (2010) mukaan ajattelutaitoja voidaan kehittää biologian ominaislaadun huomioon ottavin lähestymistavoin. Heidän mukaansa biologisia ilmiöitä kannattaa tarkastella useista eri näkökulmista, joita ovat ilmiöiden vertailu (*comparative perspective*), syy-seuraussuhteet (*causative perspective*), rakenteiden ja prosessien tarkoituksenmukaisuus (*functional perspective*), toimintamekanismit (*mechanistic perspective*), ekologia (*ecological perspective*), yksilönkehitys (*developmental perspective*) ja evoluutio (*evolutionary perspective*). Ihmiseen liittyviä näkökulmia ovat huolenpito (*caring perspective*), diagnoosi (*diagnostic perspective*), teknologia (*technological perspective*), etiikka (*ethical perspective*) ja henkilökohtainen näkökulma (*personal perspective*). Janssenin ja de Hullun (2010) jaottelu pitää sisällään biologiset organisaatiotasot ja se muistuttaa osin biologian sisältöalueelle ominaisia teema-alueita (The Biology Teacher's Handbook, 2009).

Oppimisessa työ- ja toimintatavoilla on tärkeä merkitys (Lahdes, 1977; Joyce & Weil, 1980). Tämä tutkimus osoitti, että työ- ja toimintatavoista kokeellisuuteen ja maailmankuvan rakentamiseen sekä tutkimuksellisuuteen liittyvät lähestymistavat liittyivät vahvimmin 9-luokkalaisten biologian osaamiseen. Tulos poikkeaa hieman luonnontieteiden seuranta-arvioinnista, jossa biologian ja maantiedon yhteistulosten mukaan suurin yhteys osaamisella oli siihen, että oppilaat kokivat saavansa tarpeellisia tietoja maailmankuvansa rakentamiseen (Kärnä, ym. 012). Maailmankuvan rakentaminen lienee tärkein maantieteen

osaamiseen ja maantieteestä pitämiseen liittyvä lähestymistapa. Sen sijaan myös fysiikan ja kemian kohdalla kokeellisuus liittyi vahvimmin osaamiseen (Kärnä ym., 2012, p. 155-156). Kokeellisuutta, havainnointia ja demonstraatioita käytettiin fysiikan ja kemian opetuksessa enemmän kuin biologian ja maantiedon opetuksessa, mikä osaltaan selittää eri oppiaineiden välisiä eroja (Kärnä ym., 2012, p. 78–80).

Kiinnostukseen perustuvalla motivaatiolla tiedetään olevan myönteisiä vaikutuksia sekä oppilaan opiskeluun että oppimistuloksiin (Hidi, Renninger & Krapp, 2004). Jos oppilaat ovat kiinnostuneita oppiaineesta, he myös sitoutuvat opiskelemaan sitä (Hidi ym., 2004; Osborne ym., 2003). Tässä tutkimuksessa havaittiin, että oppilaiden omaa aktiivisuutta ja ajattelua edistävillä ja vuorovaikutteisuutta korostavilla työ- ja toimintatavoilla oli selkeä yhteys biologian osaamiseen ja biologiasta pitämiseen. Parhaita lähestymistapoja olivat kokeellisuus, havaintojen tekeminen, syy-seuraussuhteiden ja monien näkökulmien pohtiminen sekä arkielämään soveltaminen. Huomionarvoista on, että kaikissa edellä mainituissa lähestymistavoissa korostuu menetelmätiedon osaaminen; miten jokin asia tehdään. Aineiston käyttö ja käsittely, ilmiöiden selittäminen ja ongelmanratkaisu ovat oleellisia myös tutkimuksellisessa oppimisessä (*inquiry-based learning*, Bybee, 2002; *The Biology Teacher's Handbook*, 2009). Tutkimukselliseen lähestymistapaan kuuluvat myös aineiston analyysi, arviointi ja uuden tuottaminen, jotka Krathwohlin (2002) mukaan edustavat korkeimpia ajattelutaitoja. Jos tavoitteena on, että oppilaat osaavat käyttäät tietojaan uusissa tilanteissa, ilmiöiden muistamisen ja ymmärtämisen lisäksi opetuksessa tulee myös harjoittaa soveltamista, analysointia, arviointia ja uuden luomista (Krathwohl, 2002).

Ajattelutaitojen kehittämisessä tärkeää on esimerkiksi aiheista puhuminen ja keskustelu pienryhmissä. Tutkimukselliseen lähestymistapaan liittyy vuorovaikutteisuus, ja useissa kansainvälisissä tutkimuksissa vuorovaikutteisten opetusmenetelmien on havaittu edistävän oppimista monin tavoin ja olevan oppilaiden suosiossa (Lord, 2001; Tanner, Chatman & Allen, 2003). Myös Juuti ym. (2010) havaitsivat, että luonnontieteiden oppitunneilla yhdeksäsluokkalaisten pitivät keskusteluista, ryhmätyöskentelystä, koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen käytöstä opetuksessa sekä luovista työtavoista. Terveystiedon opetusta käsittelevässä tutkimuksessa yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden on havaittu suosivan keskustelua ja itse tekemistä toiminnallisina tavoin (Kannas, Peltonen & Aira, 2009). Lisäksi ryhmätyöt, asiantuntijavierailut, videoiden katsominen ja perinteinen opettajan esitys saivat oppilailta myönteistä palautetta, mutta opetuksen sitominen liiaksi oppikirjaan tai muistiinpanoihin vähensivät oppilaiden opiskelumotivaatiota.

Huolimatta tutkimuksellisen ja vuorovaikutteisen lähestymistavan tehokkuudesta, tässä tutkimuksessa kuitenkin ilmeni, että osaamista ja pitämistä edistäviä työ- ja toimintatapoja oli oppilaiden vastausten perusteella biologian opetuksessa kuitenkin vain harvoin tai joskus. Oppilaiden mielestä oppitunneilla tavallisinta oli opettajan opetuksen kuunteleminen, muistiinpanojen tekeminen, itsenäinen työskentely ja oppikirjan käyttö.

Tosin opettajan esitys taulun avulla korreloi myös biologista pitämiseen. Myös Elorannan (2005,36) mukaan opettajakeskeiset työtavat ovat olleet melko vallitsevia mutta myös pidettyjä peruskoulun biologian oppitunneilla. Opettajakeskeiset työtavat eivät kuitenkaan riitä nykyisen oppimiskäsityksen tavoitteiden (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004) toteuttamiseen, eikä niiden käyttö tämän tutkimuksen eikä muidenkaan tutkimusten (Lord, 2001; Tanner ym. 2003; Juuti ym. 2009, Kannas ym., 2009) mukaan erityisesti edistä oppimista tai vaikuta yhtä positiivisesti oppilaiden asenteisiin kuin tutkimukselliset, vuorovaikutteiset tai maailmankuvan rakentamista korostava lähestymistavat.

Oppilaiden biologian osaaminen oli yhteydessä myös siihen, että oppilaat tunsivat osaavansa biologiaa ja että oppiaine koettiin hyödylliseksi tulevaisuuden kannalta (Kärnä ym., 2012). Myös lukiolaisia koskevassa tutkimuksessa Uitto, Hakonen ja Manninen (2011) havaitsivat, että minäpystyvyys biologian opiskelussa, kiinnostus biologiaa kohtaan sekä biologian kokeminen tärkeäksi oppiaineeksi korreloivat keskenään. Decin ja Ryanin (1985) mukaan sisäistä opiskelumotivaatiota vahvistavat autonomian kokeminen sekä pätevyyden ja sosiaalisen yhteenkuuluvuuden tunne. Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että oppilaiden ehdotusten ja ideoiden huomioon ottaminen opetuksessa, oppilaiden oma tavoitteiden asettelu sekä edistymisen itsearviointi liittyivät biologiasta pitämiseen. Myönteisten asenteiden kehittymisen kannalta olisi hyödyllistä, jos oppilaat saisivat kokea olevansa itse oman opiskelunsa ja oppimisensa säätelijöitä.

Luonnontieteiden opetussuunnitelmissa eräs keskeinen tavoite on, että opiskelu tukee myös persoonallisuuden kehittymistä ja luonnontieteellisen maailmankuvan muodostamista. Omakohtaisen maailmankuvan muodostumiseen vaikuttaa se, että oppilas tiedostaa maailman rakennetta ja lainalaisuuksia (Kärnä, 2009). Kun oppilaat kokevat asian merkitykselliseksi itselleen, se voi johtaa henkilökohtaisen kiinnostukseen (Deci & Ryan, 1985; Hidi & Harackiewicz, 2000). Esimerkiksi oppilaan luontokeskeiset arvot ja asenteet ovat usein kytköksissä ympäristöasioiden kiinnostavuuteen (Uitto, Juuti, Lavonen, Byman & Meisalo, 2011). Myös oppilaiden koulun ulkopuoliset kokemukset, harrastukset ja aktiviteetit voivat olla yhteydessä biologian ilmiöiden kiinnostavuuteen (Uitto ym., 2006). Osaamiseen ja asenteisiin vaikuttavat myös oppilaskohtaiset tekijät, joista tässä tutkimuksessa käsitellään vain sukupuolta. Tyttöjen ja poikien käsityksen siitä, miten usein eri työtapoja oppitunneilla käytettiin, poikkeisivat toisistaan. Tyttöjen mukaan oppitunneilla oli enemmän opettaja- ja yksilökeskeisiä sekä tutkimuksellisia lähestymistapoja, pojat sen sijaan olivat kiinnittäneet enemmän huomiota tietotekniikan käyttöön, keskusteluihin ja koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen käyttöön. Yleisesti ottaen tytöt pitivät enemmän biologiasta, kokivat sen hyödyllisemmäksi ja kokivat osaavansa sitä poikia paremmin (Kärnä ym., 2012). Ehkä poikien biologian osaamista ja biologiasta pitämistä voitaisiin edistää käyttämällä enemmän tietotekniikkaa ja maasto-opetusta biologian opetuksessa.

4.2 Biologian opetuksen kehittäminen

Biologian opetuksen työ- ja toimintatapoja kehitettäessä on tärkeää tietää, kuinka ne vaikuttavat asennoitumiseen biologiaa kohtaan ja kuinka monipuolisesti ne harjoittavat menetelmätiedon ja ajattelutaitojen kehittymistä. Käsillä oleva tutkimus osoitti, että tutkimukselliselle lähestymistavalle ominaiset piirteet, kuten havaintojen tekeminen, syy-seuraussuhteiden pohtiminen, arkielämään soveltaminen, monien näkökulmien esittäminen ja vuorovaikutteisuus opetuksessa ovat lähestymistapoja, jotka liittyivät selvästi biologian osaamiseen, kuten ilmiöiden ymmärtämisen, soveltamisen ja selittämisen taitoihin.

Tulosten perusteella vaikuttaa kuitenkin siltä, että biologian opetuksessa on varsin perinteisellä tavalla keskitytty fakta- ja käsitetiedon muistamiseen ja ymmärtämiseen, jolloin menetelmätiedon ja korkeampien ajattelutaitojen kehittämiselle on jäänyt vähemmän aikaa. Haasteena biologian oppimiselle on tiedonalan käsitteiden runsaus, organisaatiotasojen vuorovaikutusten ja ajallisen muutosten ymmärtäminen (Mayr 1998; Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Boersma ym., 2011; Uitto, 2012). Miten toteuttaa monipuolista opetusta, jos opettajat kokevat sisällöt liian laajoiksi? Käsitteiden runsaus ei välttämättä ole ongelma, jos opetuksella on selkeä perusopetuksen jatkumon huomioon ottava tavoite ja sisältö. Opetuksessa on hyvä pyrkiä keskittymään ilmiön ymmärtämisen kannalta keskeisiin käsitteisiin ja niiden välisiin suhteisiin (Boersma ym., 2011). Käsitteiden muistamista, ymmärtämistä ja joustavaa käyttöä puolestaan edistävät omaa ajattelua ja aktiivisuutta painottavat tutkimukselliset lähestymistavat. Opetuksessa olisikin suunnittelusta lähtien otettava tietoisesti mukaan ajattelutaitoja kehittävät lähestymistavat ja oppimisympäristöt. Oppimista ja osaamisen arviointia koskevissa tutkimuksissaan esimerkiksi Crowe, Dirks ja Wenderoth (2008, 379-380) havaitsivat, että tieto- ja ajattelutaitoja kuvaavan taksonomiataulukon käyttö opetuksen suunnittelussa, toteutuksessa ja arvioinnissa johti monipuolisempien työ- ja toimintatapojen käyttöön opetuksessa, mikä vastaavasti paransi biologian yliopisto-opiskelijoiden ajattelutaitojen kehittymistä.

Vaikka tutkimuksellisuus edistää oppimista, se voi olla opettajille vaikea lähestymistapa. Jotta tutkimuksellisen lähestymistavan käyttö olisi tuloksellista, sitä on osattava soveltaa oppilaiden lähtökohdista riippuen ohjatusta toiminnasta kohti oppilaskeskeisempää työskentelyä. On kuitenkin hyvä muistaa, että tutkimuksellinen lähestymistapa ei välttämättä vaadi konkreettia ja melko suuritöistäkin laboratoriotyöskentelyä, vaan sitä voidaan myös demonstroida tai simuloida aineistopohjaisen tehtävän avulla. Tutkimuksellisuus onkin enemmän näkökulma oppimiseen, kuin selkeästi määriteltävissä oleva työtapa (Eloranta ym., 2005; *The Biology Teacher's Handbook*, 2009).

Tutkimuksellisuuden käyttöä haittaavat myös monet koulutyöhän liittyvät tekijät. Esimerkiksi luonnontieteiden osaamisen arvioinnin mukaan opettajien mielestä hyvien oppimistulosten saavuttamista heikentäviä tekijöitä olivat oppilasjoukon heterogeisuus, oppiaineen käytössä oleva pieni tuntimäärä ja opetusryhmien koko (Kärnä ym., 2012). Opetuksen kehittämiskohteiden suhteen mainittiin erityisesti, että biologian asemaa kokeellista työtapaa vaativana oppiaineena tulee vahvistaa siten, että opetusta voidaan antaa myös pienemmissä ryhmissä, oppilaiden ilmiöiden selittämisen taitoja tulee voida kehittää ja poikien kiinnostusta biologian opiskelua kohtaa voidaan lisätä. Biologian opetusryhmät ovat edelleen melko suuria, eikä kokeellisuutta toteutettu biologian opetuksessa yhtä usein kuin fysiikan ja kemian opetuksessa. Biologian oppimista ja biologista pitämistä edistävien työ- ja toimintatapojen käytölle tulisi saada enemmän mahdollisuuksia, sillä taitojen kehittyminen vaatii menetelmätietoa ja käytännön harjoittelua myös opettajilta.

5 Lähteet

- Aebli, H. 1991. *Opetuksen perusmuodot*. Helsinki: WSOY.
- Ben-Zvi Assaraf, O. & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560.
- Boersma, K., Waarlo, A. J. & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education*, 45(4), 190–197.
- Britner, S. L. & Pajares, F. (2006). Sources of Science Self-Efficacy Beliefs of Middle School Students. *Journal of research of science in science teaching*, 43(5), 485–499.
- Bybee, R. W. (2002, Toim). *Learning science and the science of learning. Science educator's essay collection*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Crowe, A., Dirks, C. & Wenderoth, M. P. (2008). Biology in Bloom: Implementing Bloom's taxonomy to enhance student learning in biology. *CBE—Life Science Education*, 7(4), 368–381.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2004). *Handbook of self-determination research*. Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Eagly, A. & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Fort Worth: Harcourt Brace College.
- Eloranta, V. (2005). Miksi opettaa ja opiskella biologiala? Teoksessa V. Eloranta, E. Jeronen & I. Palmberg (Toim.) *Biologia eläväksi. Biologian didaktikka*. Opetus 2000. Jyväskylä: PS-kustannus, 17–45.
- Fennema, E., & Sherman, J. (1978). Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9(3), 189–203.
- Hidi, S. & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: a critical issue for the 21st century. *Review of educational research*, 70(2), 151–179.
- Hidi, S., Renninger, K. A. & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. Teoksessa D.Y. Dai & R.J. Sternberg (Toim.) *Motivation, emotion, and cognition: integrative perspectives on intellectual functioning and development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 89–115.

- Janssen, F. & de Hullu, Els (2010). A toolkit for stimulating productive thinking. *Journal of Biological Education*, 43(1), 21-26.
- Joyce, B. & Weil, M. (1980). *Models of Teaching*. London: Prentice-Hall.
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A., Byman, R. & Meisalo, V. (2010). Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 611–632.
- Kannas, L., Peltonen, H. & Aira, T. (2009). *Kokemuksia ja näkemyksiä terveystiedonopetuksesta yläkouluissa. Terveystiedon kehittämistutkimus osa I. Opetushallitus ja Terveystiedon tutkimuskeskus, Jyväskylän yliopisto. Helsinki: Opetushallitus.*
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218.
- Kärnä, P. (2009). *Kokonaisvaltainen fysiikanopetus peruskoulussa fysiikan valinnaiskursilla. Fysiikan laitos. Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto.*
- Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9.luokalla 2011. *Koulutuksen seurantaraportit 2012:2*. Helsinki: Opetushallitus.
- Lahdes (1977). *Peruskoulun opetusoppi*. Helsinki: Otava.
- Lavonen, J., Gedrovics, J., Byman, R., Meisalo, V., Juuti, K., & Uitto, A. (2008). Students' motivational orientations and career choice in science and technology. A comparative investigation in Finland and Latvia. *Journal of Baltic Science Education*, 7(2), 86-102.
- Lavonen, J., & Laaksonen, S. (2009). Context of Teaching and Learning School Science in Finland: Reflections on PISA 2006 Results. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 922–944.
- Lord, T.R. (2001). 101 Reasons for using cooperative learning in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 63(1), 30-39.
- Mayr, E. (1998). *Biologia – elämän tiede*. Helsinki: Art House.
- Metsämuuronen, J. (2009). Metodit arvioinnin apuna. Perusopetuksen oppimistulosarviointien ja -seurantojen menetelmätarkistukset Opetushallituksessa. *Oppimistulosten arviointi 1/2009*. Helsinki: Opetushallitus.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2004). Helsinki: Opetushallitus.
- Rani, G. (2006). A cross-domain analysis of change in students' attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28(6), 571–589.
- Tanner, K., Chatman, L.S. & Allen, D. (2003). Approaches to cell biology teaching: cooperative learning in the science classroom—beyond students working in groups. *Cell Biology Education*, 2, 1–5
- The Biology Teacher's Handbook. 4th Edition*. (2009). National Science Teachers Association. Arlington: NSTApress.
- Uitto, A. (2012). Näkökulmia biologian oppimisen kehittämiseksi. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen & T. Tähkä (Toim.). Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. *Koulutuksen seurantaraportit 2012:10*: 29-47. Helsinki: Opetushallitus.
- Uitto, A., Hakonen, R. & Manninen, S. (2011). Lukiolaisten kiinnostus ja minäpystyvyys biologian opinnoissa. Teoksessa L. Tainio, K. Juuti, A. Kallioniemi, P. Seitamaa-Hakkarainen & A. Uitto (Toim.). Näkökulmia tutkimusperustaiseen opetukseen. *Suomen ainedidaktisen seuran julkaisuja. Ainedidaktisia tutkimuksia*, 1, 167- 184.
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J. & V. Meisalo (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, 40(3), 124–129.
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., Byman, R. & Meisalo, V. (2011). Secondary school students' interests, attitudes and values concerning school science related environmental issues in Finland. *Environmental Education Research*, 17(2), 167–186.