

TUTKIMUKSELLISUUS BIOLOGIAN OPETUKSESSA – ESIMERKKI SOLUBIOLOGIAN TUTKIMUSTYÖSTÄ

Justus Mutanen

Helsingin yliopiston LUMA-keskus, BioPop

Tiivistelmä Tutkimuksellinen lähestymistapa luonnontieteiden opetuksessa korostaa opiskelijoiden omaa roolia ja aktiivisuutta. Tutkimuksellisuus sisältää tieteellisen tutkimuksen piirteitä, esimerkiksi tutkimuskysymysten ja hypoteesien muotoilua, tutkimuksen suunnittelua ja tulosten tulkitsemista. Tutkimuksellisen lähestymistavan on todettu lisäävän positiivisia asenteita luonnontieteitä kohtaan ja parantavan oppimistuloksia. Tutkimuksellinen lähestymistapa on vaikuttanut myös vuonna 2016 käyttöön otettuihin peruskoulun ja lukion opetussuunnitelman perusteisiin. Tässä artikkelissa esitellään tutkimuksellisen lähestymistavan soveltamista biologian opetuksessa. Artikkelissa on esitetty käytännön biologian opetukseen liittyvä solubiologian tutkimustyö ja siitä neljä eri versiota, joissa tutkimuksellisuuden aste vaihtelee. Tutkimustyötä voidaan mukauttaa helposti erilaisten opiskelijaryhmien tarpeisiin kuitenkin siten, että opiskelijoiden aktiivisuutta korostetaan yhdessä tai useammassa tutkimustyön vaiheessa.

1. TUTKIMUKSELLINEN LÄHESTYMISTAPA

Tutkimuksellinen lähestymistapa (eng. *inquiry-based learning, IBL*) on opetuksen lähestymistapa, joka on yleistynyt luonnontieteiden opetuksessa 2000-luvulla. Tutkimuksellisuus ja tutkiva lähestymistapa on vaikuttanut myös monien eri maiden opetussuunnitelmiin. (Minner, Levy & Century, 2010), ja myös Suomen uusissa perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteissa näkyy tutkimuksellisen lähestymistavan vaikutus. Tutkimuksellisessa lähestymistavassa opiskelijat asettavat tieteellisiä kysymyksiä, suorittavat tutkimuksia, analysoivat ja tulkitsevat tutkimusaineistoa, muodostavat johtopäätöksiä tutkimusaineiston perusteella, arvioivat vaihtoehtoisia selityksiä ja perustelevat ja esittävät tuloksensa (NRC, 2000, 2012). Tutkimuksellinen työskentely vaatii huolellista suunnittelua, ja myös opettajan taidoilla, opetusresursseilla ja ennakoasenteilla on merkitystä sen suhteen, kuinka hyvin työskentely onnistuu (Hofstein, 2004).

Tutkimuksellinen työskentely sisältää autenttisen tutkimuksen piirteitä. Sen ei kuitenkaan tarvitse kuitenkaan olla pienimuotoista tieteellistä tutkimusta, vaan tutkimuksellisessa työskentelyssä voi olla vain joitain osia tieteellisen tutkimuksen piirteistä. (Abrams, Southerland & Evans, 2007) Tutkimuksellinen työskentely sisältää usein kokeellista työskentelyä. Kaikki kokeellinen

työskentely ei kuitenkaan ole tutkimuksellista, eikä kaikki tutkimuksellinen työskentely sisällä välttämättä kokeellisuutta (Aksela, 2005). Koulussa toteutettavassa tutkimuksellisuudessa opiskelijat voivat esimerkiksi muotoilla erilaisia kysymyksiä tutkimusaiheesta, perehtyä aikaisempaa tutkimukseen, suunnitella kokeita, tehdä havaintoja, analysoida tutkimustuloksia sekä esittää tutkimuksen tuloksia (Hofstein & Lunetta, 2004). Tutkimuksellisen lähestymistavan ei kuitenkaan tarvitse välttämättä sisältää kaikkia näitä vaiheita.

Tutkimuksellisen lähestymistavan lisäksi toisinaan puhutaan myös tieteen käytännöistä (eng. *scientific practices*). Tällä halutaan korostaa sitä, että tutkimuksellinen työskentely ei ole pelkästään tiedon ja käytännön taitojen hankkimista, sillä tieteen tekeminen vaatii myös muunlaista osaamista, esimerkiksi vuorovaikutustaitoja. Laadukkaassa tutkimuksellisessa työskentelyssä tutkimuksen tekeminen yhdistyy oppiaineen sisältöihin ja mahdollisesti myös yhteisiin teemakokonaisuuksiin. Näin opiskelijat oppivat käytännön tietojen ja taitojen lisäksi myös muita tieteen käytäntöjä. (Crawford, 2014; NRC, 2012)

Tutkimuksellinen työskentely voidaan jakaa neljään luokkaan sen mukaan, mikä on opettajan ja opiskelijan rooli tutkimuksellisuuden toteuttamisessa (Abrams ym., 2007; Schwab & Brandwein, 1962). Todentavassa tutkimuksellisuudessa opettaja esittää tutkimuskysymykset, valitsee käytettävät tutkimusmenetelmät, ja selittää, mistä tulokset johtuvat. (Todentavassa tutkimuksellisuudessa ei oikeastaan ole kysymys tutkimuksellisesta työskentelystä.) Strukturoidussa tutkimuksellisuudessa opiskelijoiden tehtävänä on tulosten tulkinta, ja ohjatussa tutkimuksellisuudessa opiskelijat saavat vaikuttaa myös tutkimusmenetelmiin. Avoimessa tutkimuksellisuudessa opiskelijoilla on mahdollisuus muotoilla myös tutkimuskysymykset. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Tutkimuksellisuuden tasot Schwabin ja Brandweinien (1962) mukaan.

| Tutkimuksellisuuden taso | Tutkimuskysymys | Tiedon kerääminen | Tulosten tulkitseminen |
|--------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| (0 = todentava) | Opettaja | Opettaja | Opettaja |
| 1 = strukturoitu | Opettaja | Opettaja | Opiskelija |
| 2 = ohjattu | Opettaja | Opiskelija | Opiskelija |
| 3 = avoin | Opiskelija | Opiskelija | Opiskelija |

Tutkimuksellisen lähestymistavan on todettu antavan opiskelijoille parempia valmiuksia soveltaa oppimaansa tietoa. Lisäksi sen on havaittu lisäävän positiivisia asenteita luonnontieteitä kohtaan. (Hofstein, 2004) Biologian opetuksessa tutkimuksellisuus auttaa oppilaita oppimaan sisältöjä paremmin ja mahdollistaa kiinnostuksen heräämisen biologiaa kohtaan (Lord & Orkwiszewski, 2006; Uitto, Juuti, Lavonen & Meisalo, 2006). Tutkimuksellisten työtapojen hyödyntäminen on myös todettu lisäävän positiivisia asenteita oppiainetta, esimerkiksi biologiaa kohtaan (Uitto, Kärnä & Hakonen, 2013).

2. BIOLOGIAN TUTKIMUKSELLISUUS SUOMALAISISSA OPETUSSUUNNITELMISSA

Tutkimuksellinen lähestymistapa on vaikuttanut myös vuonna 2016 käyttöön otettuihin perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmien perusteisiin. Esimerkiksi perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden yhtenä sisältöalueena on biologinen tutkimus. Vastaavasti uusissa lukion opetussuunnitelman perusteissa jokaiseen biologian kurssiin on sisällytetty tutkimuksen tekemistä. (Opetushallitus, 2014, 2015)

Tutkimuksen tekeminen ja tutkimuksen luonne on mainittu molemmissa opetussuunnitelmissa sekä opetuksen tavoitteissa että keskeisissä sisällöissä. Myös arvioinnissa korostetaan tutkimustaitojen merkitystä. Taulukossa 2 on kuvattu, millä tavoin tutkimuksellinen lähestymistapa näkyy suomalaisissa perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelman perusteissa. Lähestymistapa heijastuu oppiaineen tehtäviin, tavoitteisiin, sisältöalueisiin ja oppiaineen arviointiin.

Taulukko 2. Tutkimuksen tekeminen ja tutkimuksellisuus biologian oppiaineessa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014 ja lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015.

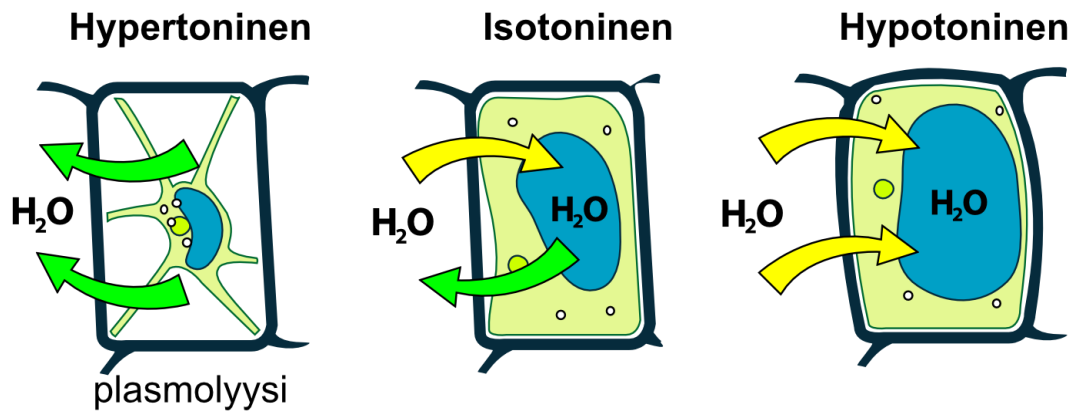
| | Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 | Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 |
|----------------------|---|---|
| Oppiaineen tehtävä | <ul style="list-style-type: none"> - Biologian opetuksessa - - ohjataan oppilaita tutkivan oppimisen avulla tutustumaan biologisen tiedonhankinnan luonteeseen - Luonnon tutkimisessa käytetään sekä maasto- että laborioriotyömenetelmiä | <ul style="list-style-type: none"> - Biologian opetukselle on ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta, tutkimuksellisuus sekä aktivoivat ja vuorovaikutteiset työ- ja toimintatavat. - Biologian opetuksessa tehdään laborointeja ja työskennellään myös digitaalisissa ja koulun ulkopuolisissa opiskeluympäristöissä. |
| Opetuksen tavoitteet | <ul style="list-style-type: none"> - Opastaa oppilasta käyttämään biologian tutkimusvälineistöä ja tieto- ja viestintäteknologiaa - Ohjata oppilasta tekemään tutkimuksia sekä koulussa että koulun ulkopuolella | <ul style="list-style-type: none"> - Perehtyy biologisen tiedonhankinnan ja tutkimuksen menetelmiin - Osaa asettaa kysymyksiä ja tutkimusongelmia tarkasteltavista ilmiöistä suunnittelee ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia itsenäisesti tai yhteistyössä muiden kanssa - Osaa hankkia, käsitellä, analysoida ja tulkita tutkimusaineistoa sekä arvioida ja esittää tutkimustuloksia |

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| <p>Sisältö-alueet</p> | <p>S1 Biologinen tutkimus: Sisältöjä valitaan siten, että biologisen tutkimuksen vaiheet tulevat oppilaan oman toiminnan kautta tutuiksi.</p> <p>S2 Tutkimusretkiä luontoon ja lähiympäristöön: Maastotyöskentelyssä havainnoidaan ja arvioidaan ympäristöä ja siinä tapahtuvia muutoksia sekä ihmisen vaikutusta niihin.</p> <p>S4 Mitä elämä on?: Sisällöissä keskitytään tutkimaan elämän perusilmiöitä biologialle tyypillisiin tutkimusmenetelmiin.</p> | <p>Elämä ja evoluutio (BI1): biologiset tieteenalat ja tutkimusmenetelmät, biologian kokeellisuuteen liittyvä pienimuotoinen tutkimus tai projekti</p> <p>Ekologia ja ympäristö (BI2): Ekologiaa tai ympäristön tilaa koskeva tutkimus tai ympäristön kehittämisprojekti</p> <p>Solu ja perinnöllisyys (BI3): Solubiologinen tutkimus laboratoriossa tai sähköisten aineistojen avulla</p> <p>Ihmisen biologia (BI4): Ihmisen toimintaa mittaava tutkimus</p> <p>Biologian sovellukset (BI5): Biologian sovellusalaan liittyvä koe tai tutkimus</p> |
| <p>Arviointi (oppiaineen yleinen)</p> | <p>- Biologian opetuksessa kannustava ja rakentava palaute opintojen aikana tukee - - tutkimustaitojen kehittymistä</p> <p>- Lisäksi arvioidaan oppilaan taitoa käyttää biologialle ominaista välineistöä - - sekä taitoa toteuttaa pienimuotoisia kokeita ja tutkimuksia koulussa ja sen ulkopuolella.</p> | <p>- Arvioinnissa keskeisiä kohteita ovat - - taidot, kuten ajattelu-, argumentointi- ja tutkimustaidot.</p> |

3. ESIMERKKI TUTKIMUKSELLISESTA TYÖSTÄ SOLUBIOLOGIAN OPETUKSESSA

Biologian opetuksessa tutkimuksellista lähestymistapaa voidaan soveltaa monissa yhteyksissä ja monella vaihtoehdoisella tavalla. Tässä on esitetty esimerkkinä tutkimuksellinen työ, jota voidaan soveltaa esimerkiksi lukion biologian kolmannella kurssilla. Työssä tutkitaan osmoosia kasvisolujen avulla, mutta työ sopii myös yleisesti solujen toiminnan tutkimiseen. Työssä tutkitaan erilaisten suolaliuosten vaikutusta punasipulin soluihin ja siihen, millä suolapitoisuudella kasvisoluissa tapahtuu plasmolyyysiä, eli milloin kasvisolujen solukalvo irtoaa soluseinästä kasvisolun kutistuessa. Työssä tutkitaan erilaisten suolaliuosten vaikutusta kasvisolujen toimintaan.

Laimeassa liuoksessa (hypotoninen liuos) vettä siirtyy kasvisoluihin sisään ja solut turpoavat. Väkevässä liuoksessa (hypertoninen liuos) vettä poistuu kasvisoluista ja kasvisolut kutistuvat (Kuva 1).



Kuva 1. Kasvisolut hypertonisessa (väkevässä), isotonisessa ja hypotonisessa (laimeassa) liuoksessa. Väkevässä suolaliuoksessa kasvisolut kutistuvat ja niiden solukalvo irtaoo soluseinästä eli tapahtuu plasmolyysi.

Taulukossa 3 on esitetty tutkimustyö, jonka tavoitteena on havainnollistaa osmoosia. Taulukossa on kuvattu neljä eri tapaa toteuttaa tutkimustyö neljällä eri tavalla, joista kolme on tutkimuksellisia. Todentavassa oppilastyössä tutkimustehtävä ja työohjeet on annettu opiskelijoille valmiiksi. Myös tulosten tulkinta ja johtopäätösten tekeminen selviävät työohjeesta. Strukturoidussa tutkimuksellisessa työssä johtopäätösten tekeminen jätetään tulosten tulkinta ja johtopäätösten tekeminen opiskelijoille. Ohjatussa tutkimuksellisuudessa opiskelijat saavat päättää myös tutkimuksen toteuttamistavan, vaikka työssä käytettävissä olevia välineitä onkin rajattu. Avoimessa tutkimuksellisuudessa on rajattu ainoastaan aihepiiri (solubiologia) ja tutkimusvälineet (punasipuli), mutta tutkimuskysymykset opiskelijat voivat muotoilla itse.

Taulukko 3. Osmoosin tutkiminen kasvisoluissa: mallit todentavalla, strukturoidulla, ohjatulla ja avoimella lähestymistavalla

| | Tutkimustehtävä | Tutkimuksen toteuttaminen | Johtopäätösten tekeminen |
|----------------------|--|--|--|
| Todentava oppilastyö | Sinulla on kolme liuosta, 5 %, 2 % ja 0 % suolaliuos (tislattu vesi). Tässä työssä tutkitaan, miten suolaliuokset vaikuttavat kasvisoluihin. | 1. Tiputa pasteur-pipetillä pisara kutakin liuosta erillisille aluslaseille. 2. Ota pinseteillä ohut kalvo punasipulin punaista kerrosta. Ota kolme pientä palaa kalvosta ja upota ne tutkittaviin nesteisiin. 3. Anna näytteiden seistä liuoksissa vähintään viiden minuutin ajan. 4. Lisää näytteiden päälle peitinlasi. | 0 % suolaliuos on hypotoninen liuos, jossa kasvisolut turpoavat. 2 % suolaliuoksessa osa soluista on kutistunut. 5 % suolaliuoksessa kaikki solut ovat kutistuneet eli niissä on tapahtunut plasmolyysi. |

| | | | |
|--------------------------------|---|--|---|
| Strukturoitu tutkimuksellisuus | Sinulla on kolme liuosta, 5 %, 2 % ja 0 % suolaliuos (tislattu vesi). Tässä työssä tutkitaan, miten suolaliuokset vaikuttavat kasvisoluihin. | 1. Tiputa pasteur-pipetillä pisara kutakin liuosta erillisille aluslaseille. 2. Ota pinseteillä ohut kalvo punasipulin punaista kerrosta. Ota kolme pientä palaa kalvosta ja upota ne tutkittaviin nesteisiin. 3. Anna näytteiden seistä liuoksissa vähintään viiden minuutin ajan. 4. Lisää näytteiden päälle peitinlasi. | Tarkastele mikroskoopilla, mitä muutoksia havaitset soluissa. Mistä muutokset johtuvat? |
| Ohjattu tutkimuksellisuus | Sinulla on kolme liuosta, A, B ja C. Liuokset ovat: 5 % suolaliuos, 2 % suolaliuos ja 0 % suolaliuos (tislattu vesi). Selvitä, missä putkessa on mitään liuosta (ei saa maistaa). | Käytettävissäsi ovat seuraavat välineet: punasipuleja, pinsetit, veitsi, suolaliuoksia A–C, mikroskooppi, aluslaseja, peitinlaseja ja pasteur-pipettejä. Tee suunnitelma tutkimuksen toteuttamisesta ja toteuta tutkimus sen mukaisesti. | Mitä havaitsit? Mistä tulokset johtuvat? |
| Avoin tutkimuksellisuus | Tutki jotain solubiologiaan liittyvää ilmiötä punasipulien avulla. | Tee suunnitelma tutkimuksen toteuttamisesta ja toteuta tutkimus sen mukaisesti. | Kerro raportissasi, miten toteutit työn ja millaisia tuloksia sait. |

4. YHTEENVETO

Vanhoista kokeellisista töistä ja tehtävistä on suhteellisen helppo muokata tutkimuksellisen lähestymistavan mukaisia. Yllä olevasta oppilastyöesimerkistä voidaan havaita, että tutkimuksellisen työn voi toteuttaa monella eri tavalla. Työn toteuttamistapa kannattaa valita myös oppilasryhmän tieto- ja taitotason mukaan sekä käytettävissä olevan ajan mukaan. Ohjattu ja avoin tutkimuksellisuus vievät enemmän aikaa kuin strukturoitu tutkimuksellisuus. Siksi niiden toteuttamiseen kannattaa varata riittävästi aikaa, mielellään yksi tai useita kokonaisia oppitunteja.

Tutkimuksellisissa oppilastöissä ei ole tavoitteena ainoastaan kehittää opiskelijoiden työskentelytaitoja, vaan auttaa opiskelijoita ymmärtämään myös tieteellisen tutkimuksen prosesseja

sekä kehittää opiskelijoiden ajattelutaitoja. Tutkimuksellinen työskentely kehittää myös opiskelijoiden ymmärrystä tieteellisen tutkimuksen käytänteistä ja toimintatavoista sekä tieteeseen liittyvästä toiminnasta. (Crawford, 2014)

Tutkimuksellisen lähestymistavan on todettu edistävän positiivisia asenteita luonnontieteitä kohtaan, motivoivan opiskelijoita ja parantavan oppimistuloksia. Näitä tavoitteita voidaan saavuttaa siirtymällä kohti opiskelijalähtoisempää lähestymistapaa ja antamalla opiskelijoille enemmän vastuuta erilaisten tutkimustöiden suunnittelussa ja toteuttamisessa. Opettajan tehtävänä on rajata tutkimusaihe ja käytettävät välineet siten, että tehtävä ei muodostu liian vaikeaksi opiskelijoille ja että tehtävä on suoritettavissa kohtuullisessa ajassa.

Helsingin yliopiston LUMA-keskukseen kuuluvassa Biotieteiden opetuksen keskus BioPopissa on kokeiltu jo useamman vuoden ajan monien eri oppilasryhmien kanssa erilaisia tutkimuksellisia töitä peruskoulu- ja lukioyhmien kanssa. Suurin osa toteutetusta tutkimuksellisista töistä on tyypiltään strukturoitua tai ohjattua tutkimuksellisuutta. Lähestymistapa on todettu toimivaksi ja opiskelijoita motivoivaksi tavaksi toteuttaa kokeellisia laboratoriotöitä. Toisaalta lähestymistavan on todettu auttavan opiskelijoita sisäistämään laboratoriotyöhön liittyviä käsitteitä ja ilmiöitä ja siten tehostamaan myös teoreettista osaamista. Käytännön työskentelytaitojen ja tutkimuksen tekemisen lisäksi opiskelijat käyvät vierailulla tutkimuslaboratoriossa, jossa tutkija tutustuttaa heitä tieteen käytäntöihin ja kulttuuriin.

BioPopin tutkimuksellisiin töihin on julkaistu myös BioPopin blogissa (<http://blogs.helsinki.fi/biopop-keskus/>). Kaikki sivustolla julkaistut työt on testattu oppilasryhmien kanssa ja todettu käytännöllisiksi ja toimiviksi. Suurin osa töistä on suunniteltu myös siten, että ne voidaan toteuttaa missä tahansa tavallisessa peruskoulussa tai lukiossa. BioPop järjestää myös vierailuja Viikin kampukselle, jossa opiskelijaryhmät voivat tehdä kokeellisia töitä ja tutustua tutkimuslaboratorioihin. Oppimateriaalin ja vierailujen tavoitteena on tukea peruskoulun ja lukion biologian opettajia toteuttamaan uusia opetussuunnitelmia, ja toisaalta myös innostaa uusia opiskelijoita biotieteiden pariin!

5. LÄHTEET

Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2007). *Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. Inquiry in the classroom: Realities and Opportunities.* Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach.* Helsingin yliopisto.

Crawford, B. A. (2014). *From inquiry to scientific practices in the science classroom.* Teoksessa J. S. Lederman & S. K. Abell (Toim.), *Handbook of Research on Science Education* (s. 515–541). New York: Routledge

Hofstein, A. (2004). *The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments,*

implementation, and research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247-264.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54.

Lord, T. & Orkwiszewski, T. (2006). Moving from didactic to inquiry-based instruction in a science laboratory. *The American Biology Teacher*, 68(6), 342-345.

Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.

NRC. (2000). *The National Science Education Standards* Washington, DC: National Academies Press.

NRC. (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.

Opetushallitus. (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Helsinki: Opetushallitus.

Schwab, J. J. & Brandwein, P. F. (1962). *The teaching of science: The teaching of science as enquiry* (Vol. 253): Harvard University Press.

Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J. & Meisalo, V. (2006). Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, 40(3), 124-129.

Uitto, A., Kärnä, P. & Hakonen, R. (2013). Työ- ja toimintatapojen yhteys biologian osaamiseen ja биологиasta pitämiseen peruskoulussa. *LUMAT*, 1(3), 263-278.