

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Lehtinen, Antti; Nissinen, Kari

Title: Tutkimuksellisuus luonnontieteissä ja sen yhteys luonnontieteelliseen osaamiseen Suomessa

Year: 2018

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat & Suomen kasvatustieteellinen seura, 2018.

Rights: CC BY 4.0

Rights url: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Please cite the original version:

Lehtinen, A., & Nissinen, K. (2018). Tutkimuksellisuus luonnontieteissä ja sen yhteys luonnontieteelliseen osaamiseen Suomessa. In J. Rautopuro, & K. Juuti (Eds.), PISA pintaa syvemältä : PISA 2015 Suomen pääraportti (pp. 175-194). Suomen kasvatustieteellinen seura. Kasvatusalan tutkimuksia, 77. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-5401-82-0>

7. Tutkimuksellisuus luonnontieteissä ja sen yhteys luonnontieteelliseen osaamiseen Suomessa

Johdanto

Tutkimuksellisuuden määritelmä ja sen asema opetussuunnitelmassa

Tutkimuksellisuus (engl. inquiry-based learning/teaching) luonnontieteiden opetuksen alalla tarkoittaa yleisesti opetuksen järjestämisestä samankaltaisten metodien ja prosessien kautta, joita luonnontieteilijät käyttävät uuden tutkimustiedon luomiseen (Keselman 2003). Historiallisesti formaalin luonnontieteiden opetuksen tutkimuksellisuuden isänä pidetään John Deweyä, joka vuonna 1910 korosti, että luonnontieteiden opiskelun tulisi olla muutakin kuin vain faktatiedon oppimista ja enemmän painoarvoa tulisi laittaa luonnontieteisiin liittyvien prosessien ja ajattelutapojen oppimiseen (Dewey 1910). Myöhemmin erityisesti Yhdysvalloissa Joseph

Schwabin (1962) ajatukset siitä, että luonnontieteiden oppimisen tulisi muistuttaa enemmän luonnontieteilijöiden työtä, vaikuttivat suuresti paikallisiin opetussuunnitelmiin. Tässä luvussa käytetään peruskoulun opetussuunnitelman perusteissakin (Opetushallitus 2014) esiintyvää termiä ”tutkimuksellisuus” kuvaamaan luonnontieteiden oppimista, jossa oppilaat aktiivisesti työskentelevät joko käytännön kokeiden tai valmiin aineiston parissa pyrkien näin joko ratkaisemaan luonnontieteellisiä ongelmia tai löytämään erilaisten muuttujien välisen yhteyden.

Luonnontieteissä tutkimuksellisuuden tai tutkivan oppimisen käsitteet eivät ole kansainvälisesti yksiselitteisiä. Jotkut lähteet kuvaavat tutkimuksellisuutta työtapana, joka mukailee luonnontieteen tutkijoiden tapaa toimia (Keselman 2003). Toiset lähteet taas kuvaavat tutkimuksellisuutta erilaisten ajallisten vaiheiden kautta (Bybee 2000; Pedaste ym. 2015; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl 2016). Esimerkiksi Pedaste kollegoineen sisällyttää tutkimuksen vaiheisiin toimintaan orientoitumisen, tutkimusongelman muotoilun, tutkimuksen suorittamisen, johtopäätösten tekemisen sekä tutkimuksen tulosten käsittelyn ja näistä muille viestimisen. Vaikka nämä vaiheet vaikuttavat seuraavan toisiaan, ei niiden välillä tarvitse edetä suoraviivaisesti vaan esimerkiksi tutkimuksen toteuttamisen jälkeen on mahdollista palata muotoilemaan tutkimusongelmaa uudestaan.

Kolmas tapa kuvata tutkimuksellisuuden eri lajeja on käsitellä tutkimusprosessin avoimuutta. Vaikka kokeellinen työskentely on keskeinen osa tutkivaa oppimista luonnontieteissä, pelkät ”keittokirjamaiset” oppilastyöt, joissa tarvittavat menetelmät annetaan oppilaille, eivät aina täytä tutkivan oppimisen tavoitteita (Saari & Sormunen 2007). Tutkimusprosessin avoimuudessa huomiota voi kiinnittää kolmeen seikkaan: 1) kuka (opettaja vai oppilaat) muotoilee tutkimusongelman, 2) kuka päättää tutkimukseen käytettävät metodit ja 3) kuka tulkitsee tutkimuksen tulokset. Näiden kolmen seikan myötä saadaan aikaan neljä eri tutkimusten avoimuuden tasoa (taulukko 1) (Bell, Smetana & Binns 2005). Jo Schwab (1962) esitti ajatuksen samankaltaisesta jaottelusta 1960-luvulla.

Taulukko 1. Tutkimusten avoimuuden eri tasot luonnontieteen opetuksessa (Bell ym. 2005).

	Tutkimusongelman muotoilu	Käytettävät menetelmät	Tulosten tulkinta
Taso 0: Varmistaminen	Opettaja päättää	Opettaja päättää	Opettaja päättää
Taso 1: Strukturoitu	Opettaja päättää	Opettaja päättää	Oppilaat päättävät
Taso 2: Ohjattu	Opettaja päättää	Oppilaat päättävät	Oppilaat päättävät
Taso 3: Avoin	Oppilaat päättävät	Oppilaat päättävät	Oppilaat päättävät

Neljäs tapa kuvata tutkimuksellisuutta on käsitellä sitä erilaisen tieteellisten käytänteiden kautta – mitä oppilaiden tulisi tehdä tutkimusten aikana? Yhdysvaltalaisessa usean kymmenen osavaltion luonnontieteiden opetussuunnitelmien laadintaa ohjaavassa Next Generation Science Standards -asiakirjassa (NGSS Lead States 2013) näitä käytänteitä on lueteltu kahdeksan kappaletta, muun muassa aineiston analysointi ja tulkinta, mallien kehittäminen ja käyttäminen sekä aineiston perusteella argumentointi. Viime aikoina on esitetty argumentteja sille, että luonnontieteiden opettamisen tulisi perustua kokonaisvaltaisen tutkimuksellisuuden sijaan eksplisiittisemmin näiden tiettyjen tieteellisten käytänteiden parissa työskentelemiseen (Osborne 2011; Vorholzer, von Aufschnaiter & Boone 2018).

Kuten aiemmissakin opetussuunnitelman perusteissa, suomalaisissa vuonna 2014 vahvistetuissa peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa tutkimuksellisuudella on luonnontieteellisissä aineissa suuri rooli. Vuosiluokilla 1–2 ja 3–6 ympäristöopin oppiaineessa ”oppilaiden osallisuus ja vuorovaikutus yksinkertaisten tutkimusten suunnittelussa ja toteuttamisessa” kuvataan keskeisenä tavoitteena (Opetushallitus 2014, 133). Vuosiluokilla 1–2 eräs oppiaineen kuudesta sisältöalueesta on nimeltään ”tutkiminen ja kokeileminen” (Opetushallitus 2014, 133) ja vuosiluokilla 3–6 vastaavasti ”Ympäristön tutkiminen” (Opetushallitus 2014, 242). Vuosiluokilla 3–6 ympäristöopin oppiaineessa eräs opetuksen tavoite on ”ohjata oppilasta suunnittelemaan ja toteuttamaan pieniä tutkimuksia, tekemään havaintoja ja mittauksia monipuolisissa oppimisympäristöissä eri aisteja ja tutkimus- ja mittausvälineitä

käyttäen” (Opetushallitus 2014, 240). Täten jo nuorilla oppilailla tavoite on kohti avointa tutkimuksellisuutta (ks. taulukko 1).

Vuosiluokkien 7–9 osalta esimerkiksi fysiikassa tutkimuksellisuutta kuvaillaan monisanaisemmin: ”Fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat luonnosta ja teknologisesta ympäristöstä tehdyt havainnot ja tutkimukset. Tutkimusten tekemisellä on oleellinen merkitys käsitteiden omaksumisessa ja ymmärtämisessä, tutkimisen taitojen oppimisessa ja luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. Tutkimusten tekeminen kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa oppilaita fysiikan opiskeluun.” (Opetushallitus 2014, 389.) Samankaltaiset kuvaukset löytyvät myös kemian, biologian ja maantiedon oppiaineiden osalta. Voidaan siis sanoa, että peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden perusteella luonnontieteellisissä oppiaineissa tiedonhankinnan ja toiminnan tulisi olla tutkimuksellista ja pohjautua oppilaiden aktiiviseen toimintaan.

Tutkimukselliseen toimintaan liittyviä tutkimustuloksia ja opettajan rooli tutkivassa oppimisessa

Kuten aiemmin viitattiin, tutkimuksellisuus luonnontieteissä on määritelty monella eri tavalla eri lähteissä. Tämä määritelmien moninaisuus vaikeuttaa tutkimuksellisuuden tai tutkivan oppimisen vertailua muihin opetusmuotoihin (Blanchard ym. 2010; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs 2012). Silti yleisesti voidaan sanoa, että on olemassa tutkimusnäyttöä siitä, että tutkimuksellisuuden suuntaisilla opetusmetodeilla saavutetaan parempaa luonnontieteellistä osaamista ja asenteita luonnontieteiden oppimista kohtaan kuin muilla opetusmenetelmillä (Blanchard ym. 2010; Furtak ym. 2012; Minner, Levy & Century 2010). Tutkivan oppimisen kriitikot vastustavat menetelmää sen suuren kognitiivisen kuorman takia; kokemattomille oppijoille se soveltuu huonosti (Kirschner, Sweller & Clark 2006). Tämä kritiikki kohdistuu nimenomaan äärimmäisen oppilasjohtoiseen tutkivaan oppimiseen (vrt. tutkimuksen avoimuuden taso 3 taulukossa 1). Abrahams ja Millar (2008) taas kritisoivat opettajien toimia kokeellisen työskentelyn yhteydessä: huo-

miota kiinnitetään enimmäkseen erilaisten objektien kanssa toimimiseen eikä tutkimukselliseen työtapaan tai luonnontieteellisiin käsitteisiin, joita objektien avulla tutkitaan. Kokonaisuutena ja tutkimustulosten tukemana voidaankin todeta, että tutkiva oppiminen vaatii oikeanlaista opettajan tukea parhaiden mahdollisten oppimistulosten saavuttamiseksi (Furtak ym. 2012; Lazonder & Harmsen 2016).

Opettajan tehtävänä on edistää tutkivan oppimisen aikana vuorovaikutusta ja kognitiivisia prosesseja, jotka ovat yhteneviä tutkivan oppimisen periaatteen eli tiedon omakohtaisen tuottamisen kanssa (Oliveira 2010). Opettajan liian autoritäärinen asema, jossa opettaja esittää itsensä tieteellisen tiedon haltijana, ei kannusta oppilaita tuottamaan itse tietoa. Dialogisella otteella luokkahuonevuorovaikutukseen opettaja voi kannustaa oppilaita esittämään omia ajatuksiaan ja tukea heitä näiden tutkimiseen (Mortimer & Scott 2003). Opettajan tulisikin tasapainotella dialogisuuden ja autoritäärisyyden välillä (Lehtinen, Lehesvuori & Viiri 2017; Scott & Ametller 2007). Tällöin oppilailla on mahdollisuus ilmaista omat ajatuksensa ja hypoteesinsa ja mahdollisuuksien mukaan tutkia näitä, mutta opettaja kuitenkin tarvittaessa tarjoaa selityksiä ja pyrkii lähentämään oppilaiden ideoita tieteellistä käsitystä kohti. Muutamissa tutkimuksissa on todettu, että Suomessa autoritäärinen opetus on luonnontieteiden oppitunneilla vallitsevaa ja dialogisuus harvinaista (Lehesvuori, Viiri, Rasku-Puttonen, Moate & Helaakoski 2013; Muhonen, Rasku-Puttonen, Pakarinen, Poikkeus & Lerkkanen 2017).

Tutkimuksellisen työskentelyn mittaaminen PISA 2015 -tutkimuksessa ja aiempia PISA-aineistoilla tehtyjä tutkimuksia

PISA 2015 -tutkimuksessa oppilaiden kokemuksia tutkimuksellisuudesta luonnontieteiden oppitunneilla arvioitiin oppilaskyselyn kautta. Oppilaiden taustakyselyssä heiltä kysyttiin, kuinka usein tiettyjä asioita (esim. ”oppilaat tekevät laboratoriossa käytännön kokeita” tai ”oppilaat saavat itse suunnitella omat tutkimuksensa”)

tapahtuu luonnontieteen oppitunneilla vaihtoehtojen ollessa ”kai-killa tunneilla”, ”useimmilla tunneilla”, ”joillakin tunneilla” ja ”ei koskaan tai tuskin koskaan”. PISA-tutkimuksessa ei siis selvitetty objektiivisesti, mitä oppitunneilla tapahtuu vaan ainoastaan op-pilaiden käsityksiä eri tapahtumien yleisyydestä luonnontieteen oppitunneilla.

Tutkimusten avoimuuden eri tasojen ja erilaisten tutkimuk-sellisuuteen liittyvien oppimis- ja opetusprosessien yhteyttä luonnontieteiden oppimistuloksiin on tutkittu ennenkin PISA-aineistoista. Lavonen ja Laaksonen (2009) tutkivat Suomen PISA 2006 -aineistosta erilaisten oppilaiden raportoimien opetusmene-telmien ja työtapojen yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen. Opettajajohtoiset demonstraatiot, opettajan suunnittelema kokeel-linen työskentely ja johtopäätösten tekeminen olivat yhteydessä parempaan luonnontieteelliseen osaamiseen, kun taas väittelyt ja oppilaiden suunnittelemat tutkimukset olivat yhteydessä huonom-paan luonnontieteelliseen osaamiseen. Samoin Kang ja Keinonen (2017) tutkivat erilaisten opetusmenetelmien yhteyttä luonnontie-teelliseen osaamiseen Suomen PISA 2006 -aineistosta. Heidän tu-lostensa mukaan avoimet tutkimukset, jossa oppilaat saavat itse suunnitella tutkimuksensa, ennusti heikompaa luonnontieteellistä osaamista, kun taas opettajajohtoiset eli opettajan suunnittelemat tutkimukset ennustivat parempaa luonnontieteellistä osaamista.

Kansainvälisestä PISA 2006 -aineistosta taasen Jiang ja McComas (2015) tutkivat tutkimusten eri avoimuuden tasojen (taulukko 1) yhteyttä oppilaiden luonnontieteelliseen osaamiseen ja kiinnostukseen luonnontieteitä kohtaan. Parhaat oppimistulok-set saavutettiin tason 1 tutkimuksilla; sekä tätä avoimemmat että suljetummat tutkimukset tuottivat heikompia tuloksia. Kiinnostus luonnontieteisiin taas oli sitä suurempaa, mitä avoimempaa tut-kiva oppiminen oppilaiden mielestä oli. Gee ja Wong (2012) sel-vittivät tutkivan oppimisen yhteyttä luonnontieteelliseen osaami-seen kahdeksan eri maan (mm. Suomen) PISA 2006 -aineistosta. PISA 2006 -tutkimuksessa oppilaskyselyn luonnontieteiden ope-tusta koskevista 14 väittämästä oli rakennettu neljä standardoi-tua indeksiä, jotka edustivat tutkimuksellisen työskentelyn eri osa-

alueiden yleisyyttä luonnontieteiden oppitunneilla: *käsitteiden soveltaminen, kokeellinen työskentely, vuorovaikutus* ja *omat tutkimukset*. Gee ja Wong selvittivät kaksitasoisella regressiomallilla, miten nämä indeksit selittivät luonnontieteellistä osaamista PISA-kokeessa. Tulosten mukaan oppilaat, jotka kokivat, että he toteuttavat useammin itse suunnittelemaansa tutkimuksia, olivat keskimäärin muita heikompia luonnontieteelliseltä osaamiseltaan. Samoin oppilaat, jotka raportoivat, että luonnontieteiden oppitunneilla opettaja kertoo käsitteiden soveltamisesta, olivat keskimäärin muita parempia luonnontieteelliseltä osaamiseltaan. Yhteenvedona voidaan todeta, että luonnontieteellisen osaamisen suhteen PISA 2006 -aineistossa oppilasjohtoiset tutkimukset eli tutkimukset, jotka olivat oppilaiden suunnittelema, olivat yhteydessä heikompaan luonnontieteelliseen osaamiseen, kun taas opettajan osallistumisen tutkimukselliseen työskentelyyn oli yhteydessä parempaan luonnontieteelliseen osaamiseen.

Tutkimuskysymykset ja metodit

Tässä artikkelissa tarkastellaan oppilaiden raportoiman tutkimuksellisen työskentelyn yleisyyden yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen Suomen PISA 2015 -aineistossa. Vuosien 2006 ja 2015 oppilaskyselyissä luonnontieteiden opetusta koskevat väittämät eivät valitettavasti olleet täysin samat. Vuonna 2006 käytetyistä 14 väittämästä oli vuoden 2015 kyselyssä jäljellä vain kahdeksan. Luultavasti väittämien vähäisestä määrästä johtuen vuoden 2015 aineistoon ei myöskään ollut laskettu samanlaisia luonnontieteiden tunneilla käytettyjen työskentelytapojen yleisyyttä mittaavia indeksejä kuin vuoden 2006 aineistoon.

Oppilaskyselyssä tapahtuneista muutoksista huolimatta haluttiin tutkia, oliko vuoden 2015 väittämistä mahdollista muodostaa PISA 2006:n kaltaiset tutkimuksellisen työskentelyn indeksit; yhtenä pyrkimyksenä oli saada Geen ja Wongin (2012) artikkelin kanssa vertailukelpoinen analyysi. Asiaa tarkasteltiin Suomen PISA-aineistolle suoritettulla eksploratiivisella faktorianalyysillä

(iteratiivinen pääakselifaktorointi, Promax-rotatio). Osoittautui, että väittämät eivät ryhmittyneet vuoden 2015 suomalaisessa aineistossa neljäksi tutkimuksellisen työskentelyn dimensioksi aivan PISA 2006:n indeksiin mukaisella tavalla. Faktorit 2 ja 3 vastasivat PISA-indeksejä *käsitteiden soveltaminen* ja *kokeellinen työskentely* täsmälleen (taulukko 2). Faktori 1 oli muuten sama kuin *omat tutkimukset* -indeksi, mutta siihen tuli ylimääräisenä mukaan aiemmin *vuorovaikutus*-indeksiin kuulunut väittelyjä koskeva väittämä. Toinen *vuorovaikutus*-dimensioon kuulunut väittämä ”oppilaiden selittäminen” muodosti puolestaan faktorin 4 yksinään.

Faktorianalyysin perusteella luonnontieteellisen osaamisen selittäjinä päätettiin käyttää jatkoanalyysissä vuoden 2006 PISA-indeksiin sijasta viittä tutkimuksellisen työskentelyn esiintymistä mittaavaa dimensiota tai osatekijää: *omat tutkimukset* (johon väittelyjä koskevaa väittämää ei otettu mukaan), *kokeellinen työskentely*, *opettajan selittäminen*, *väittely* ja *oppilaan selittäminen*. Näistä kolme ensimmäistä vastaavat PISA 2006:n indeksejä (faktori *käsitteiden soveltaminen* nimettiin uudelleen sitä paremmin

Taulukko 2. Tutkivaa oppimista ja tutkimuksellisuutta koskeville väittämille saatu neljän faktorin Promax-rotatioitu ratkaisu. Itseisarvoltaan arvoa 0,2 pienempiä faktorilatauksia ei ole esitetty.

Väittämä	Faktori 1	Faktori 2	Faktori 3	Faktori 4
Oppilaat saavat itse suunnitella omat tutkimuksensa.	0,76			
Oppilaita pyydetään suorittamaan tutkimus omien ideoidensa testaamiseksi.	0,64			
Oppilaat tekevät laboratoriossa käytännön kokeita.		0,59		
Oppilaita pyydetään tekemään johtopäätöksiä tekemästään kokeesta.		0,78		
Opettaja selittää, miten jotakin luonnontiede-aineisiin liittyvää ideaa voidaan soveltaa useisiin eri ilmiöihin.			0,41	
Opettaja esittää selkeällä tavalla luonnontieteellisten käsitteiden keskeisen aseman elämässämme.			0,80	
Tutkimuksista käydään väittelyjä luokassa.	0,73			
Oppilaille annetaan tilaisuuksia selittää omia ajatuksiaan.				0,50

kuvaavalla nimellä *opettajan selittäminen*), kun taas väittelyjä ja oppilaan selittämistä koskevia väittämiä käsitellään jatkossa omina muuttujinaan. Nämä viisi osatekijää ja ne PISA 2015 -oppilaskyselyn väittämät, joihin ne pohjautuvat, ovat koottuna taulukkoon 3. Analyysiä varten väittämiä vastaavien muuttujien arvot koodattiin uudelleen välille 0–3 siten, että 0 = ”ei koskaan tai tuskin koskaan” ja 3 = ”kaikilla tunteilla”. Kahdesta väittämästä koostuvat osatekijät *omat tutkimukset*, *kokeellinen työskentely* ja *opettajan selittäminen* määriteltiin näiden väittämien keskiarvomuuttujina. Siten kaikkien osatekijämuuttujien vaihteluväli on sama 0–3.

Tutkimuskysymykset kuuluvat seuraavasti:

- 1) Kuinka usein tutkimuksellista työskentelyä (omat tutkimukset, kokeellinen työskentely, opettajan selittäminen, väittely, oppilaan selittäminen) esiintyy luonnontieteiden oppitunneilla suomalaisten yhdeksäsluokkalaisten raportoimina?
- 2) Mikä on tutkimuksellisen työskentelyn yleisyyden yhteys oppilaiden luonnontieteelliseen osaamiseen?

Taulukko 3. Tutkimuksessa käytetyt tutkimuksellisen työskentelyn osatekijät ja väittämät, joista ne muodostuvat.

Ostatekijän nimi ja sen kuvaus	Ostatekijän muodostavat väittämät PISA 2015 -oppilaskyselyssä
Omat tutkimukset (Oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen omien ideoidensa pohjalta)	Oppilaat saavat itse suunnitella omat tutkimuksensa. Oppilaita pyydetään suorittamaan tutkimus omien ideoidensa testaamiseksi.
Kokeellinen työskentely (Oppilaat tekevät kokeita ja tekevät niistä johtopäätöksiä)	Oppilaat tekevät laboratoriossa käytännön kokeita. Oppilaita pyydetään tekemään johtopäätöksiä tekemästään kokeesta.
Opettajan selittäminen (Opettaja kertoo tutkimuksen kannalta tärkeitä käsitteistä)	Opettaja selittää, miten jotakin luonnontiedeaineisiin liittyvää ideaa voidaan soveltaa useisiin eri ilmiöihin. Opettaja esittää selkeällä tavalla luonnontieteellisten käsitteiden keskeisen aseman elämässämme.
Väittely (Oppilaat väittelevät johtopäätöksistään)	Tutkimuksista käydään väittelyjä luokassa.
Oppilaan selittäminen (Oppilaat voivat ilmaista omia ajatuksiaan)	Oppilaille annetaan tilaisuuksia selittää omia ajatuksiaan.

Geen ja Wongin edellä mainittua artikkelia seuraten analyyseissä kontrolloitiin mahdollisina väliin tulevina taustatekijöinä oppilaan sukupuoli, hänen (perheensä) sosioekonominen status sekä opetusryhmän koko. Oppilaan sukupuoli ja perheen sosioekonominen status ovat yleisesti tutkittuja oppimistulosten selittäjiä. Opetusryhmän koolla voi olla yhteyttä siihen, millaiset mahdollisuudet opettajalla on toteuttaa luokassa tutkivaa oppimista. Sosioekonomisen taustan mittarina käytettiin PISA-tutkimuksissa yleisesti käytettyä ESCS-indeksiä (PISA Index of Economic, Social and Cultural Status) (OECD 2016, 205). ESCS on koostettu useista oppilaskyselyn taustamuuttujista, muun muassa vanhempien koulutustaustasta ja ammattiasemasta sekä joukosta kodin materiaalista varallisuutta (esim. perheen omistamien autojen lukumäärä) ja kulttuurista pääomaa (esim. kodissa olevan kirjallisuuden määrä) kuvaavia muuttujia. Opetusryhmän koon mittarina käytettiin koulun rehtorilta saatua arviota koulun opetusryhmien keskimääräisestä oppilasmäärästä (oppiaineesta riippumatta). Se ei siten kerro täsmälleen, kuinka suuria olivat luonnontieteellisten aineiden opetusryhmät. PISA 2015 -aineistossa ei ole muuttujaa, joka olisi suoraan kuvannut luonnontieteiden opetusryhmien kokoa.

Taulukosta 4 nähdään, että poikia suomalaisessa PISA 2015 -aineistossa oli 51 prosenttia, ja keskimääräinen opetusryhmän koko oli noin 19 oppilasta. ESCS-indeksin keskiarvo oli 0,28, mikä tarkoittaa jonkin verran OECD:n keskitasoa korkeampaa sosioekonomista tasoa (ESCS-indeksi on standardoitu siten, että sen OECD-maista laskettu kansainvälinen keskiarvo on nolla ja keskihajonta yksi).

Tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden yleisyyttä suomalaisilla luonnontieteiden oppitunneilla tutkittiin prosenttijakau-

Taulukko 4. Sukupuolen, sosioekonomisen aseman (ESCS) ja opetusryhmän koon perustunnuslukuja.

Muuttuja	Keskiarvo	Keskihajonta	Minimi	Maksimi	n
Sukupuoli poika	0,51	0,50	0	1	5 100
ESCS	0,28	0,74	-4,11	3,57	5 045
Opetusryhmän koko	19,1	2,9	13	28	5 067

mien ja muiden tilastollisten perustunnuslukujen avulla. Eri osatekijöiden välille laskettiin myös Pearsonin korrelaatiokertoimet. Osatekijöiden ja väliin tulevien taustamuuttujien yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen tutkittiin lineaarisen regressioanalyysin avulla.

Kaikissa tilastollisissa analyyseissä käytettiin OECD:n suosittelemaa PISA-tutkimusten kaksivaiheiseen (kouluotanta – oppilaso-otanta) otanta-asetelmaan sovitettua metodologiaa. Kaikki laskennat suoritettiin käyttämällä asetelman mukaisia otantapainoja. Oppilaiden luonnontieteellistä osaamista mitattiin PISA-aineistosta löytyvien ns. plausible value -lukujen (joista myös viralliset PISA-pistemäärät lasketaan) avulla. Regressiokerrointen estimaattien keskivirheet estimoitiin asetelmaperusteisella Fay-modifioidulla Balanced Repeated Replication (BRR) -menetelmällä. Kattava kokonaisuus tästä metodologiasta on OECD:n julkaisemassa PISA-aineistojen data-analyysioppaassa (OECD 2009). Laskentatyökaluna käytettiin PISA 2015 -datan analysointiin sopiviksi muokattuja, australialaisen ACER-tutkimuslaitoksen tuottamia aiempien PISA-kierrosten aineistoille alun perin tarkoitettuja SAS-makroja. Näistä makroista saa tarkempaa tietoa mainitusta data-analyysioppaasta, ja ne ovat vapaasti ladattavissa OECD:n PISA-verkkosivuilta (http://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-data-analysis-manual-sas-second-edition/sas-macro_9789264056251-18-en).

Tulokset

Taulukossa 5 on esitetty Suomen yhdeksäsluokkalaisten oppilaskyselyaineistosta (n = 5 100, kun puuttuvia tietoja ei huomioida) saatuja tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöitä kuvaavia tunnuslukuja. Luvut kuvaavat osatekijöiden yleisyyttä suomalaisilla luonnontieteen oppitunneilla oppilaiden raportoimana. Vastausvaihtoehtojen ”kaikilla tunneilla” ja ”useimmilla tunneilla” prosenttiosuudet on yhdistetty taulukossa samaan sarakkeeseen. Taulukossa 6 on esitetty osatekijöiden väliset korrelaatiot.

Taulukko 5. Tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden yleisyys luonnontieteen oppitunneilla Suomessa.

Ostatekijä	Kaikilla (3) tai useimmilla (2)	Joillakin (1)	Ei koskaan tai tuskin koskaan (0)	Keskiarvo	Keskiahajonta	n
Omat tutkimukset	4,8 %	16,8 %	78,4 %	0,41	0,60	4 859
Kokeellinen työskentely	18,2 %	49,9 %	31,9 %	1,08	0,70	4 885
Opettajan selittäminen	39,3 %	45,9 %	14,8 %	1,51	0,77	4 887
Väittely	11,8 %	30,5 %	57,7 %	0,57	0,77	4 801
Oppilaan selittäminen	72,0 %	22,5 %	5,5 %	1,97	0,87	4 864

Taulukon 5 mukaan tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöistä suomalaisten 9.-luokkalaisten kokemana yleisimpiä ovat mahdollisuus omien ajatusten selittämiseen ja se, että opettaja selittää heille tärkeistä käsitteistä sekä niiden soveltamisesta. Erityisesti oppilaiden itse suunnittelemien tutkimusten toteutus ja koko luokan yhteinen väittely ovat harvinaisia.

Ostatekijöiden väliset korrelaatiot ovat kaikki positiivisia (taulukko 6). Siten osatekijät eivät näytä olevan toisiaan poissulkevia. Voimakkain korrelaatio oli oppilaiden itse suunnittelemien tutkimusten ja väittelyn välillä, joten luokissa, joissa oppilaat tekevät omia tutkimuksia, käydään usein myös väittelyjä (joskin nämä työskentelymuodot ovat kokonaisuutena melko harvinaisia). Myös opettajan selittämisen ja kokeellisen työskentelyn korrelaatio oli melko voimakas. Molemmissa näistä osatekijöistä opettajan rooli on vahvempi joko tutkimusten suunnittelijana tai käsitteiden selittäjänä. Matalimmat korrelaatiot havaittiin omien tutkimusten ja oppilaiden selittämisen sekä väittelyn ja oppilaiden selittämisen välillä.

Taulukko 6. Tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden väliset korrelaatiot.

Ostatekijä	Omat tutkimukset	Kokeellinen työskentely	Käsitteiden soveltaminen	Väittely	Selittäminen
Omat tutkimukset	1				
Kokeellinen työskentely	0,43	1			
Opettajan selittäminen	0,36	0,51	1		
Väittely	0,62	0,39	0,35	1	
Oppilaan selittäminen	0,21	0,28	0,41	0,23	1

Seuraavaksi aineistoon sovitettiin lineaarinen regressiomalli, jossa oppilaiden luonnontieteellistä osaamista (PISA-pistemäärää) selitettiin taulukon 3 viidellä tutkimuksellisen työskentelyn osatekijällä. Saadut estimointitulokset ovat taulukossa 7. Mallin selitysaste oli 15,4 prosenttia.

Usein tapahtuvalla kokeellisella työskentelyllä ja opettajan selittämällä oli mallin mukaan selkeä positiivinen yhteys luonnontieteelliseen osaamiseen. Sen sijaan oppilaan itse suunnittelemien tutkimusten tekemisen ja luokassa tapahtuvan väittelyn yleisyydellä oli vahvasti negatiivinen yhteys osaamiseen. On merkille pantavaa, että kokeellinen työskentely ja omat tutkimukset näyttävät vaikuttavan vastakkaisiin suuntiin. Tätä voisi tulkita siten, että oppimisen kannalta on hyvä, että kokeellista työskentelyä tapahtuu luokissa paljon, mutta jos se on kovin usein oppilaan itse suunnittelemaa, siitä ei saada parasta mahdollista hyötyä. Väittelyn negatiivinen yhteys voisi selittyä sillä, että kovin usein oppitunneilla tapahtuva väittely vie aikaa oppimisen kannalta tehokkaammilta työmuodoilta. Tosin oppilaiden omien tutkimusten tekemistä ja väittelyä ei aineiston mukaan tapahdu suomalaisluokissa usein, joten evidenssi niiden negatiivisesta yhteydestä oppimistuloksiin ei ole aivan kiistatonta.

Oppilaan omien ajatusten selittämällä ei ollut merkitsevää yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen. Tämän taustalla voisi olla omien ajatusten selittämisen yleisyys, sillä vain 5,5 prosent-

Taulukko 7. Luonnontieteellistä osaamista tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöillä selittävä lineaarinen regressiomalli (n = 4 784). Beta = standardoitu regressiokerroin.

Ostatekijä	Regressio-kerroin	Keskivirhe	t-arvo	p-arvo	Beta
Vakiotermi	505,07	4,19	120,65	<0,001	
Omat tutkimukset	-39,03	2,77	-14,11	<0,001	-0,25
Kokeellinen työskentely	30,42	2,50	12,16	<0,001	0,23
Opettajan selittäminen	22,90	2,19	10,45	<0,001	0,19
Väittely	-22,42	2,18	-10,27	<0,001	-0,19
Oppilaan selittäminen	-0,39	1,54	-0,25	ns	-0,01

tia oppilaista ilmoitti, ettei luonnontieteiden oppitunneilla ole tällaiseen tilaisuutta. Siten omien ajatusten selittämisen mahdollisuus ei tutkimuksellisen työskentelyn muotona juurikaan ”erottele” oppilaita.

Regressioanalyysin tuloksia saattaa sekoittaa selittävien muuttujien, tässä tapauksessa tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden välinen korrelointi eli multikollineaarisuus (vrt. taulukko 6). Sen vuoksi kutakin muuttujaa kokeiltiin myös yksinään, luonnontieteellisen osaamisen ainoana selittäjänä. Numeerisia tuloksia ei esitetä tässä, mutta ne olivat lähellä taulukon 7 monimuuttujaregression tuloksia: kokeellinen työskentely ja opettajan selittäminen olivat näissäkin analyyseissä vahvoja positiivisia selittäjiä, kun taas omat tutkimukset ja väittely olivat vahvoja negatiivisia selittäjiä. Oppilaan selittämisellä oli heikko, mutta merkitsevä ($p < 0,01$) positiivinen yhteys osaamiseen. Monimuuttujaregressiossa, jossa muut osatekijät oli vakioitu, tämä yhteys hävisi. Oppilaan selittämistä lukuun ottamatta tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden kyky ennustaa luonnontieteellistä osaamista ei siis näyttänyt riippuvan siitä, oliko muiden osatekijöiden vaikutus kontrolloitu vai ei.

Taulukon 7 regressiomallin lisäksi aineistoon sovitettiin malli, johon lisättiin kontrolloitaviksi taustamuuttujiksi oppilaan sukupuoli, sosioekonominen asema ja opetusryhmien keskimääräinen koko. Saadut tulokset ovat taulukossa 8. Tämän mallin selitysaste oli 21,0 prosenttia, joten taustamuuttujien mukaan ottaminen nosti selitysastetta runsaat 5 prosenttiyksikköä.

Taustamuuttujien mukaan ottaminen ei muuttanut tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden roolia olennaisesti. Regressioerrointen itseisarvot pienenivät jonkin verran (eniten kokeellisen työskentelyn kohdalla), mutta kokeellisen työskentelyn ja opettajan selittämisen yhteys osaamiseen oli edelleen positiivinen ja omien tutkimusten ja väittelyn yhteys edelleen negatiivinen. Oppilaan mahdollisuudella selittää omia ajatuksia ei edelleenkään ollut merkitsevää yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen.

Kontrolloitavista taustatekijöistä ainoastaan sosioekonomisella asemalla oli merkittävä yhteys luonnontieteiden oppimistuloksiin.

Taulukko 8. Luonnontieteellistä osaamista tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöillä selittävä lineaarinen regressiomalli, jossa oppilaan sukupuolen, sosioekonomisen aseman ja opetusryhmän koon vaikutus on kontrolloitu (n = 4 751). Beta = standardoitu regressiokerroin.

Ostatekijä	Regressio-kerroin	Keski- virhe	t-arvo	p-arvo	Beta
Vakiotermi	497,13	12,95	38,40	<0,001	
Omat tutkimukset	-37,02	2,80	-13,22	<0,001	-0,25
Kokeellinen työskentely	25,79	2,46	10,51	<0,001	0,23
Opettajan selittäminen	20,67	2,15	9,63	<0,001	0,19
Väittely	-21,09	2,20	-9,56	<0,001	-0,19
Oppilaan selittäminen	-0,62	1,45	-0,43	ns	-0,01
Sukupuoli poika	-0,28	2,55	-0,11	ns	-0,00
Sosioekonominen asema	30,13	2,04	14,77	<0,001	0,24
Opetusryhmän koko	0,33	0,65	0,51	ns	0,01

Kohonnut selitysaste on siis olennaisesti seurausta sosioekonomisen aseman huomioon ottamisesta. Sukupuolen ja opetusryhmän koon vaikutus oli lähellä nollaa. Se, ettei sukupuolen vaikutus ollut mallissa merkitsevä, on odotuksiin nähden yllättävää, koska alkuperäisissä PISA-tuloksissa sukupuoliero luonnontieteellisessä osaamisessa oli huomattava tyttöjen eduksi (Vettenranta ym. 2016). Tutkimukselliseen työskentelyyn liittyvien muuttujien mukana olo regressiomallissa siis hävitti sukupuolten välisen osaamiseron. Eräs mahdollinen selitys tälle on, että tytöt ja pojat ovat kokeneet tutkimuksellisten työskentelytapojen yleisyyden eri tavalla tai ainakin ovat vastanneet tätä koskeviin kysymyksiin olennaisesti eri tavalla. Kun tutkimuksellisen työskentelyn yleisyyttä tarkasteltiin sukupuolittain, osoittautuikin, että poikien mukaan omat tutkimukset ja luokassa tapahtuva väittely ovat merkitsevästi yleisempiä työskentelytapoja kuin tyttöjen mukaan. Tytöille ja pojille erikseen lasketut regressiomallit osoittivat kuitenkin, että tutkimuksellisen työskentelyn osatekijöiden yhteydet luonnontieteelliseen osaamiseen olivat samanlaiset molemmilla sukupuolilla: vakiotermiä lukuun ottamatta tyttöjen ja poikien mallit eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Taulukoiden 7 ja 8 malleilla saadut päätelmät pätevät siten yhtä lailla tytöille ja pojille.

Johtopäätökset

Tämän artikkelin tarkoituksena oli selvittää tutkimuksellisen työskentelyn yleisyyttä luonnontieteiden oppitunneilla suomalaisten 9.-luokkalaisten kokemina sekä tutkia siihen liittyvien osatekijöiden yhteyttä oppilaiden luonnontieteelliseen osaamiseen. Tulosten mukaan oppilaiden raportoimat itse suunnittelemansa ja toteuttamansa tutkimukset sekä luokassa käydyt väittelyt olivat yhteydessä heikompaan luonnontieteelliseen osaamiseen. Tosin oppilaiden kokemusten mukaan nämä työskentelytavat olivat harvinaisia suomalaisilla luonnontieteiden oppitunneilla. Kokeelliset työt ja johtopäätösten tekeminen niistä sekä opettajan selitykset erilaisen käsitteiden soveltamisesta taasen olivat yhteydessä parempaan luonnontieteelliseen osaamiseen. Näistä erityisesti opettajan selitykset käsitteiden soveltamisesta ovat luonnontieteiden oppitunneilla oppilaiden mukaan melko yleisiä. Kaiken kaikkiaan tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaisia kuin aiempien PISA-aineistojen analyyseistä saadut tulokset (Gee & Wong 2012; Jiang & McComas 2015; Kang & Keinonen 2017; Lavonen & Laaksonen 2009).

Tulosten perusteella voidaan arvioida, että avoimuustasoille 2 tai 3 sijoittuvien tutkimusten (ks. taulukko 1) käyttämistä ei voida perustella ainakaan luonnontieteellisen osaamisen edistämisen perusteella. Sen sijaan tutkimukset, joissa opettaja toimii oppilaiden tukijana ja tutkimusten suunnittelijana, ovat kannustettavia verrattuna sellaisiin tutkimuksiin, joissa oppilailla on vastuu tutkimustensa suunnittelusta ja toteutuksesta. Suomalaisoppilaiden vastausten mukaan tämänkaltaiset avoimemmat tutkimukset ovat oppitunneilla harvinaisia. Tämä seikka vaikuttaa osaltaan tästä tuloksesta tehtäviin johtopäätöksiin. Yleisesti tämä toteamus on linjassa aiempien analyyysien tulosten kanssa (Furtak ym. 2012; Lazonder & Harmsen 2016). Tutkimusten suunnittelu ja johtopäätösten tekeminen niistä ovat monimutkaisia prosesseja, joita joko opettajan tai oppimisympäristön (esim. oheismateriaalin tai käytettävän TVT-ympäristön) tulee tukea (de Jong & van Joolingen 1998; Lazonder & Harmsen 2016; Lehtinen & Viiri 2017).

Tässä artikkelissa esitelty pelkästään tutkimuksellisen työskentelyn osatekijät huomioon ottava lineaarinen regressiomalli selitti luonnontieteellisen osaamisen vaihtelusta vain 15 prosenttia. Edes taustamuuttujat mukaan ottamalla selitysaste ei kohonnut kuin 21 prosenttiin. Suurinta osaa luonnontieteellisen osaamisen vaihtelusta ei voida palauttaa PISA-tutkimuksessa mitattuihin muuttujiin, vaan se liittyy sellaisiin yksilöllisiin tekijöihin, joista havaintoaineistossa ei ole tietoja. Taustamuuttujista oppilaiden luonnontieteellistä osaamista selitti ainoastaan perheen sosioekonominen asema. Suomessa oppilaan perheen sosioekonomisen aseman ja luonnontieteellisen osaamisen välinen yhteys on voimistunut vuodesta 2006 vuoteen 2015 ja on nykyisin, toisin kuin aikaisemmin, hieman suurempi kuin OECD-maissa keskimäärin (Vettenranta ym. 2016).

Oppilaiden sukupuolella ei ollut yhteyttä luonnontieteelliseen osaamiseen mallissa, jossa olivat mukana myös tutkimukselliseen työskentelyyn liittyvät osatekijät. Kuitenkin luonnontieteellisen osaamisen yleisten PISA-tulosten mukaan Suomessa tytöt menestyivät keskimäärin poikia paremmin (Vettenranta ym. 2016). Näiden tulosten eroja selittää ainakin laskennallisesti se, että poikien oman ilmoituksen mukaan heidän luokissaan esiintyy tyttöjen ilmoittamaa useammin luonnontieteiden oppimista heikosti tukevia tutkivan oppimisen muotoja. Toisin sanoen poikien mukaan tunneilla suunnitellaan ja suoritetaan omia tutkimuksia ja heidän luokissaan käydään väittelyjä useammin kuin tyttöjen mukaan. Tämän eron syitä olisi hyödyllistä selvittää tarkemmin esimerkiksi tutkimalla oppilaiden oppituntikäsitusten ja luonnontieteiden oppituntien tapahtumien vastaavuutta videointien avulla. On mahdollista, että eri oppilaat mieltävät samanlaisen opetuksen eri tavalla, mikä taas heikentää oppilaiden kyselyihin antamien vastausten käyttökelpoisuutta erilaisten opetus- ja oppimistapojen vertailussa. Tätä asiaa olisi hyvä tutkia edelleen.

Lähteet

- Abrahams, I. & Millar, R. 2008. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education* 30 (14), 1945–1969.
- Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. 2005. Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *Science Teacher* 72 (7), 30.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. 2010. Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education* 94 (4), 577–616.
- Bybee, R. 2000. Teaching science as inquiry. Teoksessa J. Minstrell & E. H. Van Zee (toim.) *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington: Washington, DC: AAAS, 20–46.
- Dewey, J. 1910. *How we think*. Chicago: D.C. Heath & Co.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. 2012. Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching a meta-analysis. *Review of Educational Research* 82 (3), 300–329.
- Gee, K. A. & Wong, K. K. 2012. A cross national examination of inquiry and its relationship to student performance in science: Evidence from the program for international student assessment (PISA) 2006. *International Journal of Educational Research* 53, 303–318.
- Jiang, F. & McComas, W. F. 2015. The effects of inquiry teaching on student science achievement and attitudes: Evidence from propensity score analysis of PISA data. *International Journal of Science Education* 37 (3), 554–576.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. 1998. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research* 68 (2), 179–201.
- Kang, J. & Keinonen, T. 2017. The effect of student-centered approaches on students' interest and achievement in science: Relevant topic-based, open and guided inquiry-based, and discussion-based approaches. *Research in Science Education* 1–21.
- Keselman, A. 2003. Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (9), 898–921.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. 2006. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41 (2), 75–86.
- 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.
- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. 2016. Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research* 86 (3), 681–718.

- Lehesvuori, S., Viiri, J., Rasku-Puttonen, H., Moate, J. & Helaakoski, J. 2013. Visualizing communication structures in science classrooms: Tracing cumulative in teacher-led whole class discussions. *Journal of Research in Science Teaching* 50 (8), 912–939.
- Lehtinen, A., Lehesvuori, S. & Viiri, J. 2017. The connection between forms of guidance for inquiry-based learning and the communicative approaches applied – a case study in the context of pre-service teachers. *Research in Science Education* 1–20.
- Lehtinen, A. & Viiri, J. 2017. Guidance provided by teacher and simulation for inquiry-based learning: A case study. *Journal of Science Education and Technology* 26 (2), 193–206.
- 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.
- Mortimer, E. & Scott, P. 2003. *Meaning making in secondary science classrooms*. (1. painos). Philadelphia, USA: McGraw-Hill International.
- Muhonen, H., Rasku-Puttonen, H., Pakarinen, E., Poikkeus, A. & Lerkkanen, M. 2017. Knowledge-building patterns in educational dialogue. *International Journal of Educational Research* 81, 25–37.
- NGSS Lead States. 2013. *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- OECD. 2009. *PISA data analysis manual*. SAS second edition. Paris: OECD Publishing. DOI:10.1787/9789264056251-en
- OECD. 2016. *PISA 2015 results (volume I): Excellence and equity in education*. Paris: OECD Publishing. DOI:10.1787/9789264266490-en
- Oliveira, A. W. 2010. Improving teacher questioning in science inquiry discussions through professional development. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (4), 422–453.
- Opetushallitus. 2014. *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*.
- Osborne, J. 2011. Science teaching methods: A rationale for practices. *School Science Review* 93 (343), 93–103.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, T., Van Riesen, S., Kamp, E., Tsourlidaki, E. 2015. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* 14, 47–61.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. 2016. Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education* 52 (2), 161–197.
- Saari, H. & Sormunen, K. 2007. *Implementation of teaching methods in school science*. Teoksessa E. Pehkonen, M. Ahtee & J. Lavonen (toim.) *How Finns learn mathematics and science*. Rotterdam, the Netherlands: Sense Publishers, 215–228.
- Schwab, J. J. 1962. *Teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Scott, P. & Ametller, J. 2007. Teaching science in a meaningful way: Striking a balance between “opening up” and “closing down” classroom talk. *School Science Review* 88 (324), 77–83.

- Vettenranta, J., Välijärvi, J., Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J., Leino, K., Vainikainen, M. 2016. PISA 15 ensituloksia. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2016:41. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-436-8>. (Luettu 15.09.2017.)
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W. J. 2018. Fostering upper secondary students' ability to engage in practices of scientific investigation: A comparative analysis of an explicit and an implicit instructional approach. *Research in Science Education*, 1–27.