

Verkkopohjaista tiedekasvatusoppimateriaalia rakentamassa – synteessin luominen sisällön, pedagogiikan ja teknologian (TPACK) välille

Krista Koskelo & Virpi Kaisto

Tiedekasvatus ja sähköinen oppimateriaali kuuluvat 2010-luvun avainkäsitteisiin puhuttaessa koulutuksen ja opetuksen mukauttamisesta muuttuvan yhteiskunnan ja tulevaisuuden tarpeisiin. Tässä artikkelissa tarkastelemme, millaisia tekijöitä verkkopohjaista tiedekasvatusoppimateriaalia kehitettäessä tulee huomioida. Artikkelin tutkimusaineisto kerättiin RajatOn-hankkeessa, jossa tuotettiin vuosina 2014–2015 verkkopohjaista tiedekasvatusoppimateriaalia rajojen tutkimiseen. .

Johdanto

Vuonna 2013 Opetus- ja kulttuuriministeriö perusti työryhmän laatimaan tiedekasvatuksen kansallisia kehittämissuunnitelmia. Työryhmän raportissa *Suomi tiedekasvatuksessa maailman kärkeen 2020* tiedekasvatus nähtiin keinona edistää Suomen kansallista menestystä maailmantaloudessa. Raportissa todettiin, että tiedekasvatusalalla tuetaan Suomen osaamisperustaista kasvua ja vastataan Jyrki Kataisen hallitusohjelman tavoitteeseen nostaa suomalaiset maailman osaavimmaksi kansaksi vuoteen 2020 mennessä. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a.)

Tiedekasvatukselle asetettiin kovat tavoitteet. Tavoitteiden edistämiseksi Opetus- ja kulttuuriministeriö (2014a, 44–50) antoi konkreettisia toimenpide-ehdotuksia, jotka koskivat niin formaaleja kuin informaaleja toimijoita: opetussuunnitelman mukaista koulutyötä, opettajankoulutusta, tiedekilpailuja, -kerhoja ja -tapahtumia, korkeakoulujen ja koulujen välistä yhteistyötä, työelämään tutustumista sekä oppimisympäristöjä ja oppimateriaaleja. Raportin valmisteluvaiheessa pidetyissä työpajoissa nähtiin haasteena tiedekasvatukseen soveltuvien oppimateriaalien kehittäminen ja suoranaisten puute (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a, 68, 70). Tiedekasvatusmateriaalin laatijoille ministeriön raportti ei tarjoa käytännön tukea. Materiaalin laatijat kohtaavatkin haasteen, miten kehittää valtakunnallisia tavoitteita tukevaa tiedekasvatusmateriaalia. Miten tiedekasvatusmateriaali eroaa tavallisesta oppimateriaalista, ja miten tieteen näkökulma voidaan rakentaa materiaaliin?

Materiaalin laatimisessa on avainasemassa tiedekasvatuksen käsitteen määrittely. *Suomi tiedekasvatuksessa maailman kärkeen 2020* -raportissa tiedekasvatus määritellään tiedeosaamisen vahvistamisena. Tiedeosaaminen on koulutuksella hankittua tiedollista ja taidollista perusosaamista. Se on kykyä ja kiinnostusta hankkia, käsitellä sekä arvioida uutta tietoa ja seurata tieteellistä kehitystä. Tiedeosaamisen keskeisenä tavoitteena on edistää tieteenaloihin liittyvää tietämystä sekä ajattelun ja oppimisen taitoja. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a, 11.) Raportin määritelmä voi toimia lähtökohtana tiedekasvatusmateriaalille, mutta materiaalin laatijoiden päätettäväksi jää se, mitä ovat ne käytännön toimet, joilla tiedeosaamisen kehittymistä voidaan tukea materiaalissa. Raportin määritelmä tiedekasvatuksesta ei ole myöskään ainoa, ja tiedekasvatukselle on useita rinnakkaiskäsitteitä, joista materiaalin laatijoiden tulee olla tietoisia.

Opetus- ja kulttuuriministeriön (2014a, 7, 63, 66) mukaan verkon tarjoamat mahdollisuudet tulisi huomioida tiedekasvatuksen kehittämisessä. Tämä tuo oppimateriaalin laatimiseen sekä mahdollisuuksia että haasteita. Verkkopohjaisuus mahdollistaa muun muassa sen, että materiaali saavuttaa ihmiset paikasta riippumatta, ja siihen voidaan sisällyttää sähköisiä työkaluja ja aineistoja. Ongelmaksi muodostuvat teknologian opetuskäyttöön liittyvät tekniset ja pedagogiset haasteet. (Opetushallitus 2011.)

Keijo Sipilän (2013) väitöstutkimuksen mukaan teknologian pedagoginen käyttö ei ole edennyt oppilaitoksissa valtakunnallisten opetussuunnitelmien edellyttämällä tavalla. Opettajat tarvitsevat koulutusta ja konkreettisia malleja integroidakseen tieto- ja viestintäteknikkaa osaksi opetustaan. Punya Mishra ja Matthew J. Koehler (2006) tiedostivat ongelman jo 2000-luvun alussa ja kehittivät Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) -mallin, jonka avulla voidaan tukea teknologian tehokasta integroimista opetukseen. Mallia on sovellettu laajasti ja aiheesta on olemassa runsaasti tutkimuskirjallisuutta (esim. Bower, Hedberg & Kuswara 2014; Benton-Borgh 2013; Tokmak 2013; Siko & Barbour 2012; Hofer, Grandgenett, Harris & Swan 2011; Hechter & Phylfe 2010). Verkkopohjaisen oppimateriaalin laatimisen tueksi on tarjolla oppaita (esim. Opetushallitus 2006), ja verkkopohjainen ja -opettaminen ovat paljon tutkittuja aiheita (ks. Opetushallitus 2011, 37–58). Kirjallisuudesta puuttuu kuitenkin tiedekasvatuksen näkökulma: mitä erityispiirteitä verkkopohjaisuus tuo tiedekasvatusmateriaalin kehittämiseen?

Verkkopohjaisen tiedekasvatusmateriaalin rakentamisessa kolmantena haasteena on, miten materiaalia sovelletaan käytännössä. Miten tiedekasvatus toteutuu käytännössä, ja toimiiko materiaali niiden tavoitteiden mukaisesti, jotka laatijat ovat sille asettaneet? Michael Fullan on tutkinut pitkään koulukulttuurin muutosta ja opetusinnovaatioiden leviämistä kouluissa (esim. Fullan 2011; Cambell, Fullan & Glaze 2006; Fullan 2006; Fullan 1994). Hän on todennut, että oppimateriaali ei yksin riitä, vaan oppimiskulttuurin, pedagogisten käytänteiden ja koulumaailman puitteiden tulee tukea opetusinnovaatioiden toteutumista (Fullan 2007, 30–31). Opetusinnovaatiolla hän tarkoittaa opetusta muuttavia elementtejä (esimerkiksi uusi oppimiskäsitys, opetussuunnitelma tai teknologia). Voidaan ajatella, että tiedekasvatus on opetusinnovaatio. Fullan nostaa keskeiseksi opetusinnovaatioiden leviämistä tukeviksi tekijöiksi kolme opetuksen osa-alueita: opetusmateriaalit, opettajien näkemykset ja asenteet sekä pedagogiset käytänteet. Hänen mukaansa muutoksen on tapahduttava kaikilla näillä osa-alueilla, jotta sen voidaan todella sanoa tapahtuneen. Usein opetusinnovaation toteutuminen edellyttää koko koulun toimintakulttuuriin muutosta.

Tässä artikkelissa pyrimme avaamaan edellä esitettyä ongelmakenttää ja nostamaan esiin keskeisiä verkkopohjaisen tiedekasvatusmateriaalin laatimisessa huomioitavia seikkoja. Artikkelimme pohjautuu RajatOn-hankkeessa kerättyyn aineistoon. Hankkeessa rakennettiin verkkopohjaista tiedekasvatusmateriaalia rajatutkimuksen kontekstissa kevään 2014 ja 2015 välisenä aikana. Tutkimuksen tulokset tuovat arvokasta tietoa tiedekasvatusoppimateriaalin laatijoille, ja niitä voidaan hyödyntää tiedekasvatuksen levittämisessä kouluhin.

Tiedekasvatuksen moniulotteinen käsite

Tiedekasvatuksen juuret ovat teollisen ja tietoyhteiskunnan murroksessa. Tieto- tai osaamisyhteiskunnassa tieteellisen tiedon ja teknologisen kehityksen ymmärtäminen nousevat keskeiseen asemaan, ja tiedesivistyksen katsotaan kuuluvan kansalaisten perustaitoihin. Tarvi- taan uusia oppimis- ja opettamistapoja, jotta tiedesivistystä voidaan välittää kansalaisille. (Sawyer 2008, 45–65; Opetusministeriö 2004, 10.) Yksi näistä tavoista on tiedekasvatus.

Keskustelu tiedekasvatuksesta alkoi Suomessa 1980-luvulla (Paananen 1990, 7). Konkreettisia muotoja keskustelu sai, kun ensimmäinen valtakunnallinen tiedekilpailu järjestettiin vuonna 1980, Tiedekeskus Heureka ja Oulun Tietomaa aloittivat toimintansa 1980-luvun lopussa, ja LUMA-toiminta käynnistyi 1990-luvun puolivälissä (TuKoKe 2014; Heureka 2014; Tietomaa 2014; LUMA 2014). Suomen näkökulmasta tärkeimmät koulutusta ohjaavat kansainväliset toimijat OECD ja Euroopan Unioni antoivat ensimmäisiä suosituksiaan tiedekasvatuksesta 1990-luvulla. Tiedekasvatus nähtiin keinona tutustuttaa kansalaiset tieteeseen ja teknologiaan, nostaa tieteen ja teknologian profiilia sekä lisätä lasten ja nuorten kiinnostusta tiedeopintoihin ja uraan tieteen parissa. (European Commission 2002.) Vastatakseen EU:n koulutuspoliittisiin linjauksiin Opetusministeriö asetti vuonna 2004 yhdeksi tavoitteekseen tiedekasvatuksen kehittämisen ja ulottamisen kaikkeen opetukseen elinikäisen eli jatkuvan oppimisen periaatteiden mukaisesti (Opetusministeriö 2004, 10).

Vuonna 2013 Opetus- ja kulttuuriministeriö (2014a) laati tiedekasvatukselle kansallisia kehittämisohjelmia ja asetti tavoitteeksi, että Suomi nousee tiedekasvatuksessa maailman kärkeen vuoteen 2020 mennessä. Tavoite on kunnianhimoinen ottaen huomioon, että suomalainen tiedekasvatuksen kenttä on kehityksestään huolimatta hajanainen ja monilta osin informaalien toimijoiden, kuten tiedekeskusten, -kerhojen, -verkostojen ja -tapahtumien varassa (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2013). Maija Aksela (2012, 1) on todennut, että tiedekasvatuksen asemaa Suomessa kuvaa hyvin se, miten vähän suomenkielisiä määritelmiä tiedekasvatukselle on verrattuna esimerkiksi taidekasvatukseen. Tukeakseen tiedekasvatus-toimijoiden työtä Opetus- ja kulttuuriministeriö jakoi vuonna 2013 ensimmäistä kertaa valtion erityisavustuksia tiedekasvatukseen. Avustuksia jaettiin muun muassa tiedekasvatusmateriaalien kehittämiseen. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2013.)

Tiedekasvatusmateriaalien kehitystyössä voitaisiin hyödyntää tiedekasvatustutkimusta. Materiaalin laatija kohtaa kuitenkin ongelmia. Tiedekasvatuksen tutkimus on Suomessa vielä vähäistä. Akateeminen tutkimus on keskittynyt tiedekeskuspedagogiikkaan sekä tiedekeskukseen informaaleina oppimisympäristöinä ja oppimisen laboratorioina (ks. Thunberg, Salmi & Vainikainen 2014; Salmi, Kaasinen & Kallunki 2012). Tiedon hakemista kansainvälisestä tutkimuksesta hankaloittaa se, että suomen kielen käsite tiedekasvatus poikkeaa englanninkielisestä ”science education” käsitteestä. Tämä johtuu yhtäältä kielten välisistä merkityseroista, toisaalta Suomessa tiedekasvatukselle annetuista määritelmistä.

Suomen kielen termi ”tiede” tarkoittaa laajasti ilmiöiden, ja niiden välisten suhteiden järjestelmällistä ja kriittistä tutkimusta (Kielitoimiston sanakirjan määritelmä), pitäen sisälleen kaikki tieteenalat. Englannin kielessä edellä mainitun laajemman merkityksen lisäksi ”science” on tietoa fyysisestä maailmasta ja sen ilmiöistä, ja se yhdistetään vahvasti luonnontieteisiin (Merriam Websterin sanakirja). Koulumaailmassa ”science” rajautuu luonnontieteellisiin oppiaineisiin, kuten biologiaan, kemiaan ja fysiikkaan. ”Science education” tarkoittaa vastaavasti luonnontieteiden kouluopetusta, johon ”science education” tutkimus on keskittynyt. Sillä on pitkät tutkimusperinteet. Scopus listaa kahdeksantoista kansainvälistä tieteellistä lehteä, joiden nimessä on käsite ”science education”, eikä alan tutkimusten julkaisu rajoitu näihin lehtiin. ”Science education” tutkimuksen pääteemat ovat luonnontieteiden kouluopetus ja -oppiminen, opettajankoulutus sekä opetussuunnitelmatyö (Abell & Lederman 2014; Abell & Lederman 2007; Bruguière, Tiberghien & Clément 2014).

Suomenkieliset tiedekasvatuksen määritelmät eivät rajaa tiedekasvatusta luonnontieteiden opetukseen, vaan ne pitävät sisällään kaikki tieteenalat. Opetusministeriön (2004, 16–18) määritelmän mukaan kaikilla oppiaineilla on oma taustatieteensä ja tehtävänsä tiedekasvatuksessa. Tiedekasvatus on suppeimmillaan kansalaisten tietoisuuden lisäämistä eri

tieteenalojen tehtävästä, merkityksestä ja tuloksista. Laajemmassa merkityksessään tiedekasvatus pitää sisällään myös yleissivistyksen tärkeimmän osa-alueen eli ajattelun ja oppimisen taidot. Myöhempään määrittelyynsä Opetus- ja kulttuuriministeriö (2014a, 11) sisällytti molemmat edellä mainitut näkökulmat ja määritteli tiedekasvatuksen tiedeosaamisen vahvistamiseksi.

Tiedekasvatus-käsitteen tarkempi tarkastelu paljastaa, miten moniulotteinen käsite on, ja miksi tiedekasvatusmateriaalin laatijoiden on hyvä olla tietoisia siitä, mitä he tarkoittavat tiedekasvatuksella, ja mihin he sillä pyrkivät. Tiedekasvatus-käsite vakiintui suomenkieliseksi vastineeksi ”science education” termille 2000-luvulla (ks. Euroopan komissio 2002; Opetusministeriö 2004; Turja 2011). Alkuun käytössä olivat tiedeopetuksen ja -opiskelun käsitteet (ks. Paananen 1990; Paananen & Aho 1991; Ahte & Markkanen 1997). Opetuksen ja kasvatuksen käsitteiden vertailu osoittaa, että opetus on osa laajempaa kasvatuksen prosessia (Engeström 1984, 11). Kasvatus liittyy koko ihmisen elinkaareen ja se voi olla muodollista ja epämuodollista. Muodollinen kasvatus on virallisten kasvatustavoitteiden ohjaamaa kasvatusta (kuten kouluissa tapahtuvaa kasvatusta) ja epämuodollinen kasvatus väljästi kontrolloitua kasvatusta (kuten julkinen tiedotus- tai kulttuuritoiminta). (Kuukasjärvi 2010.) Tämän perusteella tiedeopetus tarkoittaa muodolliseen kasvatukseen sisältyvää toimintaa, kun taas tiedekasvatus voidaan nähdä koko ihmisen elinkaaren kattavana prosessina, jossa ovat olennaisia niin muodolliset kuin epämuodolliset oppimisympäristöt.

Viimeisinä vuosina ”science education” tutkimus on kiinnostunut opetuksen kiinnittämisestä yhteiskunnalliseen kehykseen, ja osa tutkijoista on peräänkuulluttanut niin kutsuttua radikaalia ja aktivistitiedekasvatusta (Bencze & Alsop 2014; Holbrook, Rannikmäe & Valdmann 2014). Esimerkiksi humanistinen tiedekasvatus (”humanistic science education”) on uusi näkökulma tiedeaineiden (kuten biologian, fysiikan ja kemian) kouluopetukseen. Sen lähtökohdana on, että näiden aineiden opetus yhdistetään käytäntöön, oppilaiden omaan elämään ja yhteiskunnallisesti tai poliittisesti merkittäviin teemoihin (Dos Santos 2009, 361–382).

Yhteiskunnallista näkökulmaa painottavan tiedekasvatuksen tavoitteena on lähestyä luonnontieteitä kouluissa yli oppiainerajojen globaalien haasteiden kautta. Ilmiöpohjaisen tiedekasvatuksen korostaminen liittyy laajemmin osaamisperustaisen opetuksen ja oppimisen painottamiseen. Osaamisperustaisuus lähtee liikkeelle kompetensseista, joita yksilöillä tulee olla pärjätäkseen nyky-yhteiskunnassa. (Holbrook, Rannikmäe & Valdmann 2014). Yhdeksi tällaiseksi kompetenssiksi luetaan tieteellinen lukutaito. Tieteellisen lukutaidon määritelmät voidaan jakaa kahteen eri näkökulmaan, joista toisessa korostetaan tieteen tuntemista (knowledge of science) ja toisessa tieteellisen lukutaidon yhteiskunnallista merkittävyyttä (society usefulness) (Holbrook & Rannikmäe 2009, 278). Nämä tiedekasvatuksen lähtökohdat lähentävät luonnontieteiden kouluopetusta (science education) suomenkieliseen tiedekasvatuskäsitykseen. Yhteiskunnallisen kehyksen huomioiminen edellyttää luonnontieteiden kouluopetuksen liittämistä yhteiskunnallisiin ja humanistisiin tieteesiin, ja niihin pohjautuviin oppiaineisiin. Tämä edellyttää oppiaineiden välistä yhteistyötä ja tutkimusmenetelmien etsimistä luonnontieteille ominaisten menetelmien ulkopuolelta.

Tiedekasvatus on Suomessa keskittynyt pitkälti matemaattisiin ja luonnontieteisiin siitä huolimatta, että tiedekasvatuksen määritelmä sisältää kaikki tieteenalat. Tästä ovat osoituksena viime vuosina kehitetyt verkkopohjaiset tiedekasvatusmateriaalit, joita suomalaiset tutkijat ovat luoneet yksin ja yhteistyössä kansainvälisten toimijoiden kanssa (muun muassa Natural Europe, Pathway, Open Discovery Space, Inspiring Science ja LuontoPortti). Tässä artikkelissa tutkimuksen kohteena oleva RajatOn-hanke poikkeaa edellisistä, sillä siinä tuotetut materiaalit ovat pääosin yhteiskuntatieteellisiä. Materiaalien pohjana on rajatut-

kimuksen tieteenala. Rajatutkimus on luonteeltaan monitieteistä, ja sitä tekevät eri alojen tutkijat (esimerkiksi maantieteilijät, politiikan tutkijat, sosiologit, taloustieteilijät, historian-tutkijat ja kulttuurintutkijat). Rajatutkimus on kiinnostunut valtiollisten rajojen merkityk-sestä yhteiskunnassa, ja siitä, miten rajat ilmenevät yksilötasolta globaaleihin ilmiöihin. Tiedekasvatusmateriaalin laatijan haasteena on luoda materiaalia, jossa rajan kaltaiset yhteiskuntatieteelliset, usein hyvin monimutkaiset käsitteet ja kysymyksenasettelut avautu-vat lapsille ja nuorille.

Verkkopohjaisuuden mahdollisuudet ja haasteet

Edellä mainitut hankkeet ovat osoitus siitä, että tiedekasvatus on leviämässä verkkoon. Verkkopohjaisuudella on monia etuja. Tiede on jatkuvasti kehittyvää ja verkkopohjaiset materiaalit kykenevät perinteisiä paremmin vastaamaan tiedon muuttuvaan luonteeseen. Ajankohtainen tutkimustieto saadaan nopeammin osaksi oppimista. (Mikkilä-Erdmann, Olkinuora & Mattila 1999, 437.) Verkkopohjaisuus mahdollistaa, että tiedekasvatusta voi-daan toteuttaa paikasta riippumatta niin formaaleissa kuin informaaleissa oppimisympäris-töissä. Materiaali on helposti saatavilla, sitä voidaan jakaa ilmaiseksi ja levittää kansallisel-la ja kansainvälisellä tasolla (Hsieh, Murray & Hartman 2007, 6). Verkkopohjainen mate-riaali mahdollistaa tiedekasvatuksen tekemisen kouluissa pitkällä aikavälillä.

Verkkopohjaisiin oppimateriaaleihin liittyy kuitenkin monia haasteita. Tutkimuksissa on havaittu, että vaikka materiaaleja on runsaasti verkossa, ne eivät aina vastaa sisällöltään ja laadultaan opetuksen tarpeisiin. Huonoimmassa tapauksessa ne ovat sähköisiä kopioita pai-netuista oppikirjoista. Verkkopohjaista materiaalia voi julkaista kuka tahansa. Kaupallisten toimijoiden ohella materiaalia tuottavat erilaiset järjestöt, yhteisöt, yksityiset toimijat ja opettajat itse. (Ilomäki 2012, 10.) Opettajan voi olla hankala löytää laadukasta ja luotetta-vaa, tiettyyn tarpeeseen suunnattua materiaalia. (Ilomäki 2012, 10; Opetushallitus 2011.) Materiaalien käytettävyyttä voi myös olla heikkoa. Verkkosivuilta voi olla vaikea löytää tie-toa tai sitä on liikaa (Opetushallitus 2011, 18). Ongelmana on myös se, että verkkopohjaisia materiaaleja voidaan siirtää alkuperäisestä paikasta pois tai hävittää kokonaan (Hsieh ym. 2007: 6).

Opetuksen kannalta olennainen verkkopohjaisiin oppimateriaaleihin liittyvä ongelma on, että materiaalit on usein laadittu ”teknologia edellä”. Niissä on keskitytty teknologiaan, ei aiheen oppimista tukevaan pedagogiikkaan (Ilomäki 2012, 10). Tämä johtaa helposti sii-hen, että teknologia on päälle liimattua, eikä sen käyttö edistä aiheen oppimista. Pedagogii-kan huomioiminen materiaalissa on tärkeää, koska tutkimusten mukaan opettajat kaipaavat pedagogista tukea tieto- ja viestintäteknii-kan hyödyntämiseen opetuksessa (Sipilä 2013; Survey of Schools 2013).

Verkkopohjaisten oppimateriaalien laatimisen tueksi on saatavilla useita oppaita (esim. E-learning methodologies 2011; Ilomäki 2008; Opetushallitus 2006). Opetushallituksen vuonna 2012 julkaisemassa Laatusuositusta e-oppimateriaaleihin -oppaassa verkko-oppimateriaalin laatimisessa huomioitavia pedagogisia seikkoja liitetään oppimisteorioihin, ja niitä havain-nollistetaan käytännön esimerkkien avulla (Opetushallitus 2012). RajatOn-materiaalin laa-timisessa hyödynsimme Opetushallituksen (2006) julkaisemia verkko-oppimateriaalin laa-tukriteerejä. Laatukriteerit jaotellaan neljään kokonaisuuteen: (1) pedagogiseen laatuun, (2) käytettävyyteen, (3) esteettömyyteen ja (4) tuotannon laatuun. Pedagogisella laadulla tar-koitetaan ominaisuuksia, jotka tuovat pedagogista lisäarvoa opetukseen ja tukevat mate-riaalin soveltumista opetus- ja oppimiskäyttöön. Käytettävyydellä tarkoitetaan materiaalin

rakennetta, teknistä toteutusta sekä käytön sujuvuutta ja helppoutta. Esteettömyys takaa materiaalin saavutettavuuden paikasta ja käyttäjän ominaisuuksista riippumatta.

Kouluissa verkkopohjaisten oppimateriaalien tarve on lisääntynyt huomasti 2010-luvulle tultaessa. Sähköisiä oppimateriaaleja käytetään useimmiten perinteisten oppikirjojen tukimateriaalina, mutta sähköisten oppikirjojen yleistyessä yhä useammin myös varsinaisena oppimateriaalina (Cantell, Rikkinen & Tani 2007, 84; SanomaPro 2014a). Laadukkaiden sähköisten materiaalien tarve lisääntyy koko ajan, sillä osa kouluista on siirtymässä kokonaan sähköisiin oppikirjoihin ja panostaa tablettien hankintaan (Helsingin Sanomat 2014; Yle 2014; Multisilta 2013, 21). Euroopan kontekstissa valmiin oppimateriaalin tarjonta on Suomessa vähäistä, kun sitä verrataan muihin pieneen kielialueen maihin (Opetushallitus 2011, 17).

Tiedekasvatus koulumaailmassa

Suomessa tiedekasvatusta ei mainita nykyisissä valtakunnallisissa opetussuunnitelmissa (Opetushallitus 2014; Opetushallitus 2004; Opetushallitus 2003). Kouluilla ei näin ollen ole velvollisuutta sisällyttää tiedekasvatusta opetukseensa, eikä opettajilla ole selkeitä ohjeita tiedekasvatuksen toteuttamiseen. Edellytykset tiedekasvatuksen toteuttamiseen tulevat paranemaan, kun uudet valtakunnalliset perusopetuksen ja lukion opetussuunnitelmat otetaan käyttöön syyslukukaudella 2016. Niissä painottuvat tutkiva ote ja ilmiöpohjainen näkökulma tukevat tiedekasvatuksen toteuttamista kouluissa. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a.) Tutkivassa oppimisessa korostuvat oppilaan ymmärryksen ja oivaltamisen tukeminen sekä omien havaintojen ja tutkimusten tekeminen (Hakkarainen, Lonka & Lipponen 1999). Ilmiöpohjaisen oppimisen ajatuksena on, että oppilaille tarjotaan mahdollisuus tarkastella erilaisia ilmiöitä tai teemoja eri tieteiden näkökulmista yli oppiainerajojen (Lahdes 1997, 211). Opetushallituksen (2011: 17) mukaan tutkivaan oppimiseen liittyviä verkko-oppimateriaaleja on saatavilla vain vähän.

Tärkeä rakenteellinen muutos perusopetuksen opetussuunnitelman luonnoksessa ovat monialaiset, oppiaineiden väliseen yhteistyöhön suunniteltavat oppimiskokonaisuudet, joita tulee tarjota oppilaille vuosittain (Opetushallitus 2014). Lukio-opetuksessa tiedekasvatuksen lisääminen opetussuunnitelman rakenteisiin on haastavampaa, koska opetuksen sisältöjä ja pedagogisia käytänteitä ohjaavat voimakkaasti ylioppilaskirjoitukset (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a, 45). Marraskuussa 2014 valtioneuvosto hyväksyi uuden lukion tuntijaon, joka sisältää kolme syventävää oppiaineiden väliseen yhteistyöhön suunnattua teemaopintokurssia (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014b). Koulutuksen rakenteet tarjoavat paremmat edellytykset oppiaineiden väliseen yhteistyöhön, jolloin tiedekasvatuksellekin on mahdollista luoda tilaa tuntikehykseen.

Artikkelin tutkimusaineisto

Tämän artikkelin tutkimusaineisto kerättiin RajatOn-tiedekasvatushankkeessa. Hanke toteutettiin kevään 2014 ja 2015 välisenä aikana. Se oli Turun yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston yhteishanke, joka sai rahoitusta Opetus- ja kulttuuriministeriön tiedekasvatuksen erityisavustuksista. Hankkeessa laadittiin verkkopohjaista tiedekasvatusoppimateriaalia rajojen tutkimiseen, ja materiaali sijoitettiin ilmaiselle verkkosivustolle (<http://rajatontatiedekasvatusta.wordpress.com>) opettajien ja oppilaiden vapaasti käytettäväksi. Materiaali suunnattiin peruskoulun (5–9-luokan) ja lukion oppilaille.

RajatOn-materiaalin lähtökohtana olivat valtiolliset rajat, ja 'raja' käsitettiin niin fyysisenä, käsitteellisenä, sosiaalisena kuin mentaalisenä rajana. Tavoitteena oli, että materiaalin avulla koululaiset oppivat tunnistamaan, tulkitsemaan ja kyseenalaistamaan ympäristössä olevia rajoja. RajatOn materiaalin rakenne ja teemat perustuvat Kolossovin (2005) ja Popescun (2012) rajatutkimuksen historialliseen ja temaattiseen luokitteluun (Taulukko 1).

Teemat	
I Tiede ja tutkimus	II Johdatus rajoihin (rajan käsite)
Tiede ja tutkimus tutuksi	Rajoja on monenlaisia
Tutkimusohjeet	Rajat lähiympäristössämme
	Muuttuvat rajat (johdatus valtiollisiin rajoihin)
III Fyysiset rajat	IV Käsitteelliset ja mentaaliset rajat
Rajat ja valta	Rajat, identiteetti ja etnisyyt
Rajanylittäjät ja rajaaminen	Media ja aluekäsitteet
Rajaturvallisuus	Historialla rajaaminen
V Rajat ja ympäristö	VI Syventävät tutkimukset
Rajavyöhykkeet ja biodiversiteetti	Valmiita aiheita ja ohjeita rajojen tutkimiseen
Luonnonvarojen jakautuminen ja rajat ylittävä maailmankauppa	
Rajaton luonto ja luonnonsuojelu	
Ihmisen ja ympäristön välinen vuorovaikutus	

Taulukko 1: RajatOn-materiaalin teemakokonaisuudet ja oppimisaihiot (tilanne marraskuussa 2014, kun materiaali oli työn alla).

RajatOn-materiaalin sisällöt voidaan jakaa kolmeen luokkaan: oppimisaihioihin (monikäyttöinen, pieni rajattu kokonaisuus tai toiminta, esimerkiksi harjoitus tai havainnollistus), teemakokonaisuuksiin (teemaan liittyviä tehtäviä ja harjoituksia) ja opettajan ohjeisiin (opettajan työtä ohjaava ja tukeva aineisto) (Opetushallitus 2011, 9; 2006, 10). RajatOn-materiaalissa teemakokonaisuudet koostuvat tiettyyn teemaan liittyvistä oppimisaihioista ja opettajan ohjeista. Tutkimusteemoihin tilattiin materiaaleja kyseisten aiheiden asiantuntijoilta, jotka olivat eri yliopistojen tutkijoita. Tutkijoille annettiin yhteneväiset ohjeet tekstien ja tehtävien laatimiseen. Heitä kehoitettiin kiinnittämään erityistä huomiota tekstien ymmärrettävyyteen, pituuteen ja tehtävien tutkimukselliseen otteeseen. Heille tarjottiin myös tukea pedagogisen näkökulman huomioimiseen materiaalissa. Tutkijoiden laatimien materiaalien ohella tuotimme itse sivustolle aihekokonaisuuksia (mukaan lukien kouluissa pilotoitavat johdantoteemojen oppimisaihiot) ja vastasimme materiaalin teknisestä sekä pedagogisesta rakentamisesta.

RajatOn-materiaalin oppimisaihiot sisältävät oppilaille suunnatun verkkotekstin, tehtäviä, lisätietolinkkejä ja keskeisten käsitteiden määrittelyt. Jokaisessa oppimisaihiossa on opettajan ohjeita, jotka sisältävät aihion sisällölliset tavoitteet ja ohjeita arviointiin. Tämän

lisäksi opettajille on ohjeita oppimisaihoiden sisältämien sähköisten aineistojen ja työkalujen käyttöön, valmiita oppitunneille soveltuvia GoogleSlides-esityksiä sekä vinkkejä ja vastauksia tehtäviin.

Artikkelin tutkimusaineisto koostuu kahdesta kokonaisuudesta. Ensimmäisen muodostavat RajatOn-hankkeen materiaalin laatijoiden muistiinpanot hankkeen kuuden ensimmäisen kuukauden ajalta (touko–lokakuu 2014), jolloin tehtiin materiaalin laatimisen kannalta keskeisimmät päätökset ja laadittiin kouluissa pilotoitu oppimateriaali. Artikkelin tutkimusaineiston toisen kokonaisuuden muodostavat RajatOn-pilotointimateriaalia kokeilleiden opettajien ja oppilaiden palautelomakkeet (yhteensä 67), kahden opettajan haastattelut sekä viidellä oppitunnilla tehtyt havaintomuistiinpanot.

Materiaalin pilotointikouluina olivat RajatOn-hankkeen yhteistyökoulut. Testasimme materiaalia kahdessa koulussa, viidellä eri luokalla lokakuussa 2014. Koulut olivat Uudessakaupungissa ja Lappeenrannassa ja oppilaat 7–9-luokkalaista. Valitsimme nämä luokkatasot testaukseen, koska pilotointimateriaali oli suunnattu heidän ikäisilleen oppilaille. Uudessakaupungissa luokat käyttivät aiheen opiskeluun yhden ja Lappeenrannassa kaksi 45 minuutin oppituntia. Uudessakaupungissa oppilaita oli yhteensä 46, ja materiaaleja testasi yläkoulun maantiedon ja biologian opettaja. Lappeenrannassa oli 19 oppilasta, ja materiaaleja testasi yläkoulun historian ja yhteiskuntaopin opettaja. Testattava materiaali ei ollut opettajille ennestään tuttua. Pilotointimateriaalin ajatuksena oli, että sitä voidaan käyttää eri oppiaineiden tunneilla ja oppiaineiden välisessä yhteistyössä. Olimme valmistaneet pilotointia varten kolme oppimisaihiota, ja niihin liittyvät opettajan ohjeet. Sijoitimme ne RajatOn-hankkeen sivuille. Materiaaleista oli ladattavissa myös PDF-tiedostot. Uudessakaupungissa opettaja valitsi seitsemäsluokkalaisten oppitunnille alakoulun 5–6- ja yläkoulun 7-luokkaisille suunnatun aihion ”Rajat lähiympäristössämme”, jossa käsitellään näkyviä ja näkymättömiä rajoja lähiympäristön kautta. Yhdeksäsluokkaisille hän valitsi ”Rajoja on monenlaisia” -aihion, jossa tarkastellaan fyysisiä, käsitteellisiä, sosiaalisia ja mentaalisia rajoja. Tämä teksti oli testatuista teksteistä haastavin ja suunnattu yläkoulu- ja lukioikäisille oppilaille. Lappeenrannassa opettaja valitsi kahdeksäsluokkaisille oppilailleen ”Muuttuvat rajat” -aihion, jossa tarkastellaan valtiollisten rajojen muuttumista historian kuluessa. Tämä aihe soveltuu eri-ikäisille oppijoille. (ks. Kaisto & Koskelo 2014a; 2014b; 2014c.)

Annoimme opettajille vapaat kädet oppitunnin suunnitteluun, koska halusimme havainnoida, millä tavalla opettajat käyttävät materiaalia. Pilotointimateriaalit eivät sisältäneet valmiita tuntisuunnitelmia, vaan opettajat saivat rakentaa aihion tekstistä, tehtävistä ja lisämateriaalista oman näköisensä kokonaisuuden sekä päättää, miten oppitunnin toteuttavat. Tällöin pilotointitilanne muistuttaisi mahdollisimman paljon tilannetta, jossa opettaja löytää materiaaliin verkosta. Havainnoimme tunteja paikan päällä ja Skypen välityksellä. Oppituntien jälkeen keräsimme oppilailta ja opettajalta palautelomakkeet ja haastattelimme opettajia (Taulukko 2).

Oppilaiden palautelomakkeen kysymykset:	Asteikko
1) Tunnin arvostelu:	<i>samaa mieltä, en osaa sanoa, eri mieltä</i>
Tunti oli mielenkiintoinen	☺☺☺
Tutkimuksen tekeminen oli mukavaa	☺☺☺
2) Mitä opit rajoista?	Avoin kysymys
3) Vaikuttavatko rajat omaan elämääsi? Miten?	Avoin kysymys
4) Tunnilla tehtiä tutkimusta. Miten se vaikutti oppimiseesi?	Avoin kysymys
5) Haluaisitko oppia rajoista lisää?	☺☺☺
Opettajien palautelomakkeen kysymykset:	
1) Väittämät: Tunti sujui hyvin; Materiaalia oli helppo käyttää; Käyttäisin materiaalia uudelleen; Suosittelisin materiaalia muille opettajille; Teen usein tutkimuksia oppilaiden kanssa; Tutkimuksen tekeminen vie aikaa tärkeämmiltä asioilta; Aion pitää jatkossa enemmän tiedekasvatustunteja; Raja-aihe on tärkeä koululaisille; Materiaali tukee rajojen ymmärtämistä; Raja-aihe sopii hyvin oppiaineita yhdistäväksi teemaksi	<i>1 täysin eri mieltä, 2 jokseenkin eri mieltä, 3 ei samaa eikä eri mieltä, 4 jokseenkin samaa mieltä, 5 täysin samaa mieltä</i>
2) Mikä tunnilla onnistui? Mikä olisi voinut mennä paremmin?	Avoin kysymys
3) Mikä materiaalissa oli sinusta toimivaa? Mikä ei ollut toimivaa?	Avoin kysymys
4) Arvioi, miten materiaali ja oppitunti vaikuttivat oppilaisiin.	Avoin kysymys
5) Tunnilla tehtiin tutkimusta. Miten se vaikutti mielestäsi oppilaiden motivaatioon ja oppimiseen?	Avoin kysymys
6) Jos suosittelisit raja-aihetta muille opettajille, niin minkä oppiaineiden opettajille?	Avoin kysymys

Taulukko 2: Palautelomakkeiden kysymykset.

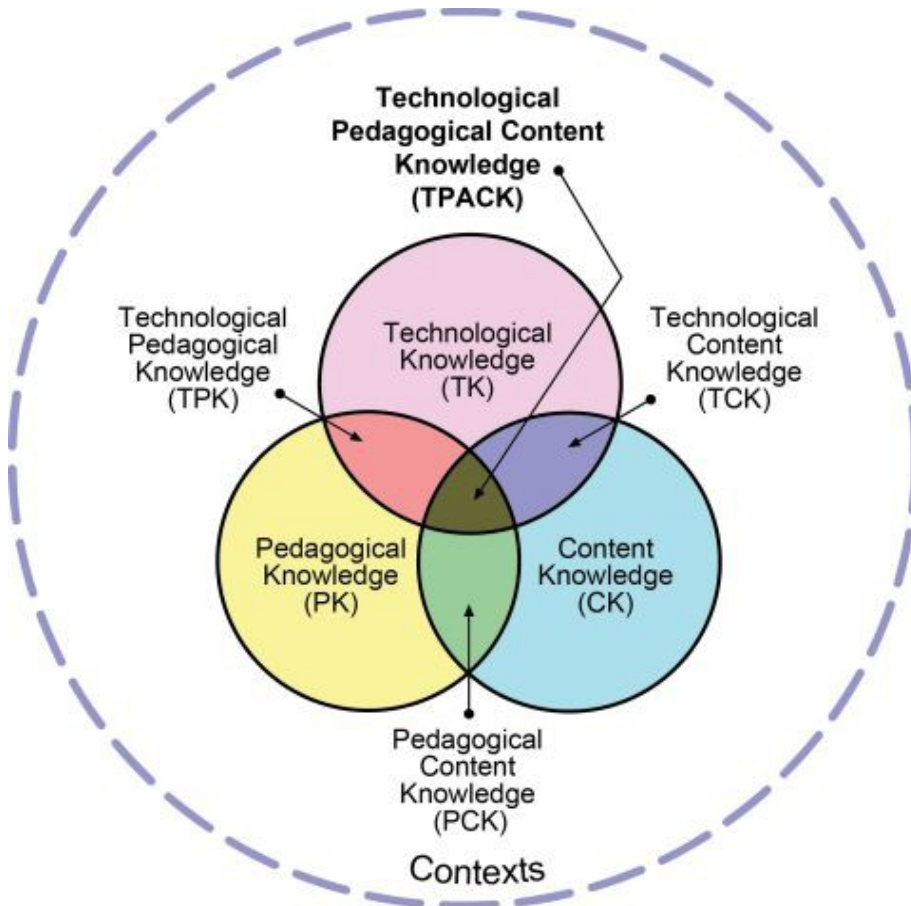
Uudessakaupungissa materiaaleja pilotoi opettaja rakensi oppituntinsa laatimienne tekstien varaan ja teetti oppilailla niihin liittyviä tehtäviä. Oppilaat saivat materiaalin tulostetussa muodossa, koska nettiyhteydet eivät toimineet. Rajatutkimuksen kenttä oli opettajalle tuntematon, vaikka rajan käsite oli hänelle maantieteen näkökulmasta tuttu. Hän lähestyi aihetta opettajajohtoisesti siten, että oppilaat lukivat materiaalin, jonka jälkeen jatkettiin opetuskeskustelulla ja tehtävillä. Seitsemäsluokkalaisten kanssa opettajalla jäi ajan puutteen vuoksi tekemättä yhteenvedo tehtävistä. Yhdeksäsluokkalaisten oppitunnit olivat seitsemäsluokkalaisten jälkeen. Aihe oli jo tutumpi opettajalle, ja hän ehti tehdä oppituntien lopuksi yhteenvedon.

Lappeenrannassa pilotointi tehtiin historian tunnilla. Valtiollisten rajojen teema oli opettajalle ennestään tuttu. Hän poimi opetukseen aiheesta ne osat, jotka täydensivät historian oppitunneilla opiskeltuja ensimmäisen maailmansodan jälkeisiä tapahtumia. Opettaja esitteli aiheen opettajajohtoisesti, mutta ei hyödyntänyt laatimaamme tekstiä, vaan käytti tehtäviä ja lisämateriaalista löytyviä aineistoja. Opettaja käytti tietokonetta omassa alustuksessaan, ja oppilaat hyödynsivät lisämateriaalissa olleen artikkelin lukemiseen ja tehtävien tekemiseen tabletteja. Ensimmäisellä oppitunnilla tehdyt tehtävät opettaja ehti purkaa oppilaiden kanssa, mutta toisella tunnilla aloitetut tehtävät jäivät oppilaille kotiläksyksi, ja niiden läpikäynti siirtyi seuraavaan historian tuntiin.

TPACK-malli analysoinnin taustateoriana

Analysoimme artikkelin tutkimusaineiston teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Tätä menetelmää käytetään laadullisten aineistojen analysoinnissa, kun analysoinnin pohjana on valmis käsitteistö tai teoria (Tuomi & Sarajärvi 2004). Valittu teoria muodostaa analysointirungon, jonka sisälle voidaan tehdä kategorioita ja luokkia. Aineistosta poimitaan luokkiin kuuluvia aiheita tai vaihtoehtoisesti aineistosta esiin nousseita luokkiin kuulumattomia aiheita. Tässä tutkimuksessa muistiinpanoista poimittiin analysointiluokkiin kuuluvia asioita. Analysoinnin taustateoriana käytettiin Mishran ja Koehler'n (2006) kehittämää Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) -mallia, jonka sisältämät tiedon osa-alueet muodostivat tutkimuksen analysointiluokat. Palautelomakkeista muodostuva numeerinen aineisto analysoitiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla (Taulukko 2).

TPACK-malli on laadittu tukemaan opetusta, jossa pyritään yhdistämään luontevasti ja tehokkaasti aiheeseen liittyvä sisältötieto, pedagogiikka ja teknologia (Kuva 1). TPACK-mallia on sovellettu opetuksen kehittämiseen ja tutkimiseen sekä erilaajuisten oppimisasioiden toteuttamiseen – yksittäisistä tehtävistä kokonaisten koulutusten suunnitteluun (esim. Bower, Hedberg & Kuswara, 2014; Benton-Borgh, 2013; Tokmak 2013; Siko & Barbour 2012; Hofer, Grandgenett, Harris & Swan 2011; Hechter & Phyfe 2010). Tämän tutkimuksen kannalta malli tarjosi mahdollisuuden tarkastella verkkopohjaisen tiedekasvatusmateriaalin monitahoista ongelmakenttää, jossa kohtaavat tiedekasvatus, verkkopohjainen oppimateriaali ja materiaalin soveltaminen koulumaailmaan.



Kuva 1: TPACK-malli (Reproduced by permission of the publisher © 2012 by tpack.org).

TPACK-malli pohjautuu Lee Shulman'in (1987; 1986) ajatukseen siitä, että tehokas opetus edellyttää opettajalta pedagogisen sisältötiedon hallintaa. Pedagogisella sisältötiedolla hän tarkoittaa opetettavaan aiheeseen liittyvää tietoa ja pedagogista tietoa siitä, miten aihetta voidaan opettaa. Pelkän pedagogisen sisältötiedon hallitseminen ei enää palvele 2000-luvun tai etenkin 2010-luvun opetusta, jossa yhtenä keskeisenä osana on tietotekniikka. Mishra ja Koehler (2006) lisäsivät pedagogiseen sisältötietoon kolmannen ulottuvuuden – teknologisen tiedon. Teknologian tehokas integroiminen opetukseen edellyttää, että opettaja hallitsee aiheeseen liittyvän sisältötiedon (CK), pedagogisen tiedon (PK) ja teknologisen tiedon (TK) sekä tietoa näiden rajapinnoilta: teknologisen sisältötiedon (TCK), teknologis-pedagogisen tiedon (TPK), pedagogisen sisältötiedon (PCK) ja teknologis-pedagogisen sisältötiedon (TPACK) (Kuva 1).

Sisältötiedolla (CK) tarkoitetaan opetettavan aiheen sisältöä: mikä on aihe, ja millä laajuudella sitä käsitellään. Sisältötiedon kannalta on olennaista, ketkä ovat kohderyhmänä, ja millaista ennakko-osaamista heillä voidaan olettaa olevan. Sisältötieto määrittelee, millaista osaamista (esimerkiksi teorioiden, käsitteiden ja tieteenalan kehityksen tuntemista) opettajalta odotetaan. (Mishra & Koehler 2006, 1026.) Opettajan puutteellinen sisältötieto voi

rajoittaa oppilaiden oppimista ja johtaa pahimmillaan virheoppimiseen (Koehler & Mishra 2009, 63).

Pedagoginen tieto (PK) on tietoa ja kokemusta opettamisen sekä oppimisen prosesseista; siitä, miten oppilaat oppivat, oppitunti suunnitellaan, luokkatilanne hallitaan ja oppimista arvioidaan. Pedagoginen tieto sisältää laajemmat oppimisen tavoitteet ja arvot. Pedagoginen sisältötieto (PCK) on opetettavaan aiheeseen liittyvää tietoa, ja pedagogista tietoa aiheen opettamisesta, ja aiheen opetukseen parhaiten soveltuvista menetelmistä. Myös pedagoginen sisältötieto huomioi oppilaiden tietotason (esimerkiksi heidän ennakkotietämyksensä, oppimisstrategiansa ja mahdolliset virhekäsitykset) ja opetussuunnitelman tavoitteet sekä arviointiperusteet. Tehokkaan opetuksen toteutumisen kannalta on olennaista, että opettaja hallitsee erilaisia lähestymistapoja aiheeseen ja kykenee muokkaamaan oppimateriaalia tilanteen mukaan. (Mishra & Koehler 2006, 1027.) Teknologinen tieto (TK) tarkoittaa tietoa teknologisten laitteiden käytöstä. Se on taitoa soveltaa teknologiaa työhön ja arkielämään, ja kykyä tunnistaa tilanteet, joissa teknologia voi edistää opetuksen tavoitteiden saavuttamista. Nopean kehityksen vuoksi teknologinen tieto on taitoa mukauttaa teknologiassa tapahtuviin muutoksiin. (Mishra & Koehler 2006, 1027.) Teknologinen sisältötieto (TCK) on tietoa teknologisten laitteiden, ohjelmien ja sovellusten käytöstä tietyn aiheen opetuksessa; mitkä teknologiat tukevat parhaiten aihealueen opetusta ja oppimista, ja miten teknologia edistää tai rajoittaa oppimista. Teknologis-pedagoginen tieto (TPK) on puolestaan ymmärrystä siitä, miten opetus ja oppiminen voivat muuttua käytetäessä teknologiaa. Se on tietoa tarjoumista (affordances) ja rajoituksista, joita teknologia tuo opetukseen ja oppimiseen, esimerkiksi tietoa valitun aiheen opetukseen soveltuvista teknologisista välineistä ja pedagogisista malleista (Koehler & Mishra 2009, 65–66).

TPACK-mallin viimeisin ja keskeisin tiedon taso on teknologis-pedagoginen sisältötieto (TPACK). Siinä yhdistyvät kaikki edellä mainitut tiedon lajit. Se on tehokkaan teknologiaa hyödyntävän opetuksen perusta ja säilyäkseen se edellyttää jatkuvaa uudistumista ja eri tiedon tasojen tasapainon ylläpitoa (Mishra & Koehler 2006, 1028–1029.)

Tutkimustulokset

Käymme seuraavassa tutkimustulokset läpi TPACK-malliin perustuvien analysointiluokkien mukaan. Esitämme, mitä keskeisiä asioita tutkimusaineistosta nousi esille koskien tieteen näkökulman rakentamista oppimateriaaliin, verkkopohjaisuutta ja tiedekasvatuksen toteutumista käytännössä.

Sisältötiedon (CK) osalta tutkimusaineistostamme nousi ensimmäisenä esiin se, miten määrittelisimme tiedekasvatuksen RajatOn-materiaalissa. Päädyimme Opetus- ja kulttuuriministeriön (2014a) tiedekasvatuserittelymään, joka kattaa tieteellisen lukutaidon laajemmassa merkityksessään. Materiaalin tavoitteena ei ollut pelkästään rajatutkimuksen ja sen menetelmien opettaminen, vaan lasten ja nuorten tiedeosaamisen kehittäminen. Päätimme sisällyttää materiaaliin perustietoa tieteestä ja tutkimuksesta sekä rajatutkimuksen tieteenalasta. Pyrimme rakentamaan materiaalia hyvän tieteellisen käytännön mukaan: teksteihin merkittiin viittaukset, lähteet ja tekstin kirjoittajat. Lisäksi kirjoittajat ja heidän tutkimuslanssa esiteltiin sivustolla. Tällä tavoin pyrimme viestittämään käyttäjille, että oppimateriaalikin perustuu tutkimukseen ja on jonkun tekemää. Tukeaksemme käsitteiden ymmärtämistä laadimme käsittepankin, johon kuvasimme keskeisimmät käsitteet mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa.

Toinen keskeinen sisältötietoa koskeva teema aineistossa oli rajatutkimus. Käsitteemme oli, että oppilailla ja opettajilla ei ole lainkaan tai on vain vähän tietoa (esimerkiksi

maantiedon, historian, yhteiskuntaopin, terveystiedon opettajilla) raja-aiheesta. Tämä näkemys perustui valtakunnallisten opetussuunnitelmien (Opetushallitus 2003; 2004) sisältöjen kartoitukseen. Otimme RajatOn-materiaalin lähtökohdaksi sen, että käyttäjällä ei tarvitse olla aikaisempaa tietoa aiheesta. Tiedostimme, että raja-aihe tulisi haastamaan opettajia. Laadimme opettajille tukimateriaalia aiheen käsittelemiseen, keskeisten käsitteiden ymmärtämiseen ja sisällöllisten tavoitteiden asettamiseen oppitunneilla.

Suuraavana haasteena oli rajatutkimuksen popularisointi. Miten vaikea ja moniulotteinen rajan käsite esitellään teksteissä oppilaille niin, että sisältö on sekä ymmärrettävää että kiinnostavaa? Ratkaisimme tämän niin, että johdantoteemoissa rajan käsitteeseen on mahdollista tutustua kahden oppimisaihion kautta, joista toinen lähestyy aihetta oman lähiympäristön ja siitä tehtävien havaintojen avulla, ja toinen rajatutkimuksen peruskäsitteiden kautta. Käytännössä rajan käsitteen popularisointi osoittautui yllättävän haasteelliseksi, ja sivustolle tulevia tekstejä jouduttiin muokkaamaan useaan otteeseen. Opettajille suunnatuissa tukimateriaaleissa annoimme vinkkejä siihen, miten oppilaiden elinympäristöt voidaan linkittää raja-aiheeseen.

Pohdimme lisäksi, tulevatko opettajat käyttämään materiaalia, koska raja-aihe ja tiedekasvatus eivät kuulu suoraan mihinkään oppiaineeseen. Materiaalin käytettävyyden takamiseksi pyrimme löytämään nykyisistä ja uusista opetussuunnitelmista sekä rajatutkimuksesta yhteisiä sisältöjä, joiden kautta valitsimme materiaalin teemat (Taulukko 1).

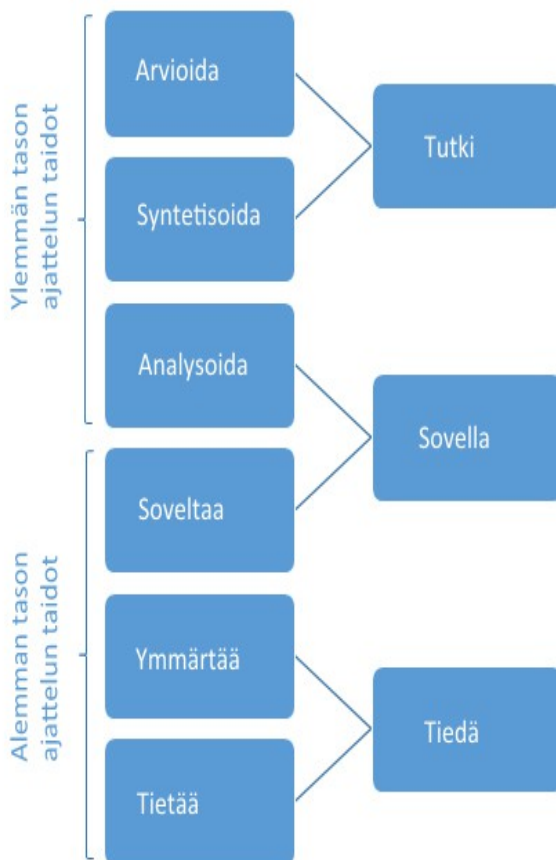
Koulupilotoinneissa saimme tietoa siitä, miten ymmärrettävää ja kiinnostavaa materiaalin sisältö oli oppilaiden ja opettajien näkökulmasta. RajatOn-materiaalia testanneet opettajat kertoivat kirjallisissa palautteissaan ja haastatteluissa, että materiaali oli selkeää ja hyvin laadittua, ja se tarjosi hyvän pohjatiedon raja-aiheeseen. Omat havaintomme osoittivat kuitenkin, että toiselle yhdeksäsluokkalaisten ryhmälle *Rajoja on monenlaisia* -teksti oli haasteellinen. Opettajat kokivat, että materiaali vaatii perehtymistä ennen käytäntöön soveltamista.

Palautelomakkeiden perusteella suurin osa oppilaista oli omaksunut oppituntien keskeiset sisällöt. Oppilaat antoivat tunteista positiivista palautetta. Uudessakaupungissa 39 prosenttia oppilaista oli sitä mieltä, että oppitunti oli mielenkiintoinen, ja 56 prosenttia oppilaista antoi oppitunnista neutraalia palautetta. Lappeenrannassa vastaavat luvut olivat 52 ja 37 prosenttia. Molemmissa kaupungeissa vain kaksi oppilasta oli sitä mieltä, että tunti ei ollut mielenkiintoinen. Toisaalta kaikista oppilaista vain 13,8 prosenttia ilmoitti haluavansa oppia lisää raja-aiheesta lisää.

Pedagoginen tieto (PK) ei noussut merkittävästi esiin tutkimusaineistosta. Oletimme, että opettajat hallitsevat pedagogisen tiedon koulutuksensa ja kokemuksensa kautta. Koulupilotoinneissa emme kiinnittäneet huomiota opettajien perusopetustaitoihin.

Pedagogisen sisältötiedon (PCK) osalta tutkimusaineistossa käsiteltiin tieteen ja tutkimuksen opetusta kouluissa. Pohdimme, miten tieteellinen näkökulma sisällytettäisiin oppitunneille ja miten opettajat lähestyisivät raja-aihetta luokassa. Olimme kiinnostuneita siitä, millaisia pedagogisia malleja opettajat käyttäisivät ja millaista oppimiskulttuuria he soveltaisivat. Pyrimme rakentamaan RajatOn-materiaalia niin, että se tukisi oppilaslähtöistä tutkimuspainotteista oppimista. Tukeaksemme opettajien työtä, rakensimme materiaaliin tutkimuksellisuutta painottavia pedagogisia ohjeita ja valmiita tuntisuunnitelmia. Päätimme myös, että materiaali tarkastelisi rajaa monipuolisesti eri näkökulmista ja tukisi tällä tavoin ilmiöpohjaista oppimista ja monialaisten oppimiskokonaisuuksien toteuttamista.

Toinen keskeinen pedagogista sisältötietoa koskeva teema oli materiaalin pedagoginen joustavuus. Pohdimme, miten opettaja voi rakentaa materiaalista kokonaisuuksia omalle oppitunnilleen. Päätimme rakentaa verkkotekstit ja tehtävät niin, että ne vaikeutuvat edetessään, ja niistä voi poimia omaan opetukseen sopivia osia. Kysymysten ja tehtävien laatimisessa käytimme Bloomin (1956; 2001) luomaa ajattelutaitojen luokittelujärjestelmää. Bloomin taksonomia on hierarkkinen malli, jossa edetään alemman tason ajattelutaidoista korkeamman tason ajattelutaitoihin. Supistimme Bloomin kuusiportaisen mallin kolmeen portaaseen, jotta saimme muodostettua kolme toisistaan selkeästi poikkeavaa tehtäväkategoriaa (Kuva 2). Ensimmäiseen portaaseen kuuluivat aiheiden tunnistamista, muistamista ja ymmärtämistä, toiseen soveltamista ja analysointia, ja kolmanteen tutkimustaitoja (arvioivaa ajattelua ja uuden tiedon tuottamista) tukevat kysymykset ja tehtävät. Jokaiseen materiaalin sisältämään tekstiin liitettiin sekä korkeamman tason ajattelun taitoja että alemman tason ajattelun taitoja kehittäviä kysymyksiä ja tehtäviä (Tiedä, Sovella ja Tutki). Nämä kysymykset ja tehtävät järjestettiin niin, että jokaisessa kategoriassa ensimmäiset olivat helpoimpia ja viimeiset vaikeimpia. Tällä tavoin pyrimme rakentamaan materiaalia, joka soveltuisi eri-ikäisille oppijoille.



Kuva 2: Materiaalien tehtäväkategorioiden muodostaminen Bloomin taksonomiasta.

Koulupilotoinnit osoittivat, että RajatOn-materiaalia on mahdollista käyttää eri tavoin; Lappeenrannassa opettaja poimi materiaalista omaan opetukseensa soveltuvia palasia ja Uudessakaupungissa materiaali toimi opetuksen runkona. Toinen opettajista toivoi, että materiaalissa olisi selkeämpi yhteys tieteeseen ja tutkimukseen, jolloin materiaali, ja sen pohjalta toteutettavat tiedekasvatustunnit eroaisivat selkeästi perinteisistä oppitunneista. Vaikka opettajan mielestä materiaalista löytyi useita hyviä tutkimustehtäviä, hän kaipasi tukea tieteellisen näkökulman sisällyttämiseen oppitunneille sekä aiheen sisältöä että pedagogiikkaa ajatellen. Opettajien palautteiden perusteella raja-aihe sopisi erinomaisesti eri oppiaineiden väliseen yhteistyöhön.

Molemmat opettajat käyttivät oppitunneillaan perinteistä opettajälähtöistä opetustapaa, eivätkä oppilaat tehneet tunneilla varsinaista tutkimusta, vaan pelkästään aiheeseen liittyviä tehtäviä. Toinen opettajista kertoi, että hän ei uskaltanut irrottautua opettajajohtoisesta opetuksesta ja materiaalista, koska aiheessa oli hänelle liian monta uutta näkökulmaa. Yksi oppitunti oli selvästi liian lyhyt uuden aiheen käsittelyyn tutkimuksellisella otteella – varsinkin, kun aihe oli opettajalle uusi. Opettajien mielestä oppilaslähtöinen tutkimuksellinen lähestymistapa sopii parhaiten vähintään 2–3 oppitunnin mittaisiin oppimiskokonaisuuksiin.

Teknologiseen tietoon (TK) liittyen olimme ennakkoon päättäneet, että RajatOn-materiaali sijoitetaan verkkoon, ja että sitä tulee voida käyttää laitteista ja käyttöjärjestelmistä riippumatta. Sijoitimme materiaalin ilmaiselle, avoimelle, eri käyttöjärjestelmiä tukevalle verkkopohjaiselle alustalle (WordPress). Lähtökohtana oli, että materiaalin käyttöön riittävät tieto- ja viestintäteknikan perustaidot. Tällä tavoin pyrimme takaamaan materiaalin esteettömän käytön ja luomaan mahdollisimman helpon käyttäjäkokemuksen sekä mahdollistamaan materiaalin käytön paikasta riippumatta – informaaleissa ja formaaleissa oppimisympäristöissä.

Koulupilotoinnit osoittivat, että valittu alusta on toimiva ja materiaalit helposti löydettävissä. Kaikki sähköiset aineistot eivät kuitenkaan toimineet niillä selaimilla tai käyttöjärjestelmillä, joita oppilailla oli käytettävissä. Koulupilotoinnit tukivat ratkaisua, että tiedekasvatusmateriaalin käyttö on mahdollistettava myös ilman verkkoa. Vain toisessa koulussa pystyttiin käyttämään materiaalin sisältämiä sähköisiä aineistoja ja niihin liittyviä tehtäviä. Toisessa koulussa oppilaat saivat materiaalin paperikopioina, eivätkä he pystyneet hyödyntämään verkossa olevia tukimateriaaleja tai verkkoa oppimisen tukena.

Teknologisen sisältötiedon (TCK) osalta tutkimusaineistossa käsiteltiin sähköisten aineistojen ja työkalujen käyttöä. Pyrkimyksenämme oli sisällyttää materiaaliin sellaisia sähköisiä aineistoja ja työkaluja, jotka edistäisivät raja-aiheen, tieteiden ja tutkimustaitojen omaksumista (esimerkiksi verkkopohjaisia paikkatieto-ohjelmia, yleistajuisia tutkimusartikkeleja, uutisia).

Lappeenrannan koulupilotoinnissa oppilaat tekivät tehtävän, jossa he hyödynsivät BBC:n verkkosivujen Euroopan muuttuvat rajat -karttasovellusta (BBC 2014). Heidän tehtävänään oli tutkia, miten Euroopan rajat muuttuivat ensimmäisen maailmansodan seurauksena. Havaintojemme ja oppilaiden antaman palautteen mukaan sovelluksen käyttö auttoi oppilaita ymmärtämään, miten rajat muuttuivat maailmansodan jälkeen, ja mitä valtioita Eurooppaan syntyi entisten suurvaltojen tilalle.

Pedagogis-teknologista tietoa (TPK) koskien tutkimusaineistosta löytyy kaksi huomiota. Päätimme, että materiaalissa huomioidaan sekä verkko-opetuksen että lähiopetuksen tarpeet. Lisäksi pohdimme, miten teknologian ja sovellusten käyttö vaikuttaa tiedekasvatuk-

sen toteuttamiseen. Laadimme ohjeita ja vinkkejä tukemaan teknologian teknistä ja pedagogista käyttöä. Näistä ohjeista emme saaneet palautetta koulupilotoinneissa, sillä opettajat eivät toteuttaneet oppitunnilla tehtäviä, joissa ohjeistuksia olisi tarvittu.

Teknologis-pedagogisen sisältötiedon (TPACK) osalta päähuomio oli verkkosivuston rakentamisessa. Koulupilotoinneista saatujen kokemusten perusteella muokkasimme sivuston rakennetta, että se ohjaisi opettajia tutustumaan heille suunnattuihin ohjeisiin ja käyttämään materiaalia oppilaiden tiedeosaamisen kehittymistä tukevalla tavalla. Pohdimme myös RajatOn-materiaalin tulevaisuutta. Tiedostimme, että materiaali vaatii ylläpitoa ja uudistamista. Miten voisimme varmistaa, että materiaalin tekniset, pedagogiset ja sisällölliset ratkaisut säilyttävät ajankohtaisuutensa? Hankkeen päätyttyä materiaalin tulisi siirtyä sellaisen toimijan alaisuuteen, joka kykenee ylläpitämään ja päivittämään sivustoa.

Pohdinta

Artikkelin tavoitteena oli tutkia, millaisia tekijöitä verkkopohjaista tiedekasvatusmateriaalia kehitettäessä tulee huomioida. Tarkastelun kohteena oli rajatutkimuksen kontekstiin laadittu verkkopohjainen tiedekasvatusmateriaali. Tutkimus osoittaa, että tiedekasvatusmateriaalin rakentamisessa jouduttiin ratkaisemaan monia sisältöön, teknologiaan ja pedagogiikkaan liittyviä asioita.

Materiaalin laatiminen lähti tiedekasvatuskäsitteen määrittelemisestä. Kun tiedekasvatus ymmärretään laajasti tiedeosaamisen ja tieteellisen lukutaidon edistämisenä, ei riitä, että materiaali sisältää tieteenalakohtaista tietoa ja tutkimusmenetelmiä. Joudutaan miettimään erilaisia keinoja, joilla tieteellistä näkökulmaa tuodaan materiaaliin; miten tiedekasvatusmateriaali eroaa tavallisesta oppimateriaalista. Olimme ratkaisseet tämän muun muassa laatimalla verkkotekstit hyvän tieteellisen käytännön mukaan. Tutkimuksemme osoitti, että RajatOn-materiaalin yhteys tieteeseen ja tutkimukseen ei ollut riittävän selkeä. Ideaalitulanteessa tiedekasvatuksen näkökulma rakennetaan materiaaliin kokonaisvaltaisesti niin, että materiaalin käyttäjäkin ymmärtää, mitä tiedekasvatuksella tarkoitetaan, mihin sillä pyritään, ja miten materiaali tukee tätä päämäärää. Tällöin materiaali ja sen pohjalta toteutetut tiedekasvatustunnit eroavat paremmin perinteisistä oppitunneista. Tiedekasvatuksen haasteena on popularisoida tieteellistä tietoa kouluopetukseen sopivaksi sisällöksi. Siitä huolimatta, että olimme muokanneet pilotointitekstejä useaan otteeseen, oli yksi teksteistä vaikea oppilaille. Tähän saattoi vaikuttaa se, että teksti oli puhtaasti teoreettinen. Oppilaiden motivaatio uusien asioiden opiskeluun kasvaa, kun opiskeltavat asiat liittyvät jollakin tavalla oppilaalle tärkeään kontekstiin. Materiaalissa on tärkeä korostaa opittavan aiheen yhteyttä aiemmin opittuun asiaan, oppilaiden lähiympäristöön tai heidän omakohtaisiin kokemuksiinsa. (Cantell ym. 2007, 167.)

Avoin verkkopohjainen tiedekasvatusmateriaali voi tukea valtakunnallisia tiedekasvatustavoitteita, koska se on vapaasti kaikkien saatavilla. Verkkopohjaisuuden ansiosta materiaali voi toimia tiedekasvatuksen eikä pelkästään tiedeopetuksen välineenä, jolloin se olisi vain opettajien käytössä. Toisaalta tutkimuksemme osoitti, että verkkopohjainen oppimateriaali voi epätasa-arvoistaa kouluja asettamalla heikompaan asemaan ne oppilaat ja opettajat, joilla ei ole tarvittavaa teknologiaa käytettävissään. Suomessa koulujen teknisissä resurssseissa saattaa olla merkittäviä alueellisia eroja (Survey of Schools 2013), eikä kaikilla kouluilla ole samanlaisia mahdollisuuksia hyödyntää verkkopohjaista materiaalia. Uudistuvien opetussuunnitelmien myötä koulutuksen rakenteet tulevat mahdollistamaan entistä paremmin tiedekasvatuksen toteuttamisen kouluissa. Siksi on tärkeää päivittää koulujen tekniset resurssit niin, että olemassa olevia materiaaleja voidaan käyttää tehokkaasti.

Verkkopohjaisen tiedekasvatusoppimateriaalin laatimisessa huomioidaan samoja asioita kuin verkko-oppimateriaalin laatimisessa yleensä. Tietoa on saatavilla erilaisissa laatimisoppaissa (Opetushallitus 2011). Verkkopohjaisuus voi tukea tieteellisen tiedon omaksumista. Tutkimuksemme viittasi siihen, että esimerkiksi sähköiset sovellukset voivat auttaa aiheen oppimisessa. Verkkopohjaisuuden ja tiedekasvatuksen näkökulman yhdistäminen sisältöön tulee olla hyvin rakennettu ja käyttäjille perusteltu sekä tukea käytännön opetusta.

Lopuksi olimme kiinnostuneita siitä, miten tiedekasvatusmateriaali toimii käytännössä. Tutkimuksemme osoitti, että pedagogiikkaa ajatellen materiaali ei toiminut asettamiemme tavoitteiden mukaisesti. Opettajat eivät käyttäneet oppitunneilla tutkivaa opetusta ja molemmat päätyivät opettajalähtöiseen opetustapaan. Tutkimusten mukaan opettajat tarvitsevat tukea pedagogiikkaan eli siihen, millä tavalla materiaalia on tarkoitus hyödyntää opetuksessa (Survey of Schools 2013; Ilomäki 2012, 10). Muutos opettajien pedagogisissa käytänteissä on Fullanin (2007, 30–31) mukaan avainasemassa opetusinnovaatioiden leviämässä. Kokonaisvaltainen muutos opetuksessa hankaloituu, jos opetusinnovaatiota sovitetaan vanhoihin pedagogisiin malleihin. Tutkimuksemme puhuu pedagogisen tuen tärkeyden puolesta, sillä tiedekasvatuksen näkökulman huomioiminen oppitunnilla voi olla opettajalle haastavaa ja aikaa vievää. Opettajille suunnattu tukimateriaali nouseekin keskeiseen rooliin tiedekasvatusmateriaalin laatimisessa ja tiedekasvatuksen levittämisessä kouluihin. Verkkopohjaisen materiaalin haasteena on ohjata opettajat lukemaan heille suunnatut ohjeet ja sitä kautta soveltamaan materiaalia niin, että se edistää oppilaiden tiedeosaamista.

Tiedekasvatuksen riskinä on, että se voi sekoittua samansuuntaisiin opetusinnovaatioihin kuten tutkivaan ja ilmiöpohjaiseen oppimiseen. Fullan (2007, 88–92) toteaa, että opetusinnovaation epäselvyys ja kompleksisuus hankaloittavat sen leviämistä. Tiedekasvatuksen edistystyössä onkin tärkeää tehdä ero tiedekasvatuksen ja samankaltaisten opetusinnovaatioiden välille. Opettajille on tärkeää korostaa, että pelkästään näiden pedagogisten mallien käyttäminen ei ole tiedekasvatusta. Ne eivät takaa sitä, että tutkimuksia tehtäisiin tieteellisillä menetelmillä tai hyvän tieteellisen käytännön mukaan. Tässä työssä korostuu opettajien koulutuksen (perustutkinto- ja täydennyskoulutuksen) rooli. Koulutus voi tukea tiedekasvatuksen leviämistä tarjoamalla opettajille tietoa olemassa olevista tiedekasvatusoppimateriaaleista ja riittävää osaamista tiedekasvatustuntien toteuttamiseen.

Lopuksi

Verkkopohjainen tiedekasvatusmateriaali tarjoaa luonnollisen väylän koulu- ja tiedemaailman väliseen yhteistyöhön. Opettajien näkemykset, kokemukset ja asiantuntijuus luovat kehyksen tiedekasvatusmateriaalin laatimiselle. Yliopistoille tiedekasvatus antaa mahdollisuuden tieteen popularisointiin ja tutkimustiedon levittämiseen, uusien tutkijanalkujen houkutteluun tieteen pariin ja yhteiskunnalliseen vuorovaikutukseen. Yhteistyötä tiedekasvatuksessa voi tehdä kaikilla tieteen aloilla, mikä edesauttaa koululaisia ymmärtämään ajan-kohtaisia globaaleja kysymyksiä.

Tämän artikkelin tutkimusaineisto oli rajallinen ja sen perusteella voi tehdä vain suuntaa antavia johtopäätöksiä tutkitusta aiheesta. Toisaalta näin pienessäkin tutkimusaineistossa nousi esiin monia tiedekasvatusoppimateriaaliin ja tiedekasvatuksen toteuttamiseen liittyviä haasteita. Jatkossa olisi tärkeää tutkia laajemmin eri tieteenalojen tiedekasvatusmateriaalien käyttöä opetuksessa, ja selvittää millaisia vaikutuksia lyhyt- ja pitkäkestoisella tiedekasvatuksella on oppimiseen ja tiedeosaamisen kehittämiseen.

Lähteet

Painamattomat lähteet

- Kaisto, Virpi 2014. Muistiinpanot verkkopohjaisen tiedekasvatusmateriaalin laatimisesta RajatOn-hankkeessa touko–lokakuu 2014. Kirjoittajan hallussa.
- Kaisto, Virpi & Koskelo, Krista 2014a. Rajat lähiympäristössämme. RajatOn [www-lähde]. < <http://rajatontiedekasvatusta.wordpress.com/oppimateriaali/teemat/johdatus-rajoihin/lahiympariston-rajat/> > (Luettu 7.11.2014).
- Kaisto, Virpi & Koskelo, Krista 2014b. Rajoja on monenlaisia. RajatOn [www-lähde]. < <http://rajatontiedekasvatusta.wordpress.com/oppimateriaali/teemat/johdatus-rajoihin/rajoja-on-monenlaisia/> > (Luettu 7.11.2014).
- Kaisto, Virpi & Koskelo, Krista 2014c. Muuttuvat rajat. RajatOn [www-lähde]. < <http://rajatontiedekasvatusta.wordpress.com/oppimateriaali/teemat/valtioiden-rajat/muuttuvat-rajat/> > (Luettu 7.11.2014).
- Koskelo, Krista 2014. Muistiinpanot verkkopohjaisen tiedekasvatusmateriaalin laatimisesta RajatOn-hankkeessa touko–lokakuu 2014. Kirjoittajan hallussa.
- Kyselylomake oppilaille 2014. Palautelomakkeet RajatOn-materiaalia testanneilta oppilailta (67 kpl). Kirjoittajien hallussa.
- Kyselylomake opettajille 2014. Palautelomakkeet RajatOn-materiaalia testanneilta opettajilta (2 kpl). Kirjoittajien hallussa.
- Muistiinpanot RajatOn-materiaalia testanneiden opettajien haastatteluista 2014 (2 kpl). Kirjoittajien hallussa.
- Kirjoittajien havaintomuistiinpanot RajatOn-materiaalien pilotointioppitunneista 2014 (5 kpl). Kirjoittajien hallussa.

Kirjallisuus

- Abell, Sandra K. & Lederman, Norman G. 2007. Handbook of Research on Science Education. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abell, Sandra K. & Lederman, Norman G. 2014. Handbook of Research on Science Education 2. New York: Routledge.
- Ahtee, Maija & Markkanen, Tapio 1997. Esipuhe. Teoksessa Ahtee, Maija & Markkanen, Tapio (toim.), Tiedeopetus kouluissa: Mitä tiede ja tieteellisyys merkitsevät. Helsinki: Helsingin yliopisto, Opettajankoulutuslaitos.
- Aksela, Maija 2012. Tiedekasvatus ja sen tulevaisuus. *Tieteessä tapahtuu* 30 (4), 1–2 [www-lähde]. < <http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/view/6496/5343> > (Luettu 22.9.2014).
- BBC 2014. Europe's changing borders. [www-lähde]. < http://news.bbc.co.uk/2/shared/spl/hi/europe/02/euro_borders/html/default.stm > (Luettu 20.10.2014).
- Bencze, John Lawrence & Alsop, Steve (toim.) 2014. Activist Science and Technology Education. *Cultural Studies of Science Education* 9. Dordrecht: Springer.
- Benton-Borgh, Beatrice H. 2013. A Universally designed for learning (UDL) infused Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) practitioners' model essential for teachers' model essential for teacher preparation in the 21st century. *Journal of educational computing research* 48 (2), 245–265.

- Bower, Matt, Hedberg, John, G. & Kuswara, Andreas 2014. A framework for Web 2.0 learning design. *Educational Media International* 47 (3), 177–198.
- Bloom, Benjamin S. 1956. *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals: Handbook 1, Cognitive Domain*. London: Longmans.
- Bloom, Benjamin S., Anderson, Lorin W. & Krathwohl, David R. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Bruguière, Catherine, Tiberghien, Andrée & Pierre Clément 2014. Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions. *Contributions from Science Education Research*, 2213–3623.
- Cambell, Carol, Fullan, Michael & Glaze, Avis (toim.) 2006. *Unlocking Potential for Learning. Effective District-Wide Strategies to Raise Student Achievement in Literacy and Numeracy*. Ministry of Education Ontario. [www-lähde]. <<http://www.michaelfullan.ca/media/13396071960.pdf>> (Luettu 1.1.2015).
- Cantell, Hannele, Rikkinen, Hannele & Tani, Sirpa 2007. *Maa ilma minussa – minä maailmassa*. Maantieteen opettajan käsikirja. Helsingin yliopisto. Soveltavan kasvatustieteen laitos, *Studia Pedagogica* 33.
- Dos Santos, Wildson L. P. 2009. Scientific Literacy: A Freirean Perspective as a Radical View of Humanistic Science Education. *Science Education* 93 (2), 361–382.
- E-learning methodologies. A guide for designing and developing e-learning courses 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Engeström Yrjö 1984. *Perustietoa opetuksesta*. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- European Commission 2002. *Science and Society: Action Plan*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities [www-lähde]. <http://ec.europa.eu/research/science-society/pdf/ss_ap_en.pdf> (Luettu 22.9.2014).
- Fullan, Michael 1994. Coordinating Top-Down and Bottom-Up Strategies for Educational Reform. *Systemic Reform: Perspectives on Personalizing Education*, 1–7. [www-lähde]. <<http://www.michaelfullan.ca/media/13396035630.pdf>> (Luettu 1.1.2015).
- Fullan, Michael 2006. *Change Theory: A Force for School Improvement*. Centre for Strategic Education Seminar Paper, No. 157 [www-lähde]. <<http://www.michaelfullan.ca/media/13396072630.pdf>> (Luettu 1.1.2015).
- Fullan, Michael 2007. *The New Meaning of Educational Change*. New York NY, London: Teachers College, Columbia University.
- Fullan, Michael 2011. *Whole System Reform for Innovate Teaching and Learning*. OISE/University of Toronto. [www-lähde]. <<http://www.michaelfullan.ca/media/13435855110.html>> (Luettu 1.1.2015).
- Hakkarainen, Kai, Lonka, Kirsti & Lipponen, Lasse 1999. *Tutkiva oppiminen*. Porvoo: WSOY.
- Hechter, Richard & Phye, Lynette 2010. Using online videos in the science methods classroom as context for developing preservice teachers' awareness of the TPACK components. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (1), 3841–3848.
- Helsingin Sanomat 2014. *Vantaa ostaa oppilailleen taulutietokoneet* [www-lähde]. <<http://www.hs.fi/kaupunki/a1412657636787>> (luettu 7.1.2015).
- Heureka 2014 [www-lähde]. <<http://www.heureka.fi/fi/yleista-heurekasta>> (Luettu 27.12.2014).

- Hsieh, Inga K., Murray, Kathleen R. & Hartman, Cathy Nelson 2007. Developing Collections of Web-Published Materials. *Journal of Web Librarianship* 1 (2), 5–26.
- Hofer, Mark, Grandgenett, Neal, Harris, Judith B. & Swan, Kathy 2011. Testing a TPACK-Based Technology Integration Observation Instrument. *Teacher Education Faculty Proceedings & Presentations*. Paper 19, 4352–4359.
- Holbrook, Jack & Rannikmäe, Miia 2009. The Meaning of Scientific Literacy. *The International Journal of Environmental and Science Education* 4 (3), 275–288.
- Holbrook, Jack, Rannikmäe, Miia & Valdmann, Ana 2014. Identifying teacher needs for promoting Education through Science as a paradigm shift in Science Education. *Science Education International* 25 (2), 133–171.
- Ilomäki, Liisa (toim.) 2008. Sähköä opetukseen! Digitaaliset oppimateriaalit osana oppimisympäristöä. Helsinki: Opetushallitus.
- Ilomäki, Liisa 2012. Erilaiset e-oppimateriaalit. Teoksessa Ilomäki, Liisa (toim.), *Laatua e-oppimateriaaleihin. Oppaat ja käsikirjat 2012: 5*. Helsinki: Opetushallitus, 7–11.
- Koehler, Matthew & Mishra, Punya 2009. What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 9 (1), 60–70.
- Kolossov, Vladimir 2005. Border Studies: Changing Perspectives and Theoretical Approaches. *Geopolitics* 10 (4), 606–632.
- Kuukasjärvi, Markku 2010. Kasvatus, opetus ja oppiminen. Formaali, informaali ja nonformaali kasvatus [www-lähde]. < http://oppimateriaalit.jamk.fi/kasvatus_opetus/kasvatuk-sen-kasite/formaali-informaali-ja-nonformaali-kasvatus > (Luettu 5.1.2015).
- Lahdes, Erkki 1997. Peruskoulun uusi didaktiikka. Helsinki: Otava.
- LUMA 2014 [www-lähde]. < <http://www.luma.fi/keskus/1740> > (Luettu 27.12.2014)
- Mikkilä-Erdmann, Mirjamaija, Olkinuora, Erkki & Mattila, Eija 1999. Muuttuneet käsitykset oppimisesta ja opettamisesta – haaste oppikirjoille. *Kasvatus* 30 (5), 436–449.
- Mishra, Punya & Koehler, Matthew J. 2006. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record* 108 (6), 1017–1054.
- Multisilta, Jari 2013. Ylioppilastutkinto sähköistyy. *Tiedosta* 13 (1), 20–22.
- Opetushallitus 2003. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Helsinki.
- Opetushallitus 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Helsinki.
- Opetushallitus 2006. Verkko-oppimateriaalin laatukriteerit. Työryhmän raportti 16.12.2005 [www-lähde]. < http://www.oph.fi/download/47132_verkko-oppimateriaalin_laatukriteerit.pdf > (Luettu 20.10.2014).
- Opetushallitus 2011. Tieto- ja viestintätekniikka opetuskäytössä. Välineet, vaikuttavuus, hyödyt. Tilannekatsaus toukokuu 2011. Muistiot 2011: 2 [www-lähde]. < http://www.oph.fi/download/132877_Tieto-ja_viestintatekniikka_opetuskaytossa.pdf > (Luettu 20.10.2014).
- Opetushallitus 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet: luvut 1–12. Luonnos 19.9.2014 [www-lähde]. < http://www.oph.fi/download/160358_opsluonnos_perusopetus_luvut_1_12_19092014.pdf > (Luettu 24.10.2014).
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2013. Ministeri Kiuru myönsi miljoona euroa tiedekasvatuksen kehittämishankkeisiin. *Tiedote* 13.12.2013 [www-lähde]. < http://www.minedu.fi/OPM/Tiedotteet/2013/12/Tiedekasvatuksen_avustukset.html?lang=fi > (Luettu 20.10.2014).
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014a. Suomi tiedekasvatuksessa maailman kärkeen 2020. Ehdotus lasten ja nuorten tiedekasvatuksen kehittämiseksi. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2014: 17. [www-lähde]. <

- <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2014/liitteet/tr17.pdf?lang=en>
> (Luettu 25.9.2014).
- Opetus- ja kulttuuriministeriö 2014b. Lukion uusi tuntijako hyväksyttiin – lukiokoulutukselle oma kehittämishanke. Tiedote 13.11.2014 [www-lähde]. < <http://www.minedu.fi/OPM/Tiedotteet/2014/11/lukiontuntijako.html> > (Luettu 13.11.2014).
- Opetusministeriö 2004. Tiede ja yhteiskunta -työryhmän muistio. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2004: 28 [www-lähde]. < http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2004/liitteet/opm_213_tr28.pdf?lang=fi > (Luettu 25.9.2014).
- Paananen, Sini 1990. Entä Jos Planeetat Ovatkin Kuutioita: Tiedeopiskelua Koulussa. Helsinki: VAPK-kustannus.
- Paananen, Sini & Aho, Leena 1991. Lumiukkoko Tiedettä: Tiedeopiskelua Koulussa II. Helsinki: VAPK-kustannus.
- Popescu, Gabriel 2012. Bordering and Ordering the Twenty-First Century: Understanding Borders. Lanham, Md: Rowman & Littlefield.
- Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma 2011 [www-lähde]. < <http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/147449/Kataisen+hallituksen+ohjelma/81f1c20f-e353-47a8-8b8f-52ead83e5f1a> > (Luettu 12.3.2015).
- Salmi, Hannu, Kaasinen, Arja & Kallunki, Veera 2012. Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality (AR): Visualising the Invisible in Science Centres and Schools for Teacher Education. *Social and Behavioral Sciences* 45, 284–295.
- Sanoma Pro 2014. Koulujen digitalisoituminen -tutkimus. Esitys [www-lähde]. < <http://www.slideshare.net/SanomaPro/sanoma-pro-koulujen-digitalisoituminen-tutkimustarkennettu-raporttifinal?related=1> > (Luettu 29.10.2014).
- Sawyer, Keith 2008. Optimising Learning: Implications of Learning Sciences Research. Teoksessa *Innovating to Learn, Learning to Innovate*. OECD, 45–65 [www-lähde]. < http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/innovating-to-learn-learning-to-innovate_9789264047983-en#page1 > (Luettu 28.10.2014).
- Shulman, Lee 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4–14.
- Shulman, Lee 1987. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review* 57 (1), 1–22.
- Siko, Jason P. & Barbour, Michael K. 2012. Homemade PowerPoint Games: Game Design Pedagogy Aligned to the TPACK Framework. *Computers in the Schools: Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research* 29 (4), 339–354.
- Sipilä, Keijo 2013. No Pain, No Gain? Educational Use of ICT in Teaching, Studying and Learning Processes: Teachers' and Students' Views. *Acta Universitatis Lapponiensis* 269.
- Survey of Schools: ICT in Education Benchmarking Access, Use and Attitudes to Technology in Europe's Schools 2013. Final Study Report. European Union, Belgium.
- Thuneberg, Helena, Salmi, Hannu & Vainikainen, Mari-Pauliina 2014. Tiedenäyttely, motivaatio ja oppiminen. *Psykologia* 49 (6), 420–435.
- Tietomaa 2014 [www-lähde] < <http://www.tietomaa.fi/info/historia> > (Luettu 27.12.2014).
- Tokmak, Hatice Sancar 2013. Changing preschool teacher candidates' perceptions about technology integration in a TPACK-based material design course. *Education as Change* 17 (1), 115–129.

- Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2004. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Jyväskylä: Gummerus.
- TuKoKe 2014. Tutki Kokeile Kehitä -tiede- ja teknologiakilpailu [www-lähde]. < <http://www.tukoke.fi/info> > (Luettu 27.12.2014).
- Turja, Leena 2011. Tiedekasvatus ja lapsen tutkiva toiminta. Teoksessa Hujala, Eeva & Turja, Leena (toim.), Varhaiskasvatuksen käsikirja. Jyväskylä: PS-kustannus, 179–194.
- Yle 2014. Suurin osa lukioista vaatii tai suosittelee omaa kannettavaa - katso kuntasi lukion tilanne [www-lähde]. < http://yle.fi/uutiset/suurin_osa_lukioista_vaatii_tai_suosittelee_omaa_kannettavaa_katso_kuntasi_lukion_tilanne/7444790 > (Luettu 7.1.2015).

Krista Koskelo toimii projektitutkijana Turun yliopiston maantiedon ja geologian laitoksella.

Virpi Kaisto toimii projektitutkijana Lappeenrannan teknillisen yliopiston Etelä-Karjala-instituutissa.