

Kestävä kehitys ja kemia opettajankoulutuksessa

Maija Aksela

Tässä artikkelissa käsitellään kestävän kehityksen ja siihen liittyvän kestävän kemian edistämistä Helsingin yliopiston Kemian opettajankoulutusyksikön kemian opetuksessa opettajien koulutuksen ja siihen liittyvän tutkimuksen kautta. Artikkelissa esitellään yksikön kestävän kehityksen strategia ja esimerkkejä sen toteutumisesta koulutuksessa. Lisäksi kuvataan, miten kehittämistutkimuksemme pyrkii edistämään käytännön kestävän kemian opetusta. Lopuksi esitellään kestävän kehityksen edistämässä keskiössä olevien taitojen tukemista mielekkäässä kemian opetuksessa ja sen arvioinnissa.

“If we want a greener planet, and sustainable futures for all, we must ask more from our education systems than just a transfer of knowledge. We need our schools, universities and lifelong learning programmes to focus on economic, environmental and social perspectives that help nurture empowered, critical, mindful and competent citizens.” (Aaron Benavot, Director of the GEM Report, UNESCO, 2016)

Kestävä kemia on Helsingin yliopiston Kemian laitoksen koulutuksen ja tutkimuksen yksi painopistealue, myös opettajien koulutuksessa. Kemialla ja sen osaamisella on keskeinen rooli kestävän kehityksen edistämässä ja globaalien haasteiden ratkaisemisessa sekä perustutkimuksen, koulutuksen että innovaatioiden kautta.

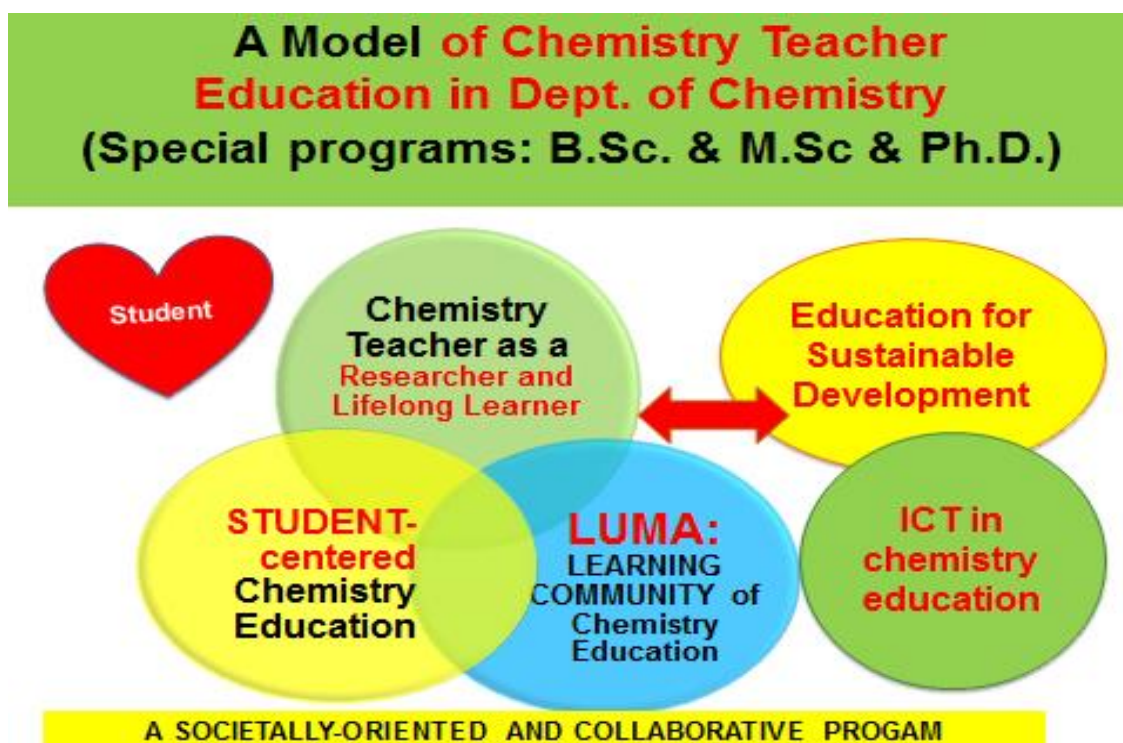
Kestävän kehityksen edistämiseen koulutuksen kautta on suuri tarve maailmanlaajuisesti (Unesco, 2016). Opettajankoulutuksella on merkittävä tehtävä kestävän tulevaisuuden edistämässä. Opettajien vaikutus on pitkäaikainen: Jokainen opettaja vaikuttaa ainakin sata vuotta: ensin oman työaikansa ja sitten kouluttamiensa oppilaiden kautta. Jotta kestäväan kehitykseen liittyvä koulutus on systemaattista ja opettajat saavat sen opettamiseen tarvittavat perussiemenet (tiedot, taidot ja pedagogisen osaamisen), niin laadimme kestävän kehityksen opetukseen strategian (ks. myöhemmin) tutkimusryhmämme kanssa. Aikaisemman tutkimuksen (Burmeister & Eilks, 2013; Juntunen & Aksela, 2014) mukaan opettajilla ja heidän ohjaajillaan on usein riittämättömät tiedot ja taidot kestävän kehityksen ja sen kemian edistämässä opetuksellisesti. Myös opetusmateriaalista, joka käsittelee kestävän kehityksen eri ulottuvuuksia, on puutetta.

Uudet opetussuunnitelman perusteet myös velvoittavat kestävän kehityksen opetuksen edistämiseen ja kehittämiseen sekä opettajien kouluttamista siihen. Kestävä tulevaisuus on keskeinen osa sekä laaja-alaisen osaamisen tavoitteita että kemian tavoitteita ja sisältöjä uusissa Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014 (Opetushallitus, 2014) ja Lukion opetussuunnitelman perusteissa 2015 (Opetushallitus, 2015). Kemian opetuksessa tulisi korostaa kestävän kehityksen opetusta myös eettisten ja moraalisten kysymysten näkökulmasta ja käsitellä aiheita paikallisella, kansallisella sekä kansainvälisellä tasoilla.

Tavoitteenamme on kouluttaa tuleva sukupolvi vastuullisiksi tulevaisuuden kansalaisiksi. Olemme sitoutuneet koulutuksessa Kestävä kehitys opetuksessa -kurssimme

kautta kansalliseen yhteiskuntasitoumukseen "Suomi, jonka haluamme 2050" (Ympäristöministeriö, 2016). Ajankohtainen kiertotalous on yhtenä teemana koulutuksessamme: teemme aiheen parissa yhteistyötä teollisuuden, yritysten sekä tutkimusyksiköiden kanssa.

Koulutuksemme on rakennettu siten, että kestävä kehitys opetuksessa edistetään (kuva 1) korostamalla erityisesti: tutkimuksellista elinikäistä oppimista; opiskelijälähtöistä opetusta; oppivaa yhteisöä ja yhteistyötä LUMA-yhteisössä, ja modernin teknologian hyödyntämistä¹ opetuksessa, opiskelussa, tiedon jakamisessa sekä keskustelussa (Tuomisto & Aksela, 2015; Aksela et al, 2016). Erityisesti pidämme oppivaa yhteisöä keskeisenä elementtinä kehityksen opetuksen edistämiseksi. Kaikki oppivat hyvässä vuorovaikutuksessa toisiltaan.



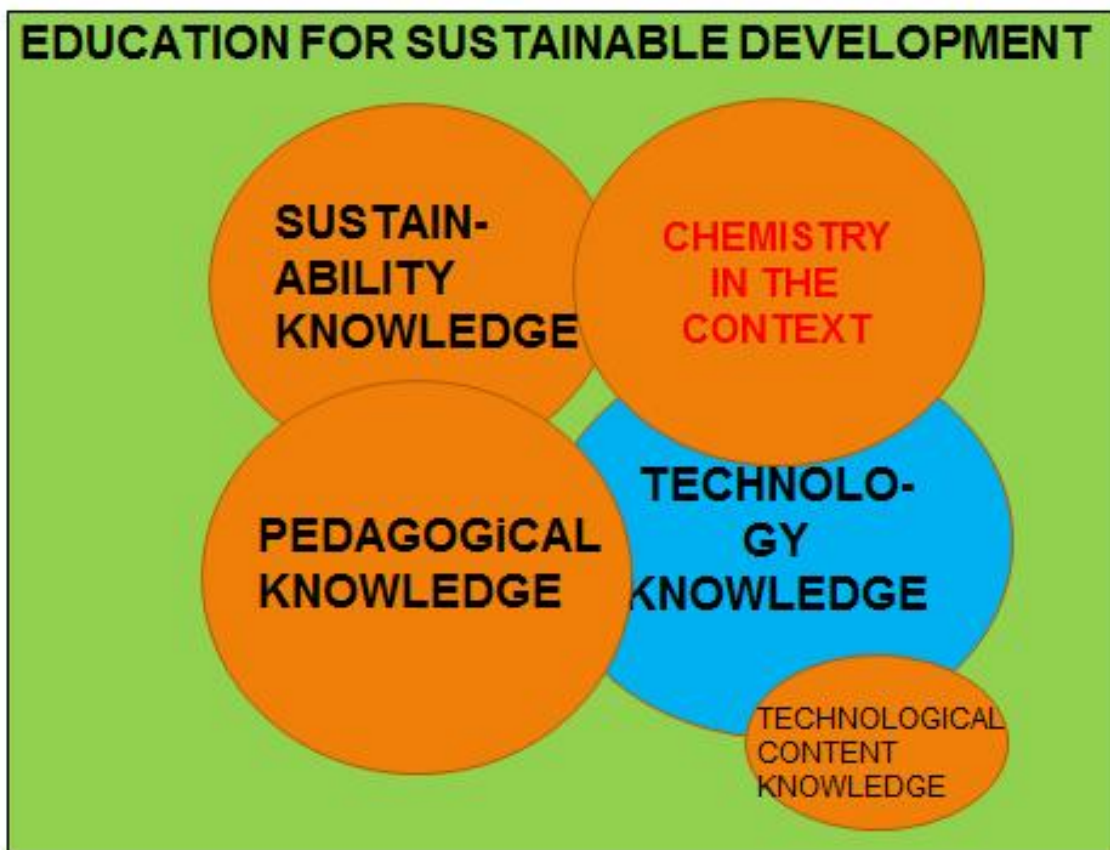
Kuva 1. Kemian opettajankoulutuksen keskeiset kestävän kehityksen periaatteet ovat: (i) tutkiva opettaja ja elinikäinen oppiminen, (ii) opiskelijälähtöinen opetus (oppilas sydämessä) ja (iii) vahva vuorovaikutus oppivassa LUMA-yhteisössä. Modernia teknologiaa hyödynnetään monipuolisesti kemian opetuksen sopivissa yhteyksissä.

Kestävän kehityksen strategia opettajankoulutuksessa

Kestävä kehitys on maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet (Ympäristöministeriö, 2016). Se sisältää neljä ulottuvuutta: ekologisen, taloudellisen, sosiaalisen ja kulttuurisen.

¹ <http://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tietoa-yksikosta/tvt-strategia/>

Koulutuksessamme kestävän kehityksen opetus sisältää seuraavat keskeiset osiot: 1) kemian ja sen opettaminen kontekstissa (esim. ilmastonmuutos), 2) kestävän kehityksen neljä ulottuvuutta, 3) pedagogisen sisältötiedon sekä 4) modernin teknologian hyödyntämisen opetuksessa. Kestävä kemia ja sen mahdollisuudet² painottuvat erityisesti pakollisella Vihreä kemia - ja Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa -kurssilla, jossa on yhteistyötä teollisuuden, yritysten ja tutkimusyksiköiden kanssa. Kaikilla yhteisillä kemian opetuksen kursseillamme (esim. Tutkimuksellinen opetus I ja II sekä Kemian mallit ja visualisointi) pyritään huomioimaan edellä mainitut neljä osiota.



Kuva 2. Kestävän kehityksen opetuksen osa-alueet yksikköme opetuksessa. Esimerkiksi mittausautomaatio kokeellisuuden opetuksessa vaatii vahvaa TPCK -osaamista (teknologista ja pedagogista sisältötoia).

Huomioimme kestävän kehityksen opettajille suunnattujen kurssiemme sisällöissä ja toteutuksessa, mutta myös opettajien täydennyskoulutuksessa sekä muussa toiminnassamme. Strategia³ sisältää seuraavat neljä osaa: 1) Moniulotteisen kestävän kehityksen opetuksen, 2) Poikkitieteellisen kestävän kehityksen opetuksen, 3) Vihreän kemian periaatteiden korostamisen ja 4) Vastuulliset hankinnat ja kestävä kulutuksen. Sen laadinnassa on hyödynnetty muun muassa Sakari Tolppasen ja Marianne Juntusen kestävän kehityksen opetukseen liittyviä väitöskirjatutkimuksia ja muita yksikön tutkimuksia.

Käsitlemme koulutuksessamme moniulotteisesti globaaleja aiheita kuten ilmastoa, vettä ja ruokaa. Pyrimme kokeellisissa opetuksessa⁴ pienten ainemäärien käyttöön

² <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sustainablechemistry.htm>

³ <http://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tietoa-yksikosta/kestavan-kehityksen-strategia/>

⁴ <http://www.kemianluokka.fi/>

sekä jätteen minimointiin, turvallisten kemikaalien ja työtapojen käyttöön sekä modernin teknologian ja mikrokemian välineiden hyödyntämiseen. Käytämme opetuksessa monipuolisia, opiskelijoita aktivoivia työtapoja, esimerkiksi tutkimuksellista opiskelua, argumentaatiota ja draamaa sekä monipuolista formaalia ja summatiivista arviointia. Pyrimme kouluttamaan tulevat opettajat niin kuin toivomme heidän opettavan koulussa.

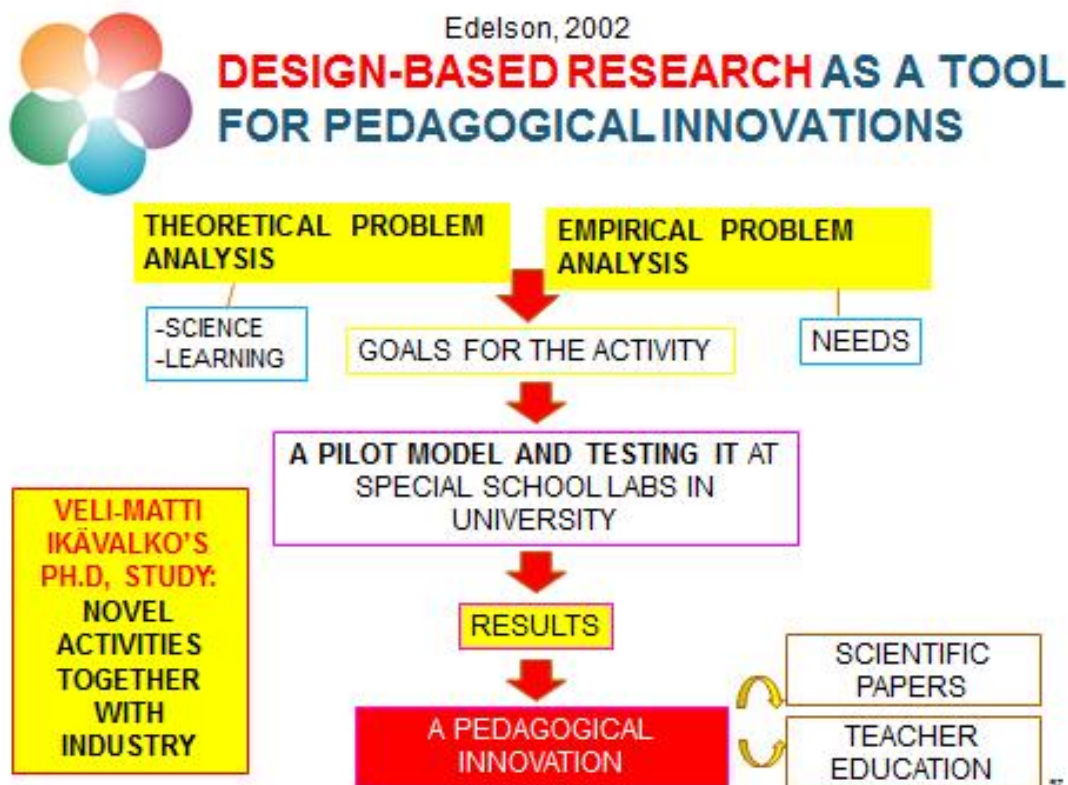
Kehitämme kestävän kehityksen koulutustamme tutkimuksen kautta. Viime vuosina tutkimuskohteena ovat olleet erityisesti seuraavat kaksi kestävän kehityksen kurssia: 1) *Kestävä kehitys opetuksessa*, jossa aihetta toteutetaan opiskelijajohtoisesti ja monitieteisesti ja 2) *Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa*, jossa aiheena on kiertotalous. Se on toteutettu yhteistyössä Kemianteollisuus ry:n, kiertotalouteen erikoistuneiden yritysten, koulujen ja opettajaopiskelijoiden kanssa yhdessä. Kurssi on myös osa OKM:n rahoittamaa LUMA SUOMI -kehittämishjelmaa. *Kestävä kehitys opetuksessa* -kurssin toteutuksessa on osallistuttu Pohjoismaiseen ActSHEN -yhteistyöhankkeeseen (Action for Sustainability in Higher Education in the Nordic region). Sen tavoitteena on kehittää lähestymistapoja kestävän kehityksen opiskeluun korkeakouluopiskelijoita aktivoivaan suuntaan, esimerkiksi opiskelijakeskeisiä työtapoja käyttämällä.



Kuva 3. Innovatiivisen *Kestävä kehitys opetuksessa* -kurssimme toiminnallista ja yhteisöllistä opiskelua opiskelijajohtoisesti.

Kehittämistutkimus kestävän kehityksen opetuksen edistäjänä

Yhteisöllinen kehittämistutkimus (Pernaa, 2013; Pernaa & Aksela, 2013) on havaittu hyväksi työvälineeksi teorian ja käytännön kuilun kaventamiseen, ja siten edistämään kestävän kehityksen opetusta tutkimuspainotteisesti. Sitä on yksikössämme hyödynnetty vuodesta 2002 lähtien. Kehittämistutkimus on keskeisenä tutkimusmenetelmänä melkein kaikissa opinnäytetöissämme (Aksela & Pernaa, 2013). Sitä on käytetty esimerkiksi Kemianluokka Gadolinin uusien kokeellisten töiden kehittämiseen yhteistyössä yritysten ja opettajaopiskelijoiden kanssa (Aksela & Ikävalko, 2016). Kuvassa 4 kuvataan käyttämämme kehittämistutkimuksen eri vaiheita ja tuotoksia.



Kuva 4. Monisyklisen kehittämistutkimuksen vaiheita. Tutkimus lähtee tarpeiden kartoittamisesta (empiirisen ongelma-analyysi) ja aikaisemmasta tutkimustiedosta (teoreettinen ongelma-analyysi). Kemianluokka Gadolinissa on testattu uusia innovaatioita oppilaiden ja opettajien kanssa.

Kestävän kehityksen edistäminen on yhtenä pääteemana yksikkömme kehittämis- ja tutkimuskeskuksena toimivassa Kemianluokka Gadolinissa. Vierailijat eri oppilaitoksista sekä tulevat opettajat perehtyvät aiheeseen erilaisten yhteisöllisesti kehitettyjen pedagogisten innovaatioiden kautta (esim. Aksela & Boström, 2012) ja yhteistyöyritysten kanssa kehitettyjen töiden kautta (Aksela & Ikävalko, 2016). Mukana yhteistyössä on noin kymmenen yritystä.

Kestävään kehitykseen ja kemiaan liittyviä kehittämistutkimuksia esitellään tarkemmin juhlakirjamme seuraavissa artikkeleissa. Esimerkiksi Marianne Juntusen väitöskirjatutkimuksessa on kehitetty opettajien kanssa uusia kestävän kehityksen opetuksen työtapoja tuotteen elinkaareen opetukseen ja argumentointitaitojen kehittämiseen. Väitöskirjan pohjalta Ympäristöministeriön rahoittamana on syntynyt myös käytännön opas opettajille, jota hyödynnetään sekä opettajien perus- että täydennyskoulutuksessa.

Veli-Matti Vesterisen väitöskirjatutkimuksessa kestävä kehityksen edistämistä on tarkasteltu kemian tieteen luonteen näkökulmasta. Jaana Herrasen meneillään olevassa väitöskirjatutkimuksessa kestävä kehityksen opetusta on edistetty tutkimuksellisen opiskelun ja kysymysten tekemisen kautta sekä luotu uusia pedagogisia tapoja edistää oppilaslähtöistä kemian opiskelua. Jukka Rautiaisen väitöskirjatutkimuksessa on kehitetty kemian yliopisto-opetuksessa kestävä kehityksen opetusta ongelmalähtöisen oppimisen kautta. Johannes Pernaan väitöskirjatutkimuksessa taas on kehitetty opettajien kanssa yhteisöllisesti uusia digitaalisia työtapoja kemian opetuksen kehittämiseksi.

seen ja kemian ymmärtämisen lisäämiseen. Olemme perehtyneet vuodesta 2002 lähtien erityisesti kokeellisuuden ja molekyyllimallinnuksen toteuttamiseen uusia työtapoja hyödyntämällä ja materiaaleja tuottamalla kehittämistutkimuksen kautta.

Tavoitteenamme on hyödyntää tehtyä kestävän kehityksen opetuksen tutkimusta LUMA-toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Esimerkiksi Sakari Tolppasen ja Marianne Juntusen väitöskirjojen pohjalta on kehitetty kaksi kansainvälistä maksutonta MOOC-kurssia: *Sustainable Energy* ja *Sustainable Energy in Education*, jotka molemmat ovat myös tutkimuskohteena. Lisäksi on kehitetty kansainvälinen virtuaalinen opettajien ilmastonmuutoksen foorumi, Teachers' Climate Change Forum. Foorumilla opettajat saavat jakaa kehittämäänsä materiaalia ja kokemuksia.

Taidot mielekkäässä kestävä kemian opetuksessa

Kestävän kehityksen ja sen kemian oppimisen edistämiseksi korostetaan erilaisten taitojen oppimista (esim. Eilks, 2015; Juntunen & Aksela, 2014). Olemme tutkineet erityisesti ajattelutaitoja ja niiden tukemista mielekkäässä kemian opetuksessa (Aksela, 2005) ja arvioinnissa (Tikkanen, 2010), keskeisiä tutkimisen taitoja (Vartiainen, ks. artikkeli myöhemmin) sekä argumentointitaitoja (Juntunen & Aksela, 2014). Saatua tutkimustietoa on hyödynnetty muun muassa kemian opetuksessa ja opettajankoulutuksessa, uusien opetussuunnitelman perusteiden laadinnassa ja arvioinnin kehittämisessä. Konkreettisia esimerkkejä ajattelutaidoista mielekkäässä kemian opetuksessa on koottu Opetushallituksen kirjassa julkaistuun artikkeliin (Aksela, Tikkanen & Kärnä, 2012).



Kuva 5. Kemianluokka Gadolin toimii yksikön kehittämis- ja tutkimuskeskuksena. Siellä kehitetään tutkimuspohjaisesti uusia pedagogisia innovaatioita yhteistyössä laitoksen, yritysten ja koulujen kanssa.

Maija Aksela

professori, tutkimusjohtaja, FT

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
Luma-keskus Suomen ja Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen johtaja

maija.aksela@helsinki.fi

Erityisosaaminen: kemian opettajankoulutus ja opetus (30 vuoden kokemus kemian opetuksesta; vajaa 20 vuotta kemian opettajankouluttajana ja tutkijana Helsingin yliopistossa), kemian mallintaminen ja visualisointi, kestävä kehitys kemian opetuksessa, tutkimuksellinen ja kokeellinen kemian opetus, TVT kemian opetuksessa, projektiopiskelu kemian opetuksessa, ajattelutaidot ja mielekäs kemian opetus, monipuolinen arviointi kemian opetuksessa, yhteistoiminnallinen opetus, STSE-opetus sekä tiedekasvatus (non-formaali ja informaali opetus; 13 vuotta mukana LUMA-tiedekasvatuksessa).

Lähteet

- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and high-order thinking through computer-assisted inquiry: a design research approach*. Helsinki: University Press. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21127>
- Aksela, M. & Bostrom, M. (2012) Supporting Students' Interest through Inquiry-Based Learning in the Context of Fuel Cells. *Mevlana International Journal of Education*. (2), 3.
- Burmeister, M. & Eilks, I. (2013) German Chemistry student teachers' and trainee teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development. *Chemistry Education Research and Practice* 14(2).
- Aksela, M., Vartiainen, J., Tuomisto, M., Turkka, J., Pernaa, J. & Tolppanen, S. (2016). *Promoting Meaningful Science Teaching and Learning Through ICT in the Finnish LUMA Ecosystem*. Eds. Niemi, H. & Jiyou, J., in a book: *New Ways to teach and learn in China and Finland - crossing boundaries with technology*. (in press)
- Aksela, M., & Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu -tutkielman tutkimus-menetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (toim.): *Kehittämistutkimus opetuslalla* (s. 181-200). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Aksela & Ikävalko (2016). How to promote relevant practical work through non-formal education? (in press)
- Eilks, I. (2015). Science Education and Education for Sustainable Development - Justifications, Models, Practices and Perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 11(1): 349-358.
- Juntunen, M. & Aksela, M. (2014). Education for sustainable development in chemistry - challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*. 15, 4, s. 488-500. <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2014/rp/c4rp00128a>
- Opetushallitus. (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. Määräykset ja ohjeet 2015:48. Luettu osoitteesta: http://oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Määräykset ja ohjeet 2015:96. Luettu osoitteesta: http://oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (Toimittaja), *Kehittämistutkimus opetuslalla* (s. 9-26). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Pernaa, J., & Aksela, M. (2013). Model-Based Design Research: A Practical Method for Educational Innovations. *Advances in Business-Related Scientific Research Journal*, 4(1), 71-83.
- Tikkanen, G. (2010) *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21074>
- Tolppanen, S. (2015). *Creating a better world: Questions, actions and expectations of international students on sustainable development and its education*. (Doctoral dissertation). <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/155121>
- Tuomisto, M. Aksela, M. & Jääskeläinen, M. (2015). Osaavia ja ennakkoluulottomia kemian aineenopettajia tieto- ja viestintätekniikkaa monipuolisesti hyödyntämällä. *LUMAT: Luonnontieteiden, matematiikan ja teknologian opetuksen tutkimus ja käytäntö*, 3(6).
- Unesco (2016). *A report: Education for people and planet*. <http://gem-report-2016.unesco.org/en/home/>
- Ympäristöministeriö. (2016) *Kestävän kehityksen yhteiskuntasitoutus*. http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kestava_kehitys/Kestavan_kehityksen_yhteiskuntasitoutus