

# Kestävän kehityksen kasvatus kemian opetuksessa: Muutamia näkökulmia ja käytännön vinkkejä opetuksen tueksi

**Marianne Juntunen**

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin Yliopisto

**Maija Aksela**

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin Yliopisto

**Tiivistelmä** Tässä artikkelissa esitellään 10 kohdan toiminnallinen muistilista kestävän kehityksen kasvatukseen ja pohditaan sen soveltamista kemian opetukseen. Artikkelissa esitellään aiheeseen liittyvää tutkimustietoa opettajien ja oppilaiden näkökulmista. Lisäksi artikkelissa esitellään ja pohditaan yhteiskuntaperustaista kemian opetusta, soveltuvia opetusmenetelmiä ja oppilasarvioinnin toteuttamista käytännössä. Yhtenä esimerkkinä artikkeli tarkastelee tuotteen elinkaaren opettamista.

## 1 Johdanto

Kohtaamme lähitulevaisuudessa suuria haasteita ympäristön, terveyden ja rauhan suhteen (Barnosky et al., 2012; Jensen & Schnack, 1997; Jerneck et al., 2011). Tavoittelemme kestävästä kehitystä, joka vaatii määrätelmällisesti sekä ympäristöön, talouteen että sosiaalisiin tekijöihin liittyviä muutoksia (ks. esim. Hallituksen kestävästä kehityksen ohjelma, 1998; Jerneck et al., 2011; WWF, 2012).

Opetussuunnitelmien perusteissa kestävä kehitys on yksi opetuksen aihealue (Opetushallitus, 2003; 2004). Jokainen kemian opettaja voi toimia vastuullisena kasvattajana ja hänen pedagogisilla valinnoillaan on merkitystä. Kestävästä kehityksestä perustuvaan kemian opetukseen kuuluu vihreää kemiaa ja yksinkertaistettua elinkaarianalyysin tekoa eli elinkaariajattelua. Niiden avulla voidaan vaikuttaa maapallon ympäristöjen laadun säilyttämiseen, eliöiden hyvinvointiin ja kestävästä kehityksestä toteutumiseen. (Tundo et al., 2000)

Kouluissa vihreä kemia tarkoittaa käytännössä vastuullisia esimerkkejä jätteiden syntyä ehkäisemässä, turvallisten aineiden käytössä sekä aineiden ja energian säästämiseksi. Tieteenä vihreä kemia keskittyy haitattomiin raaka-aineisiin, energiaan, prosessointiin materiaaleihin, valmiisiin tuotteisiin sekä niiden käyttöön, kierrätykseen ja hävitykseen. (Anastas & Warner, 1998; Centi & Perathoner, 2009; Tundo, 2000)

Tuotteiden elinkaarianalyysit ovat osa vihreää kemiaa. Niitä kehitetään edelleen, koska maankuoren resurssit ehtyvät. Tarvetta lisää myös elinympäristömme laaja kemikalisoituminen. Se uhkaa kaikkia biosfäärejä (ilmaa, vettä ja maaperää) sekä eliölajien säilymistä. Kemikalisoituminen on toistaiseksi suurelta osin tieteelle tuntematon ongelma, sillä kemiallisten päästöjen pitkäaikaisia yhteisvaikutuksia eri eliöissä on vaikea tutkia. Kemikalisoituminen liittyy suoraan tuotteiden ainesosien elinkaariin. Ilmiön

ymmärtäminen vaatii kemian osaamista. Vain kemian tutkimuksen ja osaamisen avulla voidaan tunnistaa ja kvantifioida erilaiset päästöt ilmaan, veteen ja maaperään – ovatpa ne kiinteitä, nesteitä tai kaasuja. (Lichtfouse, Schwarzbauer & Robert, 2005; Rockström et al., 2009)

Kemian opetuksessa kestävä kehityksen kasvatuksen tavoitteena on herättää oppilaissa tutkimus- ja toimintataitoja. Toimintataidot ovat sekä kvantitatiivisia (esimerkiksi ratkaisuja resurssien kulutuksen ja päästöjen vähentämiseen) että kvalitatiivisia (esimerkiksi tiedon kriittistä arviointia sekä yhteistyön, päätöksenteon ja itsenäisen toiminnan taitoja) (ks. Burmeister & Eilks, 2012; Jensen & Schnack, 1997; Wilmes & Howarth, 2009). Tämä tarkoittaa oppisisältöjen sitomista arkeen ja yhteiskuntaan. Se myös tarkoittaa nykyisten opettajakeskeisten työtapojen muuttamista tutkimukselliseksi ja oppilaskeskeisimmiksi (vrt. Kärrä et al., 2012). Päämääränä on ekosentrisiksi varttuva, aktiivisesti osallistuva, sisäisesti ympäristömyönteiseen käyttäytymiseen motivoitunut ja sitoutunut yksilö (Dwyer et al., 1993).

## 2 ”Näin teet sen” – kestävä kehityksen muistilista kasvatustyöhön

*Tiedot ja merkittävät elämäkokemukset* lisäävät yksilön ympäristövastuullisuutta (Palmer, 1998). Tärkeitä ovat esimerkiksi läheisten ihmisten asenteet ja heidän kanssa koetut luontohetket. Myös *koulukokemukset* vaikuttavat merkittävästi oppilaiden ympäristövastuullisiin asenteisiin (Saloranta & Uitto, 2010).

Ulottuvuuksia on useita. Tähän kootun 10 kohdan listan avulla voi tarkastella, miten nykytutkimusten mukaan todennäköisimmin *saavuttaa kestävään kehitykseen kasvattamisessa tuloksia*. Lähestymistavat ovat laajoja, ja niihin liittyviä mahdollisuuksia kemian opetuksen kannalta tarkastellaan tämän luvun jälkeen.

10 kohtaa mietittäväksi opetuksen suunnittelussa:

- 1) koko yhteisön yhdessä toimiminen ja yhdessä sovittuihin tavoitteisiin sitoutuminen,
- 2) ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys,
- 3) erilaiset arvot, asenteet ja tiedot,
- 4) päätöksen teon, argumentoinnin ja neuvottelun taidot,
- 5) aiheen käsittely yksilön ja yhteiskunnan tasolla,
- 6) aiheen käsittely paikallisesti, kansallisesti ja globaalisti,
- 7) aiheen käsittely monipuolisilla työtapamenetelmin,
- 8) toimintakykyjen (omassa arjessaan ja kansalaisena vaikuttamisen) harjoittelu,
- 9) arkisten esimerkkien, tilanteiden ja aitojen ongelmien käyttäminen ja
- 10) aisteja stimuloivien kokemusten tarjoaminen autenttisissa ympäristöissä.

Yllä oleva lista sisältää monia näkökulmia ja mahdollisuuksia. Opettaja voi itse päättää, mistä aloittaa, ja saa myös edetä itse valitsemaansa tahtiin. Kasvatustyössä tärkeää on

luovan suunnittelun mahdollisuus. Toteutuksen ratkaisuista tulee omannäköisiä ja oppilailta saa välitöntä palautetta onnistumisesta.

”Muistilistan” eri ulottuvuuksiin liittyviä hankaluuksia ja ristiriitoja kannattaa käsitellä monipuolisesti yhdessä. On hyvä keskustella niistä – nuorten ja aikuisten kesken – töissä, kotona ja vapaa-ajalla. Ei esimerkiksi vielä ole kenellekään selvää, *voimmeko todella maapallolla saavuttaa nyt ja tulevaisuudessakin kaiken samanaikaisesti: taloudellisen kasvun, ympäristön suojelun ja sosiaalisen oikeudenmukaisuuden* (Dryzek, 1997, 132-136; Rohweder, 2008, 26-27).

Kestävä kehitys kaikilla osa-alueilla on haastava päämäärä. Silti kestävä kehityksen tavoitteiden mahdollisimman laaja saavuttaminen muutamien vuosikymmenien sisällä olisi ihmiskunnalle elintärkeää (Rockström et al., 2009). On perusteltua yrittää toteuttaa lukuisia kansainvälisiä ja kansallisia, opettajia toimintaan myös velvoittavia, luonnontieteiden opetuksen kestävä kehityksen strategioita (ks. esim. UNESCO, 2009; Melén-Paaso, 2006; Opetushallitus 2003, 2004; Opetusministeriö, 2009).

Opetusta suunniteltaessa on käsiteltävä asioita monipuolisesti eri näkökulmista: Yksilön tason lisäksi oppilaiden kanssa on syvennyttävä yhteiskunnassa hallitsevien ajattelu- ja toimintatapojen juuriin, sekä niihin liittyvien valtasuhteiden paljastamiseen ja muuttamiseen. (Särkkä, 2011) Kriittiseen ajatteluun kannustaminen on tärkeää opetuksessa. Sen avulla ehkäistään Louhimaan (2005, 229) kuvailemaa turtumisen tilaa, joilloin *”ympäristöongelmat ovat normaalitila, länsimaisen yhteiskunnan ei-toivottu, mutta hallinnassa oleva sivutuote”*.

Luonnontieteellinen tutkimus tai opetus - kuten mikään ihmisen toiminto – ei koskaan ole täysin arvovapaata. Opettajan rooli on tuoda esille parhaansa mukaan eri toimijoiden näkökulmia. Opettaja voi silti rehellisesti kertoa oman kantansa perustelemalla sen ja näyttää esimerkkiä aktiivisesta toiminnasta ja kiinnostuksesta kestävä kehityksen suhteen.

### **3 Toiminnallisia vinkkejä ja ajatuksia kestävä kehityksen kasvatukseen kemian opetuksen kannalta**

Yllä olevan muistilistan 1) kohdassa koko yhteisön yhdessä toimiminen ja yhdessä sovituihin tavoitteisiin sitoutuminen voi tarkoittaa yhteisöllisyyttä, joka osallistaa sekä oppilaita, vanhempia että koko koulun henkilökuntaa: esimerkiksi aktiivisempia oppilaskuntia, tukioppilastoimintaa, oppilaslähtöistä Vihreä Lippu –ympäristöohjelmaa, kotien ja koulujen yhteistyötä vaikkapa kouluvaarien ja –mummojen muodossa, yhteyden pitoa Wilman avulla tai muilla kaikilla mahdollisilla keinoilla, vanhempien vierailemista koulun arkeen, tutkimuksellista opiskelua, monipuolisia opetusmenetelmiä, vertaissovittelu Verso-toimintaa jne.

Näiden avulla päästään käytännössä edistämään muistilistan kohdan 2) ekologista, taloudellista, sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä. Vihreä Lippu –ohjelman ([www.vihrealippu.fi](http://www.vihrealippu.fi)) toteuttaminen säästää energiaa, vettä ja jätemaksuja – eli samalla

rahaa. Yhteisön erilaisten jäsenten mukana olo tukee toiminnan sosiaalista ja kulttuurista kestävyyttä. Ympäristön vaaliminen on tärkeä nostaa hankintojen ja tekojen lähtökohdaksi.

Kohdat 3–6 eli 3) erilaiset arvot, asenteet ja tiedot, 4) päätöksen teon, argumentoinnin ja neuvottelun taidot, 5) yksilön ja yhteiskunnan taso ja 6) paikalliset, kansalliset ja globaalit ulottuvuudet vaativat opettajilta yhteistä suunnittelua. Tarvitaan kokouksia, joissa sovitaan, miten koulussa käytännössä toteutetaan ”eheyttävien aihekokonaisuuksien” opetus. Taulukkoon 1 kootut aihekokonaisuudet ovat nykyisiin opetussuunnitelmien perusteisiin kirjattuja ja kaikille oppiaineille yhteisiä. Ne kaikki tukevat kestävästä kehitystä.

**Taulukko 1.** Perusopetussuunnitelman (Opetushallitus, 2003) ja lukion opetussuunnitelman (Opetushallitus, 2004) perusteiden opetusta eheyttävät aihekokonaisuudet

---

Kulttuuri-identiteetti ja kansainvälisyys sekä kulttuurien tuntemus
Viestintä ja mediataito sekä viestintä- ja mediaosaaminen
Osallistuva ja aktiivinen kansalaisuus sekä yrittäjyys
Vastuu ympäristöstä, hyvinvoinnista ja kestävästä tulevaisuudesta sekä kestävä kehitys
Hyvinvointi, turvallisuus ja liikenne
Ihminen ja teknologia sekä teknologia ja yhteiskunta
Ihmisenä kasvaminen

---

Opettajat voivat esimerkiksi yhdessä suunnitella ja jakaa ideoita siitä, miten koulussa käytetään muistilistan kohdan 7) monipuolisia opetusmenetelmiä. Lisäksi opettajien tulee miettiä oppiainekohtaisesti, miten tavoittaa kohdat 3 – 6. Opettaja on itse oman aineensa paras asiantuntija ja valitsee sopivimmat työtavat oppilasryhmilleen.

Yhteisesti koulussa on myös pohdittava, miten nuorten ääni pääsisi paremmin esille omassa lähiympäristössä esimerkiksi kunnassa. Muistilistan kohdassa 8) toimintakykyjen (omassa arjessaan ja kansalaisena vaikuttamisen) harjoittelu vaatii kohdassa 9) mainittuja arkisia esimerkkejä, tilanteita ja aitoja ongelmia, kuten kohdan 10) aisteja stimuloivia kokemuksia autenttisissa ympäristöissä. Nämä voivat olla esimerkiksi nuorten mielipiteiden huomioimista yhteisten ympäristöjen kehittämiseksi. Yhdessä voisi miettiä kysymyksiä: Mitä nuoret toivovat koulun pihaan tai keskustaan? Mitä ongelmia nuoret näkevät lähiympäristössään?

Esimerkiksi Kasavuoren koululla on onnistuneesti toteutettu viikkoa, jolloin yhdeksäsluokkalaiset pienryhmissä keräävät pienen tutkimusaineiston valitsemastaan lähiympäristönsä ongelmasta ja pohtivat siihen ratkaisun. Hyvin erilaisia ongelmia selvittäneet projektit toteutettiin yhden viikon aikana eri oppiaineiden tunteja käyttäen. Tulokset esiteltiin lopuksi juhlasalissa nuoremmille. Pelkosenniemen koululla vastaavasti ollaan järjestämässä ”Teen hyvää” -viikkoa, jonka aikana kaiken ikäiset oppilaat dokumentoivat ideoitaan hyvän tekemisestä arjessaan.

Jokaisen on koulun arjessa myös helppoa aktiivisesti puuttua ainakin näihin epäkohtiin (suluissa kemia):

- ei haaskata ruokaa roskiin (tunnetaan ruoan elinkaari ja jalanjäljet)
- kulutetaan vähemmän ja hitaammin, mutta laadukkaampaa, kalliimpaa ja enemmän palveluita (kerta- ja kerskakulutustavaroiden elinkaari ja jalanjäljet)
- muistetaan tasa-arvon merkitys pohtimalla eriarvoisuuden tasaamista maailmassa – nyt ruoka, sähkö, polttoaineet ja arkiset tavarat ovat maailmassamme halpoja rikkaille (ehtyvät poltto- ja raaka-aineet)
- vältetään terveydelle haitallisia ruokia ja kemikaaleja (luomuruoan ja luonnonkosmetiikan ero tavanomaiseen)
- keksitään parempia ratkaisuja asumiseen, liikkumiseen ja ruokailuun (miksi ekosähköä, vähemmän yksin autoilua ja kasvisruokaa).
- tuodaan tieteellisiä tutkimuksia enemmän esille esimerkiksi
  - 7 lk – ilmaan ja veteen aiheuttamamme ongelmat, ilmastonmuutos, otsonikato, pienhiukkaset, arjen kemikalisoituminen,*
  - 8 lk – ruoka-aineet, happamoituminen, lannoitteiden väheneminen, arjen kemikalisoituminen*
- ja
  - 9 lk – kaivokset, metalliteollisuuden tarpeellisuus vs. ympäristöongelmat, kokonaiskuva elinkaariajattelun avulla*

## 4 Kestävän kehityksen kasvatuksen nykytila suomalaisessa kemian opetuksessa

### 4.1 Kemian opettajien näkökulma

Suomalaisilla kemian opettajilla on tutkimusten mukaan samansuuntaisia näkemyksiä kuin alan tutkijoilla. Opettajat ehdottavat opetussuunnitelman perusteisiin eri oppiaineita integroivia, oppilaiden kanssa yhdessä suunniteltuja opetuskokonaisuuksia, oppilaskeskeisiä työtapoja sekä arkisia, ympäristöön ja maailman tilaan liittyviä aiheita (Kärnä et al., 2012). Opettajien mielestä oppilaat motivoituvat kemian opiskeluun sen käsitellessä arkiympäristöihin liittyviä aiheita. (Aksela & Karjalainen, 2008)

Vaikka kestävä kehitys on viimeisen vuosikymmenen aikana sisällytetty osaksi kemian opettajien koulutusta, on kestävä kehitys opetus kemiassa toistaiseksi vielä vähäistä (ks. Burmeister et al., 2013; Kaivola, 2007; Uitto & Saloranta, 2010a). Ympäristökysymyksistä, maailman kehityksestä ja kansalaisen vaikutusmahdollisuuksista keskustellaan kemian tunnilla vain harvoin (Kärnä et al., 2012; Uitto & Saloranta, 2010a). Luonnontieteiden opettajat arvioivat käsittelevänsä eettisiä kysymyksiä muiden oppiaineiden opettajia harvemmin (Kuusisto, Tirri & Rissanen, 2012). Kemian opettajat

luonnehtivat nykyistä kemian ympäristöopetusta yleiselle tasolle jääväksi ja oppilaan arjesta kaukaiseksi (Aksela & Karjalainen, 2008).

Kemian opettajat kokevat vaikuttavansa oppilaiden ympäristöasenteisiin kertomalla ympäristöasioista, toimimalla esimerkkinä ja mielipiteidensä kautta (Taskinen, 2008). Koulun arjessa kemian opettajat toimivat kestävän kehityksen puolesta aktiivisimmin säästämällä paperia ja energiaa työssään. Sen lisäksi he pyrkivät melko usein edistämään sosiaalista kestävyyttä vaikuttamalla koulun ilmapiiriin. (Uitto & Saloranta, 2010a)

Kestävää kehitystä edistävää elinkaariajattelun tutkimuksellista kemian opetusta opettajat ovat toteuttaneet usealla eri tavalla. Elinkaariajattelu tarkoittaa tuotteen ympäristövaikutusten pohdintaa alkaen raaka-aineiden hankinnasta, jatkuen tuotteen valmistukseen, logistiikkaan, käyttöön ja loppuen mahdolliseen uusiokäyttöön tai hävitykseen. Elinkaariajattelun opetuksessa lähestymistavoista suosituin on pienryhmissä toteutettava avoin projektityö. Siinä oppilaat saavat tutkia itse valitsemansa tuotteen elinkaarta. Tästä lähestymistavasta on kehitetty yhteisöllisesti kehittämistuotos elinkaariajattelun kemian opetukseen. Osa opettajista valitsee tutkimuskohteen oppilaille valmiiksi, jolloin tutkimustehtävät liittyivät raaka-aineisiin, kulutustavaroihin, ruoka-aineisiin tai veteen. Opettajat rohkaisevat nuoria harjoittelemaan päätöksentekoa ja mielipiteen ilmaisua liittyen ympäristökysymysten intressiritiriitoihin (ks. esim. Oulton et al., 2004; Wilmes & Howarth, 2009). Opponointi ja loppukeskustelut ovat tärkeitä elementtejä, joiden osuus oppilasarvioinnissa on avattava myös oppilaille. Opetusmenetelminä opetusmalleissa käytetään pienryhmissä tapahtuvaa kysymysten tekoa, tiedon etsintää ja arviointia, tulosten muodostamista ja esittämistä, laboratoriokokeita, videoita, opintovierailuita, väittelyä, uusien tuotteiden suunnittelua, draamaa ja oppimispäiväkirjoja. (Juntunen & Aksela, 2013a; Juntunen, 2011)

Opettajat kokevat kestävän kehityksen kasvatuksessa haasteina ryhmän hallinnan, monimutkainen kielen tai perustelut, opetusmateriaalien puutteen, opettajan yksin tekemän taustatyön määrän, sopivan aiheen valinnan ja muun tietosisällön painottumisen opetussuunnitelmien perusteissa (Grace, 2006; Hofstein et al., 2010; Millar, 2006; Pedersen & Totten, 2001; Reis & Galvao, 2004). Myös aiheiden oppiainerajoja ylittävää integrointi on opettajista hankalaa (Juntunen & Aksela, 2013a; Kärnä et al., 2012).

Opettajien mahdollisuuksia toteuttaa ja opettaa kestävä kehitys monipuolisilla menetelmin, oppiainerajat ylittäen on tuettava. Myös kemian opettajien tietoinen ympäristökasvattajan rooli tarvitsee vahvistamista. Täydennyskoulutukset ja yhteisöllinen opetusmallien kehittäminen ovat keinoja parantaa kemian opetuksen laatua kestävän kehityksen suhteen (vrt. Aksela & Karjalainen, 2008; Feierabend et al., 2011).

## 4.2 Oppilaiden näkökulma

Moraaliin liittyvät kysymykset ovat luonnontieteiden opiskelussa useimmille oppilaille kaukaisia. Harva oppilas liittyy luonnontieteiden merkityksen luonnon saastumiseen,

puhtaaseen ilmaan, ympäristöongelmiin tai veden saastumiseen. (Tirri et al., 2012) Opittujen asioiden soveltaminen arkeen, maailmanlaajuiset ympäristökysymykset, maailman kehitys ja kansalaisen vaikutusmahdollisuudet ovat kemian tunneilla keskustelunaiheita opettajien ja oppilaiden mukaan vain joskus. (Kärnä et al., 2012)

Hyvä lähtökohta kestäväen kehityksen kasvatukselle kuitenkin on, että kemian opettajien mukaan ympäristöasiat kiinnostavat nuoria. Ympäristöaiheet herättävät luokassa usein keskustelua. (Sadler, 2011; Taskinen, 2008) Oppilaat näkevät luonnontieteet ihmiskunnalle merkityksellisinä keinoina saada uutta tietoa ympäristöasioista (Kärnä et al., 2012).

Oppilaiden näkökulmasta heidän kysymykset, tiedot ja mielipiteet tulee nostaa kemian opetuksen keskiöön. Kestäväen kehityksen kasvatusta vaatii myös oppilaan henkilökohtaisten näkemysten ja uskomusten kuulemista (muualla esim. Cantell, 2004; Palmer, 1998). Yhteiskuntaperustaisessa opiskelussa tutkimukselliset lähestymistavat antavat näille tilaa. Lisäksi ne ovat oppilaita motivoivia ja mielekkäitä, vaikka avoimet ja projektiluontoiset työtavat voivat olla oppilaille aluksi myös haastavia (vrt. Colburn, 2000).

Esimerkiksi tutkimuksellinen elinkaariaiheinen projektityö lisäsi oppilaiden yhteiskunnallista ja ympäristötietoista pohdintaa. Oppilaat korostivat projektityön myötä erityisesti luonnonsuojelun ja kierrätyksen merkitystä. He myös uskoivat vastaavien projektien vaikuttavan positiivisesti nuorten ympäristötietoisuuteen. Projektityö vaikutti positiivisesti oppilaiden kemiakuvaan, koska he huomasivat, että kemiassa oppii arkeen ja yhteiskuntaan liittyviä hyödyllisiä asioita. Oppilaat arvostivat uudenlaista kemian opiskelutapaa, joka oli itsenäinen ja sosiaalinen. (Juntunen & Aksela, 2013b) Oppilaat osaavat kemiassa juuri raaka-aineisiin liittyvät soveltavat tehtävät heikoimmin (Kärnä et al., 2012). Tuotteen elinkaaren tutkiminen voi lisätä oppilaiden materiaalituntemusta. Lisäksi tuotteen elinkaaren pohtiminen on keino havaita kulutustottumuksiemme mahdollistama pohjoisen ja etelän välisen vääristynyt valta-asetelma, ja sen köyhdyttävä vaikutus luontoon ja miljoonien ihmisten elämään Ylikulutuskulttuurimme selvästi köyhdyttää luontoa ja vaikeuttaa toisaalla miljoonien ihmisten elämää. (Särkkä, 2011, 95)

Elinkaariajattelun tutkimuksellinen opiskelun tärkeimmäksi anniksi oppilaat kokivat heissä heräävät uudet ajatukset. Todellisiin yhteiskunnan tilanteisiin ja ongelmiin liitetty kemia kannusti yhdeksäsluokkalaisia oppilaita keskusteluun, argumentointiin ja pohdintaan (Juntunen & Aksela, 2013b; Van Aalsvoort, 2004; Yager et al., 2006). Lyhyt projekti vaikuttaa oppilaiden ympäristötietoisuuteen laadullisesti. Isot muutokset ajattelutavoissa vaativat aikaa ja ”kypsyttelyä” (vrt. Dwyer et al., 1993). Kun odotetaan muutoksia ympäristötietoisuudessa, on hyvä muistaa, että käyttäytyminen ja asenteet ovat tilannesidonnaisia. Erityisesti lapset tai nuoret ovat harvoin kovin pitkäjänteisiä. (vrt. Nieswandt, 2007; Krapp & Prenzel, 2011) Siksi opetuksen tulisi perustua jatkuvaan kestäväen kehityksen aiheiden monipuoliseen käsittelyyn.

Suomessa tytöt ovat poikia huolestuneempia ympäristön tilasta sekä halukkaampia vaikuttamaan ja kehittämään elinympäristöään (Asunta, 2003; Juntunen & Aksela, 2013b;

Kärnä et al., 2012; Tikka et al., 2000; Uitto et al., 2011). Yleisesti oppilaan hyvä itsetunto, optimistisuus ja yhteisöön kuulumisen tunne lisäävät aktiivista ympäristöstä välittämistä. Tunteet siitä, että oppilas pystyy vaikuttamaan ja kontrolloimaan tapahtumia ympärillään lisäävät ympäristömyönteistä käyttäytymistä. (Helve, 1997) Toimintakyvyn oppimisessa painottuvat myös ongelman ratkaisu ja toimijoiden oma päätös. Lyhytkin projekti voi edistää ympäristömyönteistä käyttäytymistä, jos projektissa

- i) asetetaan selkeät tavoitteet, ja
- ii) projekti tarjoaa keinoja tukea aktiivista osallistumista,
- iii) sosiaalista tukea,
- iv) palautetta sekä
- v) ulkoisia kannustimia (esim. palkintoja tai rangaistuksia, vaikkakin ulkoiset kannustimet haittaavat oppilaan ”sisäisen kontrollin” eli omaehtoisuuden kehittymistä eli siten pitkäkestoisten muutosten aikaansaamista) (Dwyer et al., 1993; Jensen & Snack, 1994).

Käytetyt opetusmenetelmät vaikuttavat oppilaiden asenteisiin (vrt. Juuti et al, 2010; Lavonen et al., 2005). Oppiaineesta pitämisellä ja sillä, että oppilas saa tietoa maailman kehittämisestä, rakenteesta ja toiminnasta on yhteys. Tällaista toimintaa on kemian tunneilla sekä opettajien että oppilaiden mukaan vain joskus. (Kärnä et al., 2012) Opetusmenetelmien yksipuolisuudesta voi myös johtua, että oppilaat kokevat kemian vaikeaksi ja arkielämästä etäiseksi oppiaineeksi. Suomessa oppilaiden asenteet kemian opiskelua ja kemianteollisuutta kohtaan ovat yleisesti negatiivisia. Poikien asenteet ovat tyttöjä positiivisempia osaamiseen ja kemiasta pitämiseen liittyen. (Asunta, 2003; Kärnä et al., 2012; Weinburgh, 1995) Tytöt arvioivat kemian hyödyllisemmäksi oppiaineeksi mitä pojat (Kärnä et al., 2012).

## **5 Yhteiskuntaperustaisuus yhdistettynä kestävän kehityksen kasvatukseen kemiassa**

Kemian opetuksen sisällöt tulee selvemmin liittää osaksi arkielämää ja muuttuvaa yhteiskuntaa (Holbrook, 2010; Hofstein et al., 2010; Krapp & Prenzel, 2011). Suoraan oppilaiden arkeen liittyvät ympäristö- ja yhteiskuntaperustaiset kemian aiheet motivoivat oppilaita luonnontieteiden opiskelussa – sekä opettajien että tutkijoiden mielestä (Albe, 2008; Mandler et al., 2012; Taskinen, 2008; Yager et al., 2006; Van Aalsvoort, 2004). Syitä on monia. Ensinnäkin yhteiskuntaperustainen opetus tukee oppilaiden luonnontieteellisen sisältötiedon oppimista (joka on suorassa yhteydessä kiinnostukseen ja positiivisempiin asenteisiin). Toiseksi, ristiriitaiset aiheet stimuloivat oppilaan moraalisen ja eettisen ajattelun intellektuellia kehitystä. Kolmanneksi, ongelmat avaavat oppilaiden tietoisuutta tieteen ja yhteiskunnan riippuvuussuhteesta. (Zeidler et al., 2005; Sadler et al., 2007; Oulton et al., 2004).



Erona perinteiseen kemian opetukseen, yhteiskuntaperustaiset aiheet ovat poikkitieteellisiä, moniulotteisia ja eri toimijoiden näkökulmista ristiriitaisia aiheita. Niihin liittyvät tietosisällöt muuttuvat usein uuden tutkimustiedon valossa. (vrt. Pedretti & Nazir, 2011; Sadler et al., 2007; Zeider et al., 2005). Yhteiskuntaperustaiset aiheet voivat liittyä ympäristöasioiden tutkimiseen, ongelmien havaitsemiseen, ratkaisemiseen, seurantaan, ehkäisyyn tai eettisiin kysymyksiin (vrt. Anastas & Lankey, 2000; Mark & Eilks, 2010). Nykypäivän kemian opetuksessa on sallittua pohtia myös esimerkiksi hyvinvoinnin eri näkökulmia, ympäristöongelmia, ihmisoikeuksia, taloudellista kestävyyttä, monimuotoisen elämän varjelua tai peilata kulttuurihistoriallisia näkökulmia nykyaikaan (vrt. Bray, 2010; Salonen, 2010; Tundo et al., 2000).

Vaatii oppilailta korkeamman tason ajattelutaitojen käyttöä, jotta oppilas ymmärtää poikkitieteellisten ympäristöongelmien syitä, etenemistä, seurauksia ja mahdollisia ratkaisuja – saati osaa yhdistää näitä kemian tietoihin (vrt. systeemiajattelu Wylie et al., 1998). Hahmottamisen vaikeutta lisää, että globaalit ympäristöongelmat ovat pääosin arjesta näkymättömissä. Yhteiskuntaperustaisissa tiedeongelmissa on tyypillisesti eettisiä ulottuvuuksia ja erilaisten toimijoiden näkemyseroja. Näkemyserot saattavat johtua eri tiedoista, tulkinnoista tai arvoista. Ristiriitaisen ongelman ei tarvitse ratketa opetuksen, perustelujen, logiikan tai tutkimuksenkaan avulla. (Oulton, Dillon & Grace, 2004)

Esimerkiksi tuotteen elinkaaren ymmärtäminen edellyttää poikkitieteellistä eli kokonaisvaltaista näkökulmaa (vrt. Bulte et al., 2006; Mogensen & Schnack, 2010). Siihen ei riitä vain yksi opettajan näyttämä tai oppikirjan kuva yhden tuotteen elinkaaresta. Tutkimuksellisin opiskelumenetelmin oppilasryhmät selvittävät itse valitsemiensa tuotteiden elinkaaria ja esittelevät ne lopuksi keskustellen toisilleen (Juntunen & Aksela, 2011). Näin oppilaat huomaavat, kuinka laajoja ja toisaalta myös samankaltaisia ulottuvuuksia kaikkien tuotteiden elinkaariin sisältyy (Juntunen & Aksela, 2013b). Elinkaarianalyysiä tehdessään oppilaat samalla pohtivat eri intressitahojen näkökulmia, reflektivat mielipiteitään sekä harjoittelevat vertaisarvioinnin, perustelun ja päätöksenteon taitojaan pienryhmäkeskusteluissa (vrt. Albe, 2008; Wilmes & Howarth, 2009). Tuotteen elinkaarta opiskeltaessa oppilaat voivat luoda tutkimuskysymyksiä oman kiinnostuksensa perusteella (Juntunen, 2011).

Yhteiskuntaperustaisissa kemian aiheissa oppitunneilla kysymykset voivat olla eri tasoisia. Taulukkoon 2 on koottu esimerkkejä erilaisista kysymyksistä (vrt. Albe, 2008; Sadler et al., 2007; Wilmes ja Howarth, 2009).

**Taulukko 2** Esimerkkejä yhteiskuntaperustaisten kemian aiheiden oppitunneilla herättämistä kysymyksistä

Taso	Kysymys
Paikallinen	”Kumpi on ravintolassa parempi valinta – hanavesi vai pullovesi?”
Kansallinen	”Kuinka Suomessa ratkaistaan tulevaisuuden energian saanti?”
Globaali	”Miksi eri maat käyttävät eri määrän luonnonvaroja?”
Henkilökohtainen	”Miten käyttämäni tuote vaikuttaa ympäristöön?”
Yhteiskunnallinen	”Onko markkinoilla parempia vaihtoehtoja?”
Ekologinen	”Mitä kemiallisia aineita tuotteen valmistuksessa ja käytössä kertyy ympäristöön?”
Taloudellinen	”Miksi metallien kierrätys säästää rahaa?”
Sosiaalis-kulttuurinen	”Mitä tuotteiden sertifiointi tarkoittaa käytännössä?”

Toisaalta elinkaariaiheiset kysymykset voidaan luokitella myös STSE (engl. science, technology, society, environment) –opetustavan mukaan esimerkiksi näin (ks. esim. Pedretti & Nazir, 2011):

Yhteiskunta: Minkä tuotteen elinkaaresta olen kiinnostunut?

Teknologia: Miten tuote valmistetaan ja hävitetään käytön jälkeen?

Kemia: Mitä kemiallisia aineita tuotteen elinkaareen liittyy? Mitä tuote kuluttaa? Millaisia päästöjä syntyy?

Ympäristö: Miten tuote vaikuttaa ympäristöön, talouteen ja ihmisten hyvinvointiin? Miten valitsen vastuullisesti?

Kestävän kehityksen aiheita voidaan integroida yhteiskuntaperustaisin sovelluksin kaikille kemian kursseille. Oppiainerajat ylittävää kestävän kehityksen kouluopetusta on lisättävä. (ks. esim. Tung et al., 2002; Saloranta & Uitto, 2010; Uitto & Saloranta, 2010a; Uitto et al., 2011)

Yhteiskuntaperustainen kemian opetus edistää luonnontieteellistä yleissivistystä. Se näkyy kykyä käyttää kemian osaamista arjessa esimerkiksi argumentointi- ja neuvottelutaitojen muodossa. Yhteiskuntaperustaisten luonnontieteellisten aiheiden avulla vahvistetaan erityisesti oppilaiden mielikuvaa siitä, miten luonnontieteelliset kysymykset ja päätökset koskettavat heidän materiaalista ja sosiaalista arkiympäristöään. (Hofstein et al., 2010; Kolstø, 2001; Kolstø, 2000; Reis & Galvao, 2004; Sadler, 2004; Zeidler et al., 2005)

Kemian mahdollisuuksia ja merkitystä kestävän kehityksen edistäjänä käsitellään elinkaariaiheiden ja tutkimuksellisten opetusmenetelmien osalta nykyisissä oppikirjoissa liian vähän verrattuna opetus suunnitelmien perusteiden ja tutkimusyhteisöjen tavoitteisiin (ks. Juntunen, 2011; Melén-Paaso, 2006; Opetushallitus 2003, 2004; Rocard et al., 2007; Vassiliou, 2011). Elinkaariajattelu on yksi mahdollisuus tuoda kemian opetukseen soveltavaa, monitieteellistä, tieteelle tyypillistä ristiriitaista pohdintaa arkisten kulutustuotteiden alkuperästä (Nair, 1998; Wilmes & Howarth, 2009).

Kehitykseen liittyvää yhteiskuntaperustaista kemian opetusmateriaalia tarvitaan kaikille kouluasteille selvästi lisää. Oppimateriaaleihin olisi hyvä tuoda paitsi sisältötietoa myös aitoja kokemuksia, jotka herättelevät oppijaa passiivisesta toimijasta aktiiviseksi (Lester et al., 2006). Arvo- ja aktivismikasvatus kannustaa oppilaita tekemään päätöksiä ristiriitaisen kysymyksen ratkaisemiseksi tai parhaan toimintavaihtoehdon löytämiseksi. Jos kestävä kehityksen tehtäviä on kemian oppitunneilla vähän tai aiheet jäävät lukuvuoden loppuun, tilanne voi kuvastaa oppilaalle ympäristöaiheiden vähäisempää tärkeysjärjestystä verrattuna muihin kemian opetusaiheisiin. Silloin vastuu kestävä kehityksen mielenkiintoisesta käsittelystä kemiassa on jäänyt vain opettajan aktiivisuuden varaan.

## 6 Opetusmenetelmät kestävä kehityksen opetuksessa

Käytetyt opetusmenetelmät vaikuttavat oppilaiden asenteisiin (vrt. Juuti et al., 2010; Lavonen et al., 2005). Erilaisille lähestymistavoille voidaan erottaa ainakin kuusi mahdollista oppimiskontekstia – tieto, tunne, kokemus, arvo, asenne ja toiminta (Louhimaa, 2002). Opetusmenetelmien valinnan kannalta kestävä kehityksen opetus tarkoittaa kokonaisvaltaisia lähestymistapoja – tulevaisuusajattelua, systeemiajattelua, kriittistä ajattelua, osallistumista päätöksentekoon, verkostoitumista ja yhteisöllisyyttä (ks. Sadler et al., 2007; Tilbury & Cooke, 2005). Kokonaisvaltaiset lähestymistavat ottavat huomioon toimimme paikalliset, kansalliset ja kansainväliset ulottuvuudet (Burmeister et al., 2012; Wolff, 2004a; Yhteinen tulevaisuutemme, 1988).

Käytännössä kestävä kehitystä kemian opetuksessa tukevat oppilaskeskeiset, oppiainerajoja ylittävät, oppilaita yhteiskunnalliseen toimintaan aktivoivat opiskelumenetelmät (Paloniemi & Koskinen, 2005, 29). Tällaiset opetusmenetelmät kemiassa sisältävät

- i) paikan päällä ympäristössä saatuja kokemuksia ja tietoja,
- ii) tiedollista ja taidollista oppia ympäristöaiheisesta kemiasta ja kestävästä kehityksestä, sekä
- iii) arvokasvatusta, miten toimia kestävä kehityksen puolesta, myös kemian avulla. (vrt. esim. Nordström, 2004; Palmer, 1998)

Tärkeää on tarjota oppilaille mahdollisuuksia osallistua ts. osallistaa oppilaat aitojen yhteiskuntaperustaisten ongelmien ratkaisuihin. (ks. esim. Burmeister et al., 2012; Mogensen & Schnack, 2009; Salonen, 2010, 146) Se tarkoittaa tutkimuksellisia opetusmenetelmiä sekä kemian oppituntien vuorovaikutusta muun yhteiskunnan kanssa.

Tutkimuksellisten opetusmenetelmien käyttö on yhä kemian opetuksessa melko vähäistä. Tutkimuksellisuus ja yhteiskuntaperustaisuus vaativat opetuskulttuurin muutosta – opettajalta epävarmuuden sietokykyä ja rohkeutta etsiä vastauksia aivan uudenlaisiin kysymyksiin yhdessä oppilaiden kanssa. Vuorovaikutus yhteiskunnan kanssa sen sijaan voi tarkoittaa esimerkiksi opintovierailuita ja kouluvierailijoita. Ne voivat liittyä yrityksiin, kansalaisjärjestöihin ja muihin oppilaiden lähiympäristön vaikuttajiin.

Jos halutaan vahvistaa oppilaiden ympäristötietoisuutta, pitäisi myös kemian tunneilla konkreettisesti mennä oppilaiden kanssa lähiluontoon ja tutkia siellä oppilaista kumpuavia kysymyksiä, esimerkiksi lähivesistöön tai maaperään liittyen. Luontosuhteen kehittyminen vaatii merkittävää tunneoppimista luonnossa. Samalla tapahtuu sosio-konstruktivistista tiedon rakentumista. (vrt. Heimlich & Ardoin, 2008; Littlelyke, 2008).

## 7 Kestävän kehityksen kasvatuksen oppilasarviointi

Kestävän kehityksen kasvatuksen oppimistavoitteiden hallinta ja oppilaiden ympäristötietoisuus on tärkeä osa opetuskokonaisuutta: tavoitteet – toteutus – arviointi. Opetuksen vaikutusten mittaamista on ehdotettu tehtävän ympäristönsuojeluun liittyvien asenteiden, tekojen, toimintakyvyn ja tietojen muodossa (vrt. Yavez et al., 2007; Roth, 1992; Jensen & Schnack, 1997; Littlelyke, 2008). Oultonin, Dillonin ja Gracen (2004) mukaan ympäristötietoisuuden arvioinnin pitää kohdistua kriittiseen reflektiokykyyn ja argumentointiin, eri näkökulmien ja eettisten piirteiden havaitsemiseen, tiedon etsintätaitoihin sekä luonnontieteiden luonteen ja merkityksen ymmärtämiseen.

Yhteiskuntaperustainen kemian opetus liittyy oppilaan arkeen ja ympäristönäkökulmiin, joten sen arvioinnissa voidaan soveltaa ympäristökasvatuksen arviointiperusteita (Cantell, 2004). Siinä oppilasarviointia ehdotetaan ulotettavaksi ympäristötekoihin ja ympäristön laadun parantamiseen (Short, 2010). Muita vaikeammin mitattavia ympäristökasvatuksen tavoitteita ovat aktiivinen osallistuminen, kriittinen ajattelu, sisäisesti motivoituminen ja sitoutuminen eliöiden ja ekosysteemien hyvinvoinnin puolesta toimimiseen sekä ekosentriseen maailmankuvaan kasvaminen (Dwyer et al., 1993; Opetushallitus, 2003, 2004; Sadler et al., 2007).

Formatiivisessa oppilasarvioinnissa monipuolisten tavoitteiden toteutumista voi arvioida havainnoimalla, oppilaan tai opettajan kysymyksiä sisältävällä keskustelulla sekä oppilaiden itse- ja vertaisarviointilla (Holbrook, 2005). Opettajan tai oppilaan käyttämä merkintätapa voi yksinkertaisimmillaan ristiriitaisesta aiheesta keskusteltaessa olla esimerkiksi seuraava (Holbrook, 2005; Wilmes & Howarth, 2009):

0 = oppilaalla ei ole mahdollisuutta vastata

x = Oppilas ei vaikuta keskusteluun merkittävästi, päätöksenteon tai mielipiteen perusteena on vain helppous tai edullisuus. Epätieteellistä, epätasällistä tai perusteetonta.

xx = Oppilas osallistuu keskusteluun löytäen vähintään kaksi ulottuvuutta, kuten taloudellisen ja tieteellisen näkökulman. Osa tiedoista puuttuu, esimerkiksi oppilas huomaa ympäristöön liittyvät ja sosiaaliset perustelut vasta opettajan ohjaamana.

xxx = Oppilas ottaa kantaa ja reflektoi ansiokkaasti useista näkökulmista. Tekee päätöksen huomioiden talouteen, ympäristöön ja sosiaalisiin tekijöihin liittyvät perustelut. Ymmärtää ristiriidan parhaan vaihtoehdon ja vallitsevien käytänteiden välillä.

Oppilaat voisivat kehittää yhdessä arkeensa, yksilötasolle ja itsearviointiin perustuvat plus- ja miinus-pisteiden keräämissäännöt, esimerkiksi siten, että pulloveden ostamisesta saisi yhden miinuspisteen ja lyhyestä suihkusta yhden pluspisteen. Yhteiskunnallisista teoista ja ideoista voisi saada vaikka kolminkertaiset pluspisteet.

Osa ihmisen käyttäytymisestä on tietoon ja sääntöihin perustuvaa tiedostettua toimintaa, osa taas taitoihin perustuvaa usein vähemmän tiedostettua toimintaa. On hyvä muistaa, että oppilaiden ympäristövastuullinen käyttäytyminen perustuu useimmiten tietoihin ja vastuuttomuus tiedon puutteeseen. Nuoret vasta opettelevat uutta ja koulussa toiminta perustuu usein yhteisiin sääntöihin. (Waterworth & Waterworth, 2000) Vastuuton käyttäytyminen liittyy usein tapa- ja valtakulttuuriimme.

Ympäristömyönteisten asenteiden ja toiminnan suhde on ristiriitainen. Käyttäytyminen on tilannesidonnaista ja vaihtelevaa (Dwyer et al., 1993; Louhimaa, 2002). Tiedostamisen ja erityisesti luonnonsuojeluun tähtäävän käyttäytymisen välillä havaitaan osassa tutkimuksista korrelaatiota ja toisissa ei (Asunta, 2003; Tung et al., 2002).

Muutokset asenteissa tapahtuvat yleensä kumulatiivisesti ja hitaasti (Dwyer et al., 1993; Johnstone & Reid, 1981). Ympäristöasenteisiin vaikuttavat oppilaan ihmis- tai luontokeskeiset arvot, kiinnostus ja motivaatio, sekä hänen persoonallisuutensa, kokemukset, oppiminen ja sosiaalinen ympäristö (Johnstone & Reid, 1981; Uitto & Saloranta, 2010b).

## 8 Pohdinta: Minkälaista muutosta ja tulevaisuutta haluamme?

Kemian opetukseen tarvitaan uudenlaisia lähestymistapoja: kestävä kehityksen ajattelua tukevia, käyttäytymisen ja maailman muuttamiseen tähtääviä, avoimesti eri toimijoiden kesken keskustelevia, oppilaslähtöisempiä kemian opetustapoja. Oppilaiden aktivoiminen yhteiskunnalliseen, rakenteita muuttavaan toimintaan vaatii kemian opetukseen aktiviteetteja joissa: tarkastellaan eri toimijoiden näkökulmia, ratkaistaan aitoja ongelmia, suhtaudutaan kriittisesti vallitseviin normeihin, osallistetaan nuoret päätöksentekoon, ylitetään oppiainerajoja, pohditaan paikallisia ja globaaleja arvoja, sekä käytetään monipuolisia, avoimia opiskelumenetelmiä.

Oppilaita voidaan myös kannustaa muutamaa maailmaa yhteistyössä koulussa eri ihmisten kesken, sekä kemian alan yritysten, kriittisen äänen omaavien kansalaisjärjestöjen ja yhteiskunnan muiden toimijoiden kanssa (vrt. esim. Cantell, 2004).

Kemian opetus voi avautua yhteiskuntaan sellaisten oppimisympäristöjen ja -menetelmien kautta, joissa

- i) pohditaan ratkaisuja yhteiskunnallisiin kemiaan liittyviin ongelmiin,
- ii) lähestytään kemian aiheita nykyistä useammin yhteistyössä muiden opettajien kanssa eli oppiainerajat ylittäen,
- iii) harjoitellaan mielipiteen muodostamista, perustelua ja päätöksentekoa tieteelliseen tietoon nojaten,

iii) käytetään tutkimuksellisia opiskelumenetelmiä esimerkiksi oppilaslähtöistä tiedon tuottamista ja vertaisopetusta,

iv) käytetään yhteisöllisiä, sosiaalisia ja tunteita herättäviä opiskelumenetelmiä esimerkiksi projektitöitä ja väittelyitä eri rooleissa,

iv) kutsutaan oppitunneille vierailijoita eri näkökulmista, sekä

v) lähdetään yhdessä vierailuille ja tutkimaan lähiympäristöä käytännössä.

Yhteiskuntaperustaiset aiheet olisi tärkeä ottaa pysyväksi ja laajaksi osaksi kemian opetusta. Yksistään teknisten luonnontieteellisten käsitteiden ja faktojen läpikäyminen ei nykypäivänä ei ole useinkaan oppilaista mielekäästä. Laadukasta kemian opetusta ohjaa ympäristö- ja vastuullisuuskasvatus ja opiskelumenetelmiin kuuluu tutkimuksellisuutta (vrt. Burmeister et al., 2012). Tutkimukselliset, oppilaskeskeisemmät ja sosiaalisemmat opetusmenetelmät lisäävät oppilaiden kiinnostusta kemian opiskeluun (vrt. Juuti, 2005; Juuti et al., 2010).

Ympäristöosaaminen, etiikka ja kestävä kehitys ovat jo Suomen Kemianteollisuuden määrittelemiä työntekijöiden keskeisiä osaamistarpeita (Talvenlahti, 2013). Kemianteollisuuden työnantajat arvostavat 2000-luvulla avoimuuden, päätöksenteon, neuvottelun, tiimityön, itsearvioinnin ja monipuolisen ilmaisun taitoja (Honkanen, 2013; Kemianteollisuus ry, 2011).

Elinkaariaiheinen tutkimuksellinen kemian opetusmalli (Juntunen & Aksela, 2011) on keino harjoitella oppilaiden kanssa näitä taitoja. Yhteiskuntaperustaiseen kontekstiin sidottu kemian opiskelu (Bulte et al., 2006; Sadler et al., 2007; Sadler, 2011) tukee kiinnostusta ja taitoja laaja-alaisesti, sekä oppilaiden monipuolista luonnontieteellistä sivistystä (Holbrook & Rannikmae, 2009, Krapp & Prenzel, 2011; Zeidler et al., 2005). Näin kemian aiheet koskettavat oppilaan henkilökohtaisia ja tulevaisuuden ammatillisia ja sosiaalisia merkityksiä (Oulton et al., 2004; Sadler et al., 2007; Van Aalsvoort, 2004; Zeidler et al., 2005).

Kouluissa *yhteisöllisyys* on avainasemassa. Konkreettisesti tarvitaan esimerkiksi aktiivisempia oppilaskuntia, tukioppilastoimintaa, oppilaslähtöistä Vihreä Lippu -ympäristöohjelmaa, kotien ja koulujen yhteistyötä (vaikkapa kouluvaarien ja –mummojen muodossa), yhteydenpitoa virtuaalisella Wilmalla ja muilla mahdollisilla keinoilla, vanhempia vierailemaan koulun arkeen, tutkimuksellista oppilaiden mielenkiinnosta kumpuavaa opiskelua, monipuolisia opetusmenetelmiä, vertaissovittelu Verso-toimintaa...

Vain yhdessä sitoutuen ja haluten voidaan:

i) tehdä asioita paremmin (kuluttaa vähemmän turhaketavaraa, sekä energiaa asumisessa, liikkumisessa ja syömisessä),

ii) tehdä parempia asioita (vaihtaa ekosähköön, syödä kasvispainotteisemmin ja hyötyliikkua lähimatkat), ja

iii) näin tehden jopa muuttaa arkemme paremmaksi (voida terveemmin, säästää rahaa, rentoutua aineettomin iloin vapaa-aikana).

Eettiseen vastuullisuuteen kasvattaminen kemian opetuksessa (ja kaikkien opettajien kesken kahvihuoneessa) voi tarkoittaa edellä mainittujen kysymysten lisäksi esimerkiksi seuraavia, oikeaa vastausta vaille jääviä kysymyksiä: Mitä kestäväällä kehityksellä tavoittelemme? Onko tavoitteita mahdollista saavuttaa niin, että sekä ympäristö, talous että kulttuuri voivat hyvin? Minkälaisia teknologioita kulttuurimme on kehittänyt? Kuinka ne vaikuttavat luonnon monimuotoisuuteen? Entä ihmisten hyvinvointiin? Lähestyvätkö luonnontieteet ympäristöongelmia konsensushakuisesti uskoen liikaa teknologian ja tiedon ratkaisuihin? Vaativatko ratkaisut intressiristiriitojen myöntämistä, että pohjoinen elintaso ja kulutusyhteiskunta on rakennettu pitkälti etelästä tuoduilla alihinnoitelluilla raaka-aineilla, joiden hankkiminen usein johtaa mittaviin ympäristöongelmiin ja ihmisoikeusloukkauksiin? Pyrkivätkö valtaapitävät vähättelemaan tai marginalisoimaan ympäristön varjelemista puolustavia yhteiskunnan jäseniä? Pitäisikö ylikansallisten suuryritysten valtaa rajoittaa? (vrt. Kahn, 2008, 10)

Oppilaiden kanssa on tärkeä pohtia, millaista tulevaisuutta halutaan ja miten se toteutuu. Esimerkiksi Salonen (2010, 36) on hahmotellut ideaalia tulevaisuutta seuraavasti:

...kokonaisvaltaisessa ajattelussa ekosysteemit muodostavat sen perustan, joka pitää yllä elämän edellytyksiä ja muodostaa talouden kivijalan. Ideaaliksi hahmoteltu kestävä talous pitää kiinni ihmisarvosta sekä huomioi toiminnassaan ekologiset rajat niiden elinvoimaisuutta ja uusiutumiskykyä ylläpitäen. Kehityksestä seuraavia hyötyjä ja haittoja tasataan reilusti, ja siinä auttavat ihmisten välinen loukkaamattomuus ja luottamus. Materiakerroksessa on pyrkimys tuntea materiaalin elinkaari kehdosta uusiokäyttöön. Jätteisiin ja saastumiseen liittyvät kysymykset kohdataan ja ratkaistaan. Saastuttava tai jätteitä kaatopaikoille tuottava teollisuusprosessi tai palvelu mielletään virheellisen suunnittelun tulokseksi. Energia tuotetaan uusiutuvia luonnonvaroja hyväksikäyttäen. (mukaillen Salonen, 2010, s. 36)

Kemian alalla on tulevaisuudellemme paljon annettavaa. Vihreän kemian arvojen mukaisesta kemian alasta voi kehittyä nykyistä kiinnostavampi ja vetoavampi tieteen ala. Myös 2000-luvun luonnontieteiden filosofit, kemistit, voivat uudistaa rooliaan ja alkaa tavoitella eliökunnan alkuperäisiä, kestäviä, elämän varjeluhyveitä. (Tundo et al., 2000)

Tutkimusta tarvitaan lisää tietorakenteista, joita elinkaari-aiheinen, tutkimuksellinen projektityö oppilaisissa mielissä muodostaa. Esimerkiksi Paloniemi ja Koskinen (2005) nimeävät neljä erilaista ympäristötiedon lajia. Kemiaan soveltaen ne olisivat

- i) kemian tieto ympäristöongelmista,
- ii) tieto ympäristöongelmien sosiaalisista ja kulttuurisista syistä,
- iii) kemian tieto yksilö- ja yhteisötason seikoista, jotka mahdollistavat muutoksen ympäristönsuojelun kannalta paremmaksi sekä
- iv) kemian tieto tulevaisuuden toimintavaihtoehtoista.

## Kiitokset

Tätä kestävään kehitykseen liittyvän kemian opetuksen tutkimusta ovat rahoittaneet Maa- ja vesitekniikan tuki ry. ja Helsingin Yliopiston Tiedesäätiö. Kiitokset kuuluvat myös tutkimukseen osallistuneille opettajille ja kouluille.

## Lähteet

- Aksela, M. & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto, 118  
<<http://www.helsinki.fi/kemma/data/KemianOpetusTanaan2008.pdf>> (luettu 14.5.2013).
- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38, 67–90.
- Anastas, P., & Lankey, R. (2000). Life cycle assessment and green chemistry: the yin and yang of industrial ecology. *Green Chemistry*, 2(6), 289–295.
- Anastas, P. & Warner, J. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, 30.
- Asunta, T. (2003). *Knowledge of environmental issues: where pupils acquire information and how it affects their attitudes, opinions, and laboratory behaviour*. Akateeminen väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. Jyväskylä: Yliopistopaino.
- Barnosky, A., Hadly, E., Bascompte, J., Berlow, E., Brown, J., Fortelius, M., Getz, W., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P., Martinez, N., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D., Revilla, E. & Smith, A. (2012). Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486, 52–58.
- Bray, R. (2010). The importance of controversy: Is education for sustainable development too nice? *Journal of Sustainability Education*.  
<[http://www.isedimensions.org/wordpress/content/the-importance-of-controversy-is-education-for-sustainable-development-too-nice\\_2010\\_05/](http://www.isedimensions.org/wordpress/content/the-importance-of-controversy-is-education-for-sustainable-development-too-nice_2010_05/)> (luettu 9.4.2013).
- Bulte, A., Westbroek, H., de Jong, O. & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063–1086.
- Burmeister, M. & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to education for sustainable development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93–102.
- Burmeister, M., Rauch, F. & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 59–68.
- Burmeister, M., Schmidt-Jacob, S. & Eilks, I. (2013). German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development - An interview case study. *Chemistry Education Research and Practice* 14(2), 169–176.
- Cantell, H. (2004). *Ympäristökasvatuksen käsikirja*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Centi, G. & Perathoner, S. (2009). From green to sustainable industrial chemistry, teoksessa: Sustainable Industrial Processes. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH&co KGaA, 1–69.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science scope*, 23(6), 42–44.
- Dryzek, J. S. (1997). The politics of the earth. *Environmental discourses*. Oxford University Press.
- Dwyer, W., Leeming, F., Cobern, M., Porter, B. & Jackson, J. (1993). Critical review of behavioral interventions to preserve the environment: Research since 1980, *Environment and Behaviour*, 25(3), 275–321.



- Feierabend, T., Jokmin, S. & Eilks, I. (2011). Chemistry teachers' views on teaching „climate change“ – an interview case study from research-orientated learning in teaching education. *Chemistry education research and practice*, 12, 85–91.
- Grace, M. (2006). Teaching citizenship through science: socio-scientific issues as an important component of citizenship. *Prospero*, 12, (3), 42–53.
- Hallituksen kestävä kehityksen ohjelma (1998). Valtionauvoston periaatepäätös ekologisen kestävyiden edistämisestä 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Heimlich, J. & Ardoin, N. (2008). Understanding behaviour to understand behaviour change: a literarute review. *Environmental education research*, 14(3), 215–237.
- Helve, H. (1997). *Arvot, maailmankuvat, sukupuoli*. Helsinki: Yliopistopaino, 127.
- Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2010). Societal issues and their importance for contemporary science education – a pedagogical justification and the-state-of-art in Israel, Grmany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459–1483.
- Holbrook, J. (2010). Education through science as motivational innovation for science education for all. *Science Education International*, 21(2), 80–91.
- Holbrook, J. (2005) Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, 6(1).
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 4(3), 275–288.
- Honkanen, S. (2013) Puheenvuoro: Nykyarvot vetävät puoleensa. <<http://www.chemind.fi/fi/tietoa-alasta/kestava-kehitys/nykyarvot-vetavat-puoleensa/>> (luettu 15.3.2013).
- Jensen, B. & Schnack, K. (1997). The action competence approach in environmental education. *Environmental education research*, 3(2), 163–178.
- Jerneck, A., Olsson, L., Ness, B., Anderberg, S., Baier, M., Clark, E., Hickler, T., Hornborg, A., Kronsell, A., Lövbrand, E. & Persson, J. (2011). Structuring sustainability science, *Sustainability Science*, 6, 69–82.
- Johnstone, A. & Reid, N. (1981). Towards a model for attitude change. *International journal of science education*, 3(2), 205–212.
- Juntunen, M. (2011). *Kehittämistutkimus: Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa*. Pro gradu. Helsingin Yliopisto, 44–46.
- Juntunen, M. & Aksela, M. (2011). *Elinkaariajattelu ja tutkimuksellinen opiskelu kemian opetuksessa*, kirjassa Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää. VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät -symposiumkirja. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, 96–109.
- Juntunen, M. & Aksela, M. (2013a). Life-cycle thinking and inquiry-based learning in chemistry teaching. *Science Education International*, 24(2), 150-166.
- Juntunen, M. & Aksela, M. (2013b) Life-Cycle Thinking in Inquiry-Based Sustainability Education – Effects on Students' Attitudes towards Chemistry and Environmental Literacy. *CEPS Journal*, 3(2), 157-180.
- Juuti, K. (2005). *Towards primary school physics teaching and learning: A design research approach*. Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Juuti, K., Lavonen, J., Uitto, A. & Byman, R. (2010). Science teaching methods preferred by grade 9 students in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 611–632.
- Kaivola, T. (2007). Sustainable development in teacher education. Teoksessa Kaivola, T. & Rohweder, L. (toim.) *Towards Sustainable Development in Higher Education – Reflections*. Opetusministeriön julkaisuja 2007:6, 66–73.
- Kemianteollisuus ry (2011). Kemianteollisuus ry:n kannanotto Suomen Akatemian toteuttamaan kemian tutkimuksen arviointiin, 7.2.2011 Helsinki.

- Kolstø, S. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645–664.
- Kolstø, S. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50.
- Kuusisto, E., Tirri, K. & Rissanen, I. (2012). Finnish teachers' ethical sensitivity. *Education Research International*. <<http://downloads.hindawi.com/journals/edu/2012/351879.pdf>> (luettu 11.6.2013).
- Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011. Koulutuksen seurantaraportti 2012:2. Opetushallitus. Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Lavonen, J., Juuti, K., Byman, R., Uitto, A. & Meisalo, V. (2005). Peruskoulun fysiikan ja kemian opetuksen työtavat ja niiden monipuolistaminen: Survey-tutkimus oppilaiden ja opettajien käsityksistä. *Dimensio*, 1, 22–24.
- Lester, B., Ma, L., Lee, O. & Lambert, J. (2006). Social activism in elementary science education: A science, technology, and society approach to teach global warming. *International Journal of Science Education*, 28(4), 315–339.
- Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J. & Robert, D. (2005). *Environmental Chemistry: Green Chemistry and Pollutants in Ecosystems*. Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J. & Robert, D. (toim.) Berlin: Springer.
- Littledyke, M. (2008). Science education for environmental awareness: approaches to integrating cognitive and affective domains. *Environmental Education Research*, 14(1), 1–17.
- Louhimaa, E. (2005). Kestävä kehitys ja ympäristökasvatuksen todellisuus. Teoksessa Kiilakoski T., Tomperi, T. & Vuorikoski, M. (toim.) *Kenen kasvatusta? Kriittinen pedagogiikka ja toisinkasvatuksen mahdollisuus*. Tampere: Vastapaino, 217–244.
- Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M. & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 80–92.
- Marks, R. & Eilks, I. (2010). Research-based development of a lesson plan on shower gels and musk fragrances following a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 129–141.
- Melén-Paaso, M. (2006). *Kestävän kehityksen edistäminen koulutuksessa: Baltic 21E -ohjelman toimeenpano sekä kansallinen strategia YK:n kestävä kehitystä edistävän koulutuksen vuosikymmentä (2005–2014) varten*. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2006:6. Helsinki: Yliopistopaino.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499–1521.
- Mogensen, F. & Schnack, K. (2010). The action competence approach and the 'new' discourses of education for sustainable development, competence and quality criteria. *Environmental Education Research*, 16(1), 59–74.
- Nair, I. (1998). Life cycle analysis and green design: A context for teaching design, environment and ethics. *Journal of Engineering Education*, 87(4), 489–494.
- Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908–937.
- Opetushallitus, (2003). Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Helsinki: Opetushallitus. <[http://www.oph.fi/download/47345\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2003.pdf](http://www.oph.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf)> (luettu 15.5.2013).

- Opetushallitus, (2004). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Helsinki: Opetushallitus. <[http://www02.oph.fi/ops/perusopetus/pops\\_web.pdf](http://www02.oph.fi/ops/perusopetus/pops_web.pdf)> (luettu 15.5.2013).
- Opetusministeriö. (2009). Opetusministeriön strategia 2020. Opetusministeriön julkaisuja 2009:47. <[http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/2009/opetusministerion\\_strategia\\_2020.html](http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/2009/opetusministerion_strategia_2020.html)> (luettu 14.1.2010).
- Oulton, C., Dillon, J. & Grace, M.M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, 26(4), 411–423.
- Palmer, J. (1998). *Environmental education in the 21st century*. Theory, practice, progress and promise. Routledge, London.
- Paloniemi, R. & Koskinen, S. (2005). *Ympäristövastuullinen osallistuminen oppimisprosessina*. *Terra*, 117(1), 17–32.
- Pedersen, J. & Totten, S. (2001). Beliefs of science teachers toward the teaching of science/technology/social issues: Are we addressing National Standards? *Bulletin of science, technology & society*, 21(5), 376–393.
- Pedretti, E. & Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95(4), 601–626.
- Reis, P. & Galvao, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34, 153–171.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo V. (2007). Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe, European Commission Directorate-General for Research Science, Economy and Society. Euroopan komission asiantuntijaryhmän raportti. Luxemburg. [verkkodokumentti]. Ks. <[http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)> (luettu 5.5.2011).
- Rockström, J., Steffen, K., Noone, Å. Persson, F., Chapin, E., Lambin, T., Lenton, M., Scheffer, Folke, H., Schellnhuber, B., Nykvist, C., De Wit, T. Hughes, S., van der Leeuw, H., Rodhe, S. Sörlin, P., Snyder, R., Costanza, U., Svedin, M., Falkenmark, L., Karlberg, R., Corell, V., Fabry, J., Hansen, D., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32.
- Rohweder, L. (2008a). Kestävän kehityksen tulkinnallisia ongelmakohtia. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.). *Kohti kestäväää kehitystä. Pedagoginen lähestymistapa*. Opetusministeriön julkaisuja 2008:3. Helsinki: Opetusministeriö, 24–30.
- Roth, C. (1992). *Environmental Literacy: Its Roots, Evolution, and Directions in the 1990s*. U.S., Massachusetts, Columbus OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, 38–41.
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sadler, T., Barab, S. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37, 371–391.
- Sadler, T. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. Kirjassa Sadler (toim.) *Socio-scientific issues in classroom: teaching, learning and research*. New York: Springer, 355–369.
- Salonen, A. (2010). Kestävä kehitys globaalien ajan hyvinvointiyhteiskunnan haasteena. Akateeminen väitöskirja. Helsingin Yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Saloranta, S. & Uitto, A. (2010). Oppilaan koulukokemusten yhteys ympäristöasenteisiin ja ympäristövastuulliseen käyttäytymiseen. Teoksessa: Risku-Norja, H., Jeronen, E., Kurppa, S., Mikkola, M. & Uitto, A (toim.), *Ruoka – Oppimisen edellytys ja opetuksen voimavara*. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, 33–47. <<http://www.helsinki.fi/ruralia/julkaisut/pdf/Julkaisuja25.pdf>> (luettu 23.3.2012).
- Short, P. (2010). Responsible environmental action: Its role and status in environmental education and environmental quality. *Journal of Environmental Education*, 41(1), 7–21.

- Särkkä, M. (2011). Kriittinen reflektio ympäristökasvatuksessa. Pro gradu. Tampereen Yliopisto.
- Talvenlahti, R. (2013). Kehityksen kärjessä. Vahvaa vastuuta. Osa hyvää elämää. Kemiaan perustuva liiketoiminta Suomessa nyt ja tulevaisuudessa. *LUMAT: Luonnontieteiden, matematiikan ja teknologian opetuksen tutkimus ja käytäntö*, 1(1).
- Taskinen, M. (2008). Ympäristökasvatus ja ympäristökemian opetus vuosiluokilla 7 – 9. Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä oppimista. Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto. [verkkodokumentti]. Ks. [https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/artikkeli\\_11](https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/artikkeli_11) [Viitattu 13.2.2011].
- Tikka, P., Kuitunen, M. & Tynys, S. (2000). Effects of educational background on students' attitudes, activity levels, and knowledge concerning the environment. *The Journal of Environmental Education*, 31(3), 12–19.
- Tilbury, D., & K. Cooke (2005). A National Review of Environmental Education and its Contribution to Sustainability in Australia: Frameworks for Sustainability. Australian Government, Department of the Environment and Heritage & Australian Research Institute in Education for Sustainability, Canberra.
- Tirri, K., Tolppanen, S., Aksela, M. & Kuusisto, E. (2012). A Cross-Cultural Study of Gifted Students' Scientific, Societal, and Moral Questions Concerning Science, *Education Research International*, 2012, 1–7.
- Tundo, P., Anastas, P., Black, D., Breen, J., Collins, T., Memoli, S., Miyamoto, J., Polyakoff, M. & Tumas, W. (2000). Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview. *Pure Applied Chemistry*, 72(7), 1207–1228.
- Tung, C., Huang, C. & Kawata, C. (2002). The effects of different environmental education programs on the environmental behaviour of seventh-grade students and related factors. *Journal of Environmental Health*, 64(7), 24–29.
- Uitto, A. & Saloranta, S. (2010a). Aineenopettajat kestävän kehityksen kasvatuksen toteuttajina. Teoksessa: Risku-Norja, H., Jeronen, E., Kurppa, S., Mikkola, M. & Uitto, A (toim.), *Ruoka – Oppimisen edellytys ja opetuksen voimavara*. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, 77–84. Saatavissa <<http://www.helsinki.fi/ruralia/julkaisut/pdf/Julkaisu25.pdf>> (luettu 23.3.2012).
- Uitto, A. & Saloranta, S. (2010b). The relationship between secondary school students' environmental and human values, attitudes, interests and motivations. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9, 1866–1872.
- Uitto, A., Juuti, K., Lavonen, J., Byman, R. & Meisalo, V. (2011). Secondary school students' interests, attitudes and values concerning school science related to environmental issues in Finland. *Environmental Education Research*, 17(2), 167–186.
- UNESCO (2009). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (DESD 2005–2014). Review of Contexts and Structures for Education for sustainable Development Learning for a sustainable world*. Paris: UNESCO.
- Van Aalsvoort, J. (2004). Activity theory as a tool to address the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1635–1651.
- Vassiliou, A. (2011). *Education in Europe: National Policies, Science Practices and research*. Euroopan komissio, <[http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/133EN.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133EN.pdf)> (luettu 13.6.2013).
- Waterworth, J. A. & Waterworth, E. I. (2000). Presence and absence in educational virtual reality: The role of perceptual seduction in conceptual learning. *Themes in Education* 1(1), 7–38.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: A meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science teaching*, 32, 387–398.
- Wilmes, S. & Howarth, J. (2009). Using issues-based science in the classroom, *The Science Teacher*, 76(7), 24–29.

- Wolff, L.-A. (2004a). Ympäristökasvatus ja kestävä kehitys: 1960-luvulta nykypäivään. Teoksessa Cantell, H. (toim.) *Ympäristökasvatuksen käsikirja*. Juva: PS-kustannus, 18–29.
- WWF, (2012). Living planet report. Biodiversity, biocapacity and better choices. <[http://www.wwf.or.jp/activities/lib/lpr/WWF\\_LPR\\_2012.pdf](http://www.wwf.or.jp/activities/lib/lpr/WWF_LPR_2012.pdf)> (luettu 4.5.2013).
- Wylie, J., Sheehy, N., McGuinness, C. & Orhard, G. (1998). Children's thinking about air pollution: a systems theory analysis. *Environmental Education Research*, 4(2), 117–136.
- Yager, S., Lim, G. & Yager, R. (2006). The advantages of an STS approach over a typical textbook dominated approach in middle school science. *School science and Mathematics*, 106(5), 248–260.
- Yavez, B., Goldman, D., & Peer, S. (2009). Environmental literacy of pre-service teachers in Israel: a comparison between at the onset and end of their studies. *Environmental Education Research*, 15(4), 393–415.
- Yhteinen tulevaisuutemme (1988). Helsinki: Ulkoasianministeriö ja Ympäristöministeriö.
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. & Howes, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.

