

Kehittämistutkimus: Nanoteknologian opetusmateriaali yläkoulun kemian opetukseen

Kati Kolehmainen

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto • kati.kolehmainen@helsinki.fi

Johannes Pernaa

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto • johannes.pernaa@alumni.helsinki.fi

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto • maija.aksela@helsinki.fi

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää opiskelijoita kiinnostava nanoteknologian opetusmateriaali, joka toisi esille kemian ja teknologian merkityksen yhteiskunnassa ja tukisi luonnontieteellisen lukutaidon kehittymistä. Tutkimus toteutettiin kehittämistutkimuksena, joka sisälsi neljä vaihetta: 1) teoreettinen ongelma-analyysi, 2) kehittämisvaihe, 3) kehittämistuotos ja sen arviointi ja 4) tuotoksen jatkokehittäminen. Teoreettisessa ongelma-analyysissä tutustuttiin aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen ja asetettiin tutkimuksen kehittämistavoitteet. Aikaisemman tutkimuksen perusteella havaittiin, että opiskelijat ovat kiinnostuneita nanoteknologian visualisoinneista ja arkielämän sovelluksista. Kehitettävä materiaali rakennettiin opetusvideomuotoon, koska siitä pyrittiin tekemään teknisesti käytettävä ja helposti levitettävä. Materiaali jaellaan käyttäjille interaktiivisen blogin välityksellä.

Aikaisemman tutkimustiedon pohjalta materiaalin keskeiseksi kehittämisteemaksi valittiin nanoteknologian visualisoinnit, mihin myös kehittämistuotoksen arviointi perustui. Opetusmateriaali arvioitiin laadullisena tapaustutkimuksena, jossa aineisto kerättiin tutkimushaastatteluilla. Arvioijina toimivat 16-19-vuotiaat opiskelijat, joilta kerättiin tietoa kehitetyn materiaalin kiinnostavuudesta, ja siitä, miksi materiaali kiinnosti opiskelijoita. Opetusmateriaalin arvioinnissa saatiin selville, että videoissa esiintyneistä visualisoinneista opiskelijoita kiinnostivat eniten makrotason visualisoinnit, koska ne auttoivat hahmottamaan kokoluokkaa. Myös nanoteknologisia rakenteita ja arkielämän nanosovelluksia käsittelevät visualisoinnit kiinnostivat opiskelijoita. Rakennevisualisoinnit auttoivat hahmottavansa aineiden rakenteita ja arkielämän visualisoinnit olivat tuttuja omasta elämästä, mikä koettiin motivoivana. Tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että nanoteknologia on opiskelijoita kiinnostava poikkitieteellinen aihealue, joka soveltuu hyvin integroitavaksi kemian opetukseen. Materiaali on vapaasti kaikkien käytössä osoitteessa: <http://nanoteknologia.blogspot.fi>.

1. Johdanto

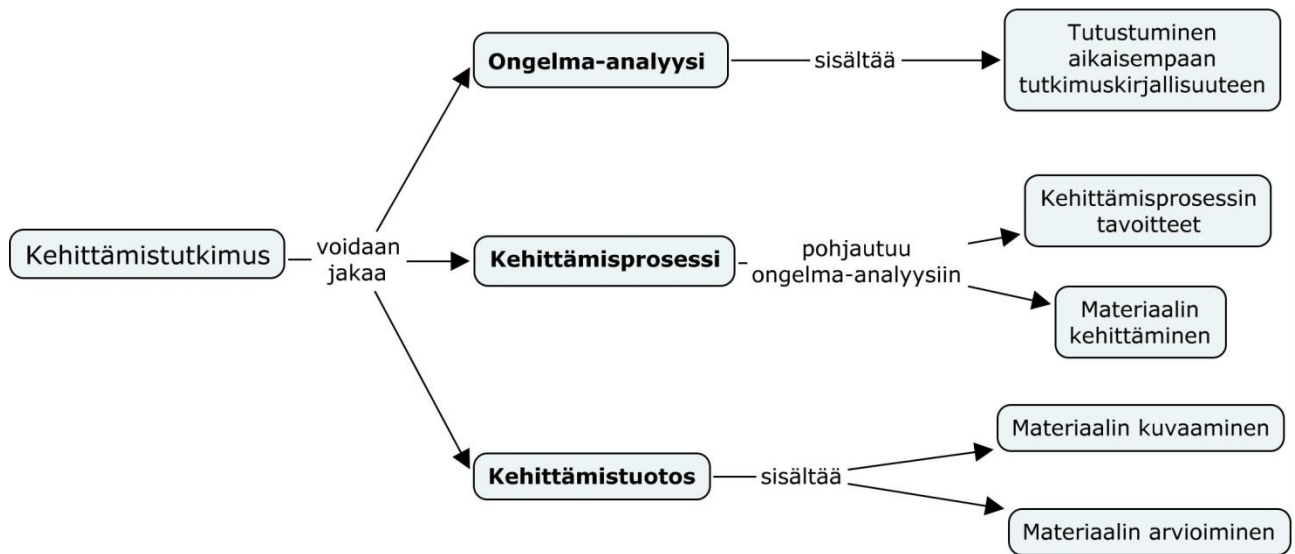
Nanotiede ja nanoteknologia ovat nopeasti kehittyviä, tärkeitä modernin tieteen osa-alueita, jotka tulisi huomioida lasten ja nuorten koulutuksessa. Nanotiede on poikkitieteellinen ala ja se on mahdollista integroida muun muassa kemian, fysiikan ja

biologian opintoihin. Haasteena kuitenkin on, että opetusmateriaaleja on tällä hetkellä vain vähän tarjolla. (Laherto, 2010) Tässä tutkimuksessa tätä haastetta pyrittiin tukemaan kehittämällä oppilaita kiinnostava nanoteknologian opetusmateriaali, joka on integroitavissa kemian opetukseen. Materiaalin kehittäminen toteutettiin nelivaiheisena kehittämistutkimuksena (luku 2) (esim. Edelson, 2002), joka raportoidaan tässä artikkelissa aikasidonnaisena kehittämiskuvauksena (luku 3).

2. Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus on opetuksen tutkimuksessa suhteellisen uusi tutkimusmenetelmä. Niitä on toteutettu nykyisessä muodossa vasta 90-luvun alkupuolelta lähtien. Menetelmässä kehittämistä ei arvioida pelkästään perinteisen kvantitatiivisen tutkimuksen tavoin, jossa tutkimus koostuu tiedon keräämisestä, analysoinnista ja raportoinnista. Kehittämistutkimuksissa on tavoitteena tuottaa myös teoriaan pohjautuvia opetusta tukevia käytännön ratkaisuja, jotka on testattu aidoissa opetus- ja oppimistilanteissa. (Collins et al., 2004) Kehittämistutkimuksen toteuttamiseen ja raportointiin voidaan käyttää erilaisia malleja. Tämä tutkimus toteutettiin Edelsonin (2002) mallin mukaisesti, jossa tutkimus koostuu ongelma-analyseistä, kehittämisvaiheista ja kehittämistuotoksista. Näitä osioita kutsutaan kehittämistutkimuksen ydinosa-alueiksi, joiden avulla kehittämisen etenemistä ohjataan (ks. kuva 1).

Tutkimus sisälsi neljä vaihetta: 1) teoreettinen ongelma-analyysi, 2) kehittämisvaihe, 3) kehittämistuotos ja sen arviointi ja 4) tuotoksen jatkokehittäminen. Teoreettisessa ongelma-analyysissä analysoitiin nanoteknologiaa ja nanoteknologian opetusta käsittelevä aikaisempi tutkimuskirjallisuus. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta selvitettiin tutkimuksen haasteet ja viimeisteltiin kehittämistavoitteet. Ongelma-analyysin jälkeen kehitettiin opetusmateriaalin ensimmäinen versio, joka arvioitiin laadullisena tapaustutkimuksena. Arvioinnin pohjalta materiaalia jatkokehitettiin. (Edelson, 2002)



Kuva 1. Kehittämiskuvauksen rakenne.

2.1. Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää oppilaita kiinnostava ja kemian opetusta tukeva nanoteknologian opetusmateriaali. Kehittämistä ohjattiin kolmella tutkimuskysymyksellä:

1. Millainen on oppilaita ja opiskelijoita kiinnostava nanoteknologian opetusmateriaali?
2. Millaiset nanoteknologian visualisoinnit kiinnostivat 16-19-vuotiaita opiskelijoita?
3. Miksi kehitetyt nanoteknologian visualisoinnit kiinnostavat 16-19-vuotiaita opiskelijoita?

3. Kehittämiskuvaus

Kehittämistutkimus raportoidaan kehittämiskuvauksena, jossa tutkimuksen luotettavuuden kannalta tärkeää on kehittämispäätösten yksityiskohtainen kuvaaminen ja perusteleminen. Kehittämiskuvauksen tulisi sisältää muun muassa kehittämistavoitteet, kehittämisolosuhteet, kehittämispäätökset sekä kehittämistuotosten sykliset arvioinnit. (Design-Based Research Collective, 2003)

Tämän tutkimuksen kehittämiskuvaus koostuu tutkimuksen neljästä vaiheesta: 1) teoreettinen ongelma-analyysi, (luku 3.1.) 2) kehittämisvaihe (luku 3.2.), 3) kehittämistuotos ja sen arviointi (luku 3.3.) ja 4) tuotoksen jatkokehittäminen (luku 3.4.). Kehittämissyklejä oli kaksi.

3.1. Teoreettinen ongelma-analyysi: Nanoteknologia opetuksessa

Nanoteknologia on poikkitieteellinen ala, jossa yhdistyvät muun muassa kemia, fysiikka ja biologia. Aikaisemman tutkimuksen mukaan oppilaiden ennakkotiedot nanoteknologiaa kohtaan ovat vähäiset (O'Connor & Hayden, 2008). Koulutuksen tulisi tarjota monipuolisesti yleissivistäviä tietoja ja taitoja. Nanoteknologia on opetuksen kannalta haasteellinen ala, sillä sitä ei ole mainittu nykyisissä peruskoulun opetussuunnitelmien perusteissa. (Laherto, 2011; Opetushallitus, 2004)

Stevens et al. (2007) ovat määritelleet nanotieteiden tärkeimpiä käsitteitä ja periaatteita, joita ovat muun muassa aineen rakenne, kokoluokka ja kokoluokan ominaisuudet sekä tiede, teknologia ja yhteiskunta. Myös tutkimuksen O'Connor & Hayden (2008) mukaan nanotieteen käsitteiden määrittäminen on opetuksen kannalta tärkeää. Tretterin (2008) mukaan esim. kokoluokan käsitteleminen on tärkeää, koska nanorakenteet eivät ole silmillä tai mikroskoopilla nähtävissä. Nanoteknologian opetuksessa tulisi huomioida myös nanoteknologian yhteiskunnalliset vaikutukset sekä sovellukset, jotta oppilaat saisivat käsityksen myös niiden hyödyistä ja haitoista (Gardner et al., 2010).

Laherto (2011) on tutkinut nanotieteiden ja nanoteknologian täydennyskoulutuksen käyneitä opettajia. Opettajat olivat sitä mieltä, että nanotieteitä tulisi opettaa peruskoulussa sekä lukiassa. Erityisesti oltiin kiinnostuneita lääketieteen ja elektroniikan tuotteista ja sovelluksista. Aihetta käsittelevissä tutkimuksissa on myös selvinnyt, että nanotieteiden opiskelussa opiskelijoita kiinnostavat arkielämän esimerkit ja visualisoinnit (esim. O'Connor & Hayden, 2008). ROSE-tutkimuksessa on todettu teknologiaan liittyvien asioiden kiinnostavan enemmän poikia ja ympäristöasioiden tyttöjä (Lavonen et al., 2008). Nanoteknologian tarjoaa kontekstin molempien aiheiden opiskeluun (Laherto, 2011).

3.2. Kehittämisvaihe: Nanoteknologian opetusvideoiden suunnittelu, kuvaaminen ja julkaiseminen

Teoreettisen ongelma-analyysin pohjalta luotiin tavoitteet nanoteknologian opetusmateriaalille. Materiaalin kehittämissä otettiin erityisesti huomioon viisi tutkimuskirjallisuudesta esille nousutta seikkaa asiaa:

- 1) nanoteknologian ja siihen liittyvien tärkeimpien käsitteiden integroiminen osaksi kemian opetusta (Laherto, 2010; Stevens et al., 2007),
- 2) nanotieteiden kokoluokka ja sen mielekäs visualisointi (Tretter, 2008),
- 3) nanotieteiden edut ja haitat yhteiskunnalle (Gardner et al., 2010),
- 4) nanotieteiden arkielämän sovellukset (O'Connor & Hayden, 2008) ja
- 5) tilannekohtaisen kiinnostuksen herättäminen (Krapp & Prenzel, 2011).

Materiaali päätettiin rakentaa videomuotoon, sillä siitä haluttiin teknisesti mahdollisimman helposti päivitettävä ja käytettävyydeltään useantyyppisten päätelaitteiden kanssa yhteensopiva. Videot valittiin materiaalin mediatekniseksi esitysmuodoksi myös siksi, että niiden käytöstä on saatu positiivisia kokemuksia opetuksessa. Ne mahdollistavat muun muassa alustan eri mediatyyppien yhdistämiselle (mm. kuva, ääni ja teksti), digitaalisia videoita on helppo jakaa sosiaalisen median avulla (mm. blogit ja videon jakelupalvelut kuten Screencast.com tai YouTube). Sosiaalinen media mahdollistaa myös videoista keskustelun, jonka oppilaat ovat kokeneet tukevan oppimista (Mitra et al., 2010).

Opetusvideoiden rakentaminen toteutettiin kolmessa vaiheessa: 1) videoiden suunnittelu ja käsikirjoittaminen, 2) kuvaaminen, äänittäminen ja editointi ja 3) julkaiseminen. Ensimmäisessä vaiheessa valittiin videoiden aiheet teoreettisen ongelmanalyysin pohjalta. Aikaisemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta selvisi, että videoiden pituus on hyvä pitää lyhyenä, jolloin oppilaat jaksavat keskittyä videoiden katseluun. Lyhyitä videoita on myös helpompi tehdä (Pekdag & Le Marechal, 2010).

Keskeisten käsitteiden pohjalta videoita päätettiin tehdä kolme. Ensimmäisen videon aiheiksi valittiin nanotiede ja nanoteknologia sekä niiden kokoluokka (esim. Tretter, 2008). Toisessa videossa käsiteltiin aurinkokennoja, sillä se yhdistää sekä teknologia- että ympäristökontekstit (vrt. tyttöjen ja poikien väliset kiinnostuserot luku 3.1. ja Lavonen et al., 2008). Kolmannen videon aiheeksi valittiin nanoturvallisuus, jonka avulla pystyttiin tuomaan esille myös sovellusten yhteiskunnallisia vaikutuksia (Gardner et al., 2010).

Videot tehtiin Prezi-ohjelmistolla. Kyseinen ohjelma valittiin muun muassa modernien visualisointiominaisuuksien vuoksi ja ilmaisen opetuskäyttömahdollisuuden vuoksi. Videoissa käytettävät kuvat tehtiin pääosin itse, mutta myös Flickr-kuvapalvelun kuvaresursseja hyödynnettiin. Videoiden kuvaamiseen käytettiin ilmaista Jing-ohjelmistoa. Jingin avulla tietokoneen näytöstä voidaan ottaa kuvia tai kuvata maksimissaan viiden minuutin mittaisia videoita. Videoon on mahdollista myös lisätä ääntä kuvauksen aikana. Videot ladattiin Screencast.com-palveluun, josta ne voidaan upottaa erilaisiin verkko-oppimisympäristöihin upotuskoodin avulla.

3.3. Kehittämistuotos: Nanoteknologia-blogi

Kehitetyt opetusvideot julkaistiin Bloggerissa, joka on Googlen ilmainen blogipalvelu (ks. kuva 2). Blogin osoite on <http://nanoteknologia.blogspot.com/>. Kehittämistuotos sisältää kolme videota, joiden pituudet ovat noin 2,5 minuuttia. Ensimmäisen videon aiheena on nanotiede ja nanoteknologia sekä kokoluokka. Videoon valittiin neljä kuvaa, joissa on mukana molekyyylimalleja, kokoluokan hahmotusta, käsitekartta nanoteknologian aloista sekä nanoteknologian tuotteita. Videon tavoitteena on tuoda esille uudet käsitteet ja

tutustua nanotieteen kokoluokkaan sekä nanoteknologian sovelluksiin arkielämän esimerkkien avulla. (vrt. Tretter, 2006)



Kuva 2. Nanoteknologia-blogi

Videon aiheena on hiilen allotropia, mikä on yksi keskeisistä yläkoulun kemian sisällöistä (Opetushallitus, 2004). Hiilen allotropian avulla esitellään nanoteknologian saavutuksia, kuten fullereeni ja nanoputki. Lisäksi videolla käsitellään, missä aloilla nanoteknologiaa on, kuten lääketiede ja elektroniikkateollisuus. Kuvien avulla tuodaan myös esille nanoteknologian sovelluksia. (vrt. O'Connor & Hayden, 2007)

Aikaisemmasta tutkimuskirjallisuudesta selvisi, että osalle oppilaista on helpompi seurata videoita tekstin kanssa (Berk, 2009). Tämän vuoksi videoihin tehtiin aiheeseen liittyvä käsitekartta. Oppilaat ovat myös kiinnostuneita siitä, miten nanoteknologia näkyy arkielämässä (O'Connor & Hayden, 2007), joten videoihin tuotiin kuvia nanoteknologian tuotteista ja sovelluksista.

Nanoteknologian toinen video käsitteli arkielämän esimerkkiä. ROSE-tutkimuksen mukaan tyttöjä kiinnostavat ympäristöön liittyvät asiat ja poikia teknologian sovellukset (Lavonen et al., 2008). Arkielämän esimerkiksi valittiin aurinkokennot, sillä nanoteknologian tarjoaa ratkaisuja myös energiantuotantoon. Videoissa esiteltiin kuva Grätzelin kennon rakenteesta, niissä käytettävän väriainemolekyylin koostumuksesta ja käsitekartta aurinkokennon hyödyistä.

Nanotieteen kolmannessa videossa käsiteltiin nanoturvallisuutta, sillä aihe on tärkeä luonnontieteellisen lukutaidon kehittymisen kannalta. Nuoret joutuvat tulevaisuudessa tekemään yhteiskunnallisia ja henkilökohtaisia päätöksiä liittyen nanotuotteisiin. (Laherto, 2010). Nuorten tulee olla tietoisia nanotuotteiden mahdollisista hyödyistä ja riskeistä

ennen päätöksen tekoa (Gardner et al., 2010). Videon tavoitteena oli esitellä, miten nanopartikkelit voivat kulkea luonnossa ja vaikuttavat ihmisiin.

3.3.1. Kehitetyn oppimateriaalin arviointi

Kehitetty opetusmateriaali testattiin osana ammatillisen tutkinnon kemian kurssin oppituntia. Tutkimusmenetelmänä käytettiin laadullista tapaustutkimusta ja aineisto kerättiin tutkimushaastattelun avulla. Tapaustutkimuksen avulla päästiin lähemmäksi tutkimuskohdetta mikä oli tärkeää, kun tutkimuksessa pyrittiin saamaan esille asioita, jotka voivat hukkoa laajempaa joukkoa tutkittaessa. Tapaustutkimuksen avulla pyritään tutkimaan ja saamaan lisää tietoa teoriasta tai mallista. Tutkimuksen tulokset eivät ole yleistettävissä samalla tavalla kuin laajemman kyselytutkimuksen, mutta tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää vastaavissa tilanteissa. (Cohen et al., 2007)

Aineisto kerättiin tutkimushaastattelun avulla, sillä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita, millaiset visualisoinnit kiinnostivat opiskelijoita ja miksi juuri nämä visualisoinnit kiinnostivat heitä. Tutkimushaastattelu soveltuu menetelmäksi, kun aihealue on vähän tutkittu ja halutaan saada laajoja ja tarkkoja vastauksia. Haastattelu mahdollistaa tarkentavien kysymysten esittämisen ja, niiden avulla voidaan saada selvempiä vastauksia. Luotettavuuden ja laadukkuuden kannalta on tärkeää tehdä hyvä haastattelurunko. Kemian kurssille osallistui kymmenen opiskelijaa, joista neljä haastateltiin. Haastatteluja ei jatkettu neljän henkilön jälkeen, sillä vastauksista ei noussut enää uusia analyysiluokkia. (Cohen et al., 2007; Hirsjärvi & Hurme, 2000)

Materiaalin analysointi tehtiin teorialähtöisen analyysimallin mukaisesti. Mallia käytettäessä tutkittava ilmiö on jo ennalta tunnettu, joka oli tässä tutkimuksessa kemian mallit ja visualisoinnit. Tutkimuksessa valittiin yläluokat; makrotaso, symbolinen taso ja submikroskooppinen taso, jotka ovat Johnstoneen (1993) määrittelemät kolme kemian tiedon esittämisen tasoa. Opiskelijoiden vastaukset luokiteltiin näihin kolmeen luokkaan (ks. taulukko 1), joista analyysirungon avulla johdettiin alaluokat. (Tuomi & Sarajärvi, 2011)

Taulukko 2. Sisällönanalyysin ylä- ja alaluokat sekä frekvenssit.

Yläluokka	Frekvenssi	Alaluokka	Frekvenssi
Makrotaso	5	Nanoteknologian kokoluokan visualisoinnit	2
Symbolinen taso	2	Nanoteknologian rakennevisualisoinnit	2
Submikroskooppinen taso	1	Arkielämän visualisoinnit	4

Tutkimuksen tulosten perusteella havaittiin, että opiskelijoita kiinnosti visualisointi, jonka tarkoituksena oli auttaa hahmottamaan nanotieteiden kokoluokkaa. Se kiinnosti siksi, että se auttoi hahmottamaan kokoluokkaa ja ymmärtämään, kuinka pieni yksi nanometri on.

'Kuvista kiinnostavin oli jalkapallo kuva, jossa selitettiin kokoluokkaa... Auttoi ymmärtämään nanometrin todellisen koon.' – Haastateltava 3

'Kuva fullereenista, jalkapallosta ja maapallosta oli hyvä, sillä se auttoi käsittämään kokoluokkaa ja todella ymmärtämään, kuinka pieni yksi nanometri on.' – Haastateltava 4

Opiskelijoita kiinnostivat myös molekyylien rakenteisiin liittyvät visualisoinnit, sillä niistä hahmotti rakenteita ja pystyi näkemään, miten atomit sitoutuvat.

'Kuvat fullereenista, nanoputkista ja grafiitista kiinnosti, sillä niistä näkee atomien rakenteet.' – Haastateltava 1

'Kuva, missä on fullereeni, nanoputki ja grafiitti, sillä näkee atomien sitoutumiset ja, miten nanoputkia vois tehdä grafiitista.' – Haastateltava 2

Opiskelijoita kiinnostivat myös arkielämään ja sovelluksiin liittyvät visualisoinnit, sillä ne ovat tuttuja ja tuotteita oli opiskelijoilla käytössä.

'Miten nanoteknologiaa käytetään arkipäivän askareissa ja tuotteissa. Jäivät mieleen sillä ne ovat itsellä käytössä ja on tuttuja.' – Haastateltava 1

'Nanoteknologian tuotteita, lähinnä elektroniikka, sillä ne ovat itselle tuttuja.' – Haastateltava 2

3.4. Jatkokehittäminen: Opetusvideoiden käyttöä tukevat oppimistehtävät

Aikaisemman tutkimuksen pohjalta todettiin, että opiskelijat pitävät opetusvideoiden käyttöä hyödyllisenä silloin kun niillä on selkeä oppimispäämäärä. Tapaustutkimuksen tulosten pohjalta suunniteltiin videoihin liittyvät oppimistehtävät. Aiheet valittiin opiskelijoiden kiinnostuksen kohteiden pohjalta. Oppimistehtävien tavoitteena on tukea oppimista sekä rohkaista opiskelijoita puhumaan videoiden aiheista.

Ensimmäisen videon aiheena oli nanotiede ja nanoteknologia sekä kokoluokka. Opiskelijoita kiinnostivat fullereenin ja nanoputkien rakenteet, joten ensimmäinen oppimistehtävä liittyy rakenteiden hahmottamiseen.

Oppimistehtävä 1

Hahmottele paperille kiinteän hiilen erilaisten esiintymismuotojen rakenteita.

- Miten hiiliatomit ovat sitoutuneet toisiinsa?
- Miten rakenteet eroavat toisistaan?

Toisen videon aiheena oli aurinkokennojen rakenne, jonka opiskelijat kokivat kiinnostavana. Oppimistehtävän avulla tutustutaan tarkemmin aurinkopaneelien käyttöön.

Oppimistehtävä 2

Mieti vastaukset seuraaviin kysymyksiin.

- Missä olet nähnyt aurinkopaneeleja käytettävän?
- Miten ja missä aurinkopaneelien käyttöä voisi lisätä?

Kolmannen videon aihe oli nanoteknologian tuotteet ja turvallisuus. Aiheena tämä koettiin kiinnostava, sillä opiskelijoilla oli tuotteita itsellä käytössä. Kolmas oppimistehtävä on mieltä, missä nanoteknologian tuotteita on käytössä, ja millaisia haittoja niistä voisi koitua.

Oppimistehtävä 3

- Missä tiedät nanoteknologian tuotteita olevan käytössä?
- Millaista haittaa ihmiselle ja ympäristölle niistä voisi koitua?

Oppimistehtävät on julkaistu myös blogissa videoiden kanssa. Oppimistehtävät voi toteuttaa joko itsenäisesti tai perityöskentelynä. Opetusmateriaali on suunniteltu 45 minuutin oppitunnille, jolloin tehtävien läpi käymiseen on hyvin aikaa. Oppimistehtävät voidaan tehdä aihetta koskevan videon jälkeen tai kolmen videon katsomisen jälkeen. Oppimistehtävien avulla opettaja pystyy arvioimaan oppilaiden suoriutumista tehtävästä sekä syventymään tarkemmin videoiden aiheisiin. Myös aikaisemman tutkimuksen perusteella on havaittu, että opiskelijat eivät pitäneet videoiden viihteellisestä käytöstä vaan halusivat niillä olevan oppimispäämäärän. (Mitra et al., 2010)

4. Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksessa kehitettiin kiinnostava nanoteknologian opetusmateriaali, joka on integroitavissa yläkoulun kemian opintoihin. Aikaisemmasta tutkimuksesta etsittiin nanotieteen ja nanoteknologian tärkeimmät aihealueet sekä tietoa aihealueen mielekkästä opetustavasta. Nanoteknologian opetuksen kannalta on tärkeää tuoda esille uudet käsitteet

ja kokoluokka. Kokoluokan hahmottaminen on erityisen tärkeää, sillä ilmiöt eivät ole silmin nähtävissä (Tretter, 2006). Tutkimuskirjallisuudesta nousivat esille myös opetusmateriaalit, jotka sisälsivät visualisointeja ja arkielämän esimerkkejä. (O'Connor & Hayden, 2008).

Videoiden avulla voidaan tuoda esille kemian visualisointeja sekä arkielämän esimerkkejä. Kehitetyissä videoissa otettiin huomioon myös kemian tiedon esittämisen kolme eri tasoa: makrotaso, symbolinen taso ja submikroskooppinen taso (Johnstone, 1993). Videoiden kehittämisessä huomioitiin erityisesti ohjelmistojen käytettävyys ja videoiden jaettavuus. Kehitetyt kolme videota on suunniteltu tietoisuiksi aiheesta ja oppimistehtävien avulla on tarkoitus syventyä aiheeseen. Oppimistehtävien avulla opettajan on mahdollista arvioida oppilaiden työskentelyä.

Arvioinnin tulosten pohjalta havaittiin, että opiskelijoita kiinnostivat nanoteknologian visualisoinnit, jotka liittyivät nanotieteen kokoluokkaan. Aikaisemmassa tutkimuksessa on havaittu samankaltaisia tuloksia (O'Connor & Hayden, 2008; Stevens et al. 2007; Tretter, 2008)

Opiskelijoita kiinnostivat myös visualisoinnit, josta pystyi hahmottamaan molekyylin rakenteen. O'Connor & Hayden (2008) ovat havainneet saman myös tutkimuksissaan. Visualisoinnit kiinnostivat, sillä niistä pystyi näkemään miten atomit yhdistyvät. Tässä tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijoita kiinnostivat myös arkielämän esimerkit ja sovelluksen. Nämä visualisoinnit kiinnostivat, sillä opiskelijoilla oli tuotteita itsellään käytössä.

Tutkimustuloksia arvioidessa on syytä ottaa huomioon, että tutkimus toteutettiin laadullisena tapaustutkimuksena pienellä otoksella, joten tulokset ovat vain suuntaa antavia. Tutkimus antaa kuitenkin näyttöä siitä, että nanoteknologian opetuksen kehittäminen on tärkeää. Ala on myös tieteellisesti tärkeä ja taloudellisesti kasvava. Se kiinnostaa myös nuoria mikä on tärkeää, sillä nuoret joutuvat tulevaisuudessa tekemään henkilökohtaisia ja yhteiskunnallisia valintoja esimerkiksi energiatalouteen liittyen.

Lähteet

- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. (6. painos). Oxon: Routledge.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Edelson, D.C. (2002). Design Research: What we learn when we engage in design. *The Journal of Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Gardner, G., Taylor, A., Forrester, J. & Robertson, L. (2010). Student's Risk Perceptions of Nanotechnology Applications: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32(14), 1951–1969.

- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2000). Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–704.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50.
- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3), 160–175.
- Laherto, A. (2011). Incorporating nanoscale science and technology into secondary school curriculum: Views of nano-trained science teachers. *NorDina – Nordic Studies in Science Education*, 7(2), 126–139.
- Lavonen, J., Byman, R., Uitto, A., Juuti, K. & Meisalo, V. (2008). Students' interest and experiences in physics and chemistry related themes: Reflections based on a ROSE-survey in Finland. *Themes in Science and Technology Education*, 1(1), 7–36.
- Mitra, B., Lewin-Jones, J., Barrett, H. & Williamson, S. (2010). The use of video to enable deep learning. *Research in Post-Compulsory Education*, 15(4), 405–414.
- O'Connor, C. & Hayden, H. (2008). Contextualising nanotechnology in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(1), 35–42.
- Opetushallitus. (2004). Peruskoulun opetussuunitelman perusteet 2004. Helsinki: Opetushallitus.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L., Schank, P. & Krajcik, J. (2007). The big ideas of nanoscience, <http://hi-ce.org/projects/nano/index.html>, luettu 16.5.2012.
- Tretter, T. (2006). Conceptualising nanoscale. *Science Teacher*, 73(9), 50–53.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2011). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. (8. painos). Helsinki: Tammi.

