



Maija Aksela & Marja Montonen (Toim.)

Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin

Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät
29.–30.3.2007 Helsinki

Osa III
Perusopetus ja toinen aste
Uusia lähestymistapoja kemian
opetukseen toisen asteen koulutuksessa

Sisällys

Työturvallisuus kemian opetuksessa	3
Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyyli mallinnuksesta	15
Ope-TET vahvistaa työelämäntuntemusta ja tukee nuorten TET-jaksoa	36
Yhteistyötä Yhtenäiskoulussa	41
Kemiallinen sidos perusopetuksen ja lukion oppimateriaaleissa	46
Sähköilmiöiden historiallisia malleja	57
Mielekästä kokeellisuutta kemian opetukseen	70
Luova – nuorten luonnontiede verkkolehti	71
Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan	82



Työturvallisuus kemian opetuksessa

Atte Kolis, Jouni Välisaari
Jyväskylän yliopisto, kemian laitos,
Tuula Asunta
Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos

Tutkimuksessa tarkasteltiin muutaman koulun kemian luokkien ja välinevarastojen työturvallisuutta ja niissä mahdollisesti esiintyviä työturvallisuuspuutteita, sekä kemian opettajien mielipiteitä kemian opetuksen työturvallisuudesta. Tutkimus toteutettiin kartoittavana ja kuvailevana tapaustutkimuksena. Tutkimusaineisto kerättiin kemian opettajilta avoimella kyselylomakkeella ja luokkatiloja valokuvaamalla. Tutkimuksessa oli mukana neljä lukiota ja kuusi yläkoulua. Koulujen kemian opetuksen tiloista kuvattiin kohteet, joissa havaittiin puutteita työturvallisuudessa tai joissa oli tehty hyviä työturvallisuusratkaisuja. Kyselytutkimukseen osallistui 24 opettajaa. Jokaisessa koulussa ilmeni lähes samoja ongelmia ja puutteita. Eniten ongelmia aiheuttivat opetustiloja koskevat puutteellisuudet. Monia puutteita havaittiin myös vetokaapeissa ja reagenssi- ja välinevarastoissa. Jätteiden käsittelyssä hankalinta on ongelmajätteiden kerääminen ja käsittely.

Asiasanat:

Koulujen työturvallisuus, kemian opetus, kuva-analyysi

Johdanto

Työturvallisuus on tärkeä osa kemian opetusta, etenkin kokeellisessa opetustavassa. Hyvät työskentelytilat, laitteet ja välineet mahdollistavat oppilaan turvallisen kokeellisen työskentelyn. Kokeellisen opetustavan ehdoton edellytys on, että turvallisuutta koskevat vaatimukset ja määräykset ovat kunnossa ja näitä vaatimuksiä myös noudatetaan.

Kirjallisuudessa kemian kokeelliseen työskentelyyn liittyvää työturvallisuutta on käsitelty varsin laajasti. Esimerkiksi Journal of Chemical Education julkaisee säännöllisesti työturvallisuuden parantamiseen tähtääviä tutkimustuloksia ja ohjeita opettajille otsikoilla "AccidentAnecdotes" ja "Safety Tips". Tässä tutkimuksessa menetelmänä käytettyä valokuva-analyysiä on käytetty tutkimusmenetelmänä aiemminkin, esimerkiksi havainnollistamaan työturvallisuudessa havaittuja puutteita (Moore 2001; Cover puzzle: Puzzle: what's wrong in this lab? 2002). Suomalaisissa tutkimuksissa aihetta on käsitelty pääasiassa työtiloja koskevien kysymysten kautta.

Työturvallisuusmääräykset ja suositukset kemian opetuksessa

Yksi merkittävimmistä työturvallisuutta koskevista säädöksistä on 1.9.1990 voimaanastunut kemikaalilaki ja -asetukset. Samaan aikaan annettiin asetus vaarallisten aineiden kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista sekä työsuojeluhallituksen päätös vaarallisten kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteesta. Suurin muutos uudessa laissa oli kemikaalien vaarallisuuden luokittelun muuttaminen.

Kemikaalit jaettiin 15 eri luokkaan kemikaalien vaarallisten ominaisuuksien perusteella (Jauhiainen 1990).

Opettajan toimintaa kemian luokassa, opetuksessa ja varaston hoidossa ohjaavat ja määräävät edellä mainittujen lisäksi työturvallisuuslaki, kemikaaliasetus, luokitusterusteet ja merkintöjen tekeminen, päälyksen turvasuljin ja näkövammaisille tarkoitettu vaaratunnus sekä vaarallisten aineiden luettelo (Laaksonen & Mäkelä 2003).

Kirjoja ja oppaita työturvallisuudesta

Opettajalle suunnattua työturvallisuuskirjallisuutta ovat Montosen (1997) toimittama Luonnontieteiden opetuksen tilat ja välineet -opas sekä Laaksonen ja Mäkelän (2003) kirjoittama Turvallinen työskentely koululaboratoriossa. Lisäksi on syytä mainita Yrjänheikin (1996) toimittama teos Laboratorio kehittyvänä työympäristönä, joka on kahta edellisestä opasta sisällöltään selvästi kattavampi.

Luokkien suunnittelu ja mitoitus

Valtion toteuttamasta oppilaitosrakentamisen normiohjauksesta on luovuttu (Uurto 1995; Suunnittelu ja mitoitus 2006). Oppilaitokset voivat aikaisempaa vapaammin määritellä tilantarpeensa koulun oman opetussuunnitelman ja tavoitteiden perusteella. Jokaisen oppilaitoksen onkin määriteltävä oma toiminta-ajatuksensa ja sen perusteella selvitetään, millaiset tilat, kalusteet ja varusteet oppilaitos toiminnassaan tarvitsee (Suunnittelu ja mitoitus 2006).

Koulujen opetustilojen määrä lasketaan opetustuntien mukaan. Montosen (1997) mukaan yksi luokkatila tarvitaan, jos tuntimäärä viikossa on enintään 27. Laskettuihin tuloksiin vaikuttaamyös koulun sijainti. Kaupunkien kouluissa oppilaiden koulumatkat ovat usein lyhyitä, jolloin koulun ei tarvitse huomioida oppilaiden koulukuljetuksia laatiessaan koulun työjärjestyksiä. Tällöin luokkatilojen tarvetta laskettaessa voidaan käyttää jopa 32 viikkotuntia. Haja-asutusalueella sijaitsevilla kouluissa koulun on huomioitava tilojen määrän laskennassa myös oppilaiden koulukuljetukset ja tällöin laskennassa käytetään 27 viikkotunnin määrää (Montonen 1997). Nykysuositusten mukaan 16 oppilaan ryhmä tarvitsee 60–65 m² tilan. Mikäli oppilaita on ryhmässä 17–20, tarvitaan tilaa noin 77 m². Tästä eteenpäin ryhmäkoon kasvaessa jokaista alkavaa neljää oppilasta kohti tarvitaan opetustilaa lisää noin 12 m², eli 21–24 oppilaan ryhmä tarvitsee 89 m² tilan (Montonen 1997). Antila (1997) puolestaan perustelee opetustilan pinta-ala tarpeen laskemalla yhden oppilaan ja opettajan tarvitseman tilatarpeen. Arvioiden perusteella yksi oppilas tarvitsee 4 m² tilan ja luokan etuosaan on opettajalle varata 19 m² tila. Edellisten arvioiden perusteella 16 oppilaan ryhmä tarvitsee siis noin 80 m² opetustilan.

Opetustilojen kokoa suunniteltaessa tulee huomioida myös varastotilat. Varastojen tarpeeseen vaikuttaa luokkien määrä ja luokkien tyypit. Kouluissa tulisi olla vähintään yksi sellainen varastotila, jossa voidaan säilyttää kemikaaleja ja luonnontieteiden opetuksessa käytettäviämateriaaleja ja välineitä. Tällaisen varastotilan pinta-alan tulisi olla vähintään 35 m². Varastossa tulisi olla myös tilaa opettajien työskentelylle (Montonen 1997).

Koululaboratorioiden yleisohjeet

Jokaisessa koululaboratoriossa on oltava näkyvällä paikalla yleiset työturvallisuusohjeet, joita jokaisen laboratoriossa työskentelevän on noudatettava (Montonen 1997). Oppilaille on syytä jakaa jokaiselle oma kopionsa turvallisuusohjeista. Erilaisia turvallisuusohjeita on useita. Kaikki ohjeet sisältävät tietyt yksittäiset turvallisuuden kannalta tärkeät kohdat. Montonen (1997) esittää oppaassaan 16 ohjetta laboratorion yleiseksi turvallisuusohjeiksi. Laaksosen ja Mäkelän (2003) oppaassa puolestaan on esitetty 20 ohjetta käsittävä lista, jossa muutamat kohdat ovat suunnattu opettajalle.

Kemian luokkien turvavälineet

Hyvin varustetussa kemian luokassa on useita erilaisia turvavarusteita, kuten veto-kaappi, suojalevy, hätäkytkin, turvavalaistus, hätäsuihku, silmäsuihkupullo, hiilidioksidi- tai jauhesammutin, sammutuspeite ja -käsineet, kiinteä paloposti tai sankoruisku, turvamerkit sekä henkilökohtaiset turvavarusteet.

Kemikaaleja ja varastointia koskevat määräykset

Kouluissa tulee olla nimetty koulun kemikaalien hoidosta vastaava henkilö, jonka tehtäviin kuuluu huolehtia kemikaalilistojen ja käyttöturvallisuustiedotteiden päivittämisestä sekä kemikaalien pakkausten ja merkintöjen tarkastamisesta. Kyseinen opettaja vastaa kemikaaleja tilattaessa niiden vastaanotosta ja asianmukaisesta varastoinnista (Laaksonen & Mäkelä 2003).

Jätteiden käsittely

Jätteiden käsittely koostuu jätteiden lajittelusta, keräyksestä, kierrätyksestä ja uusiokäytöstä. Vastuu jätteiden käsittelystä ja hävittämisestä on jätteiden tuottajalla. (Montonen 1997) Oppilaat eivät välttämättä tiedä, miten jätteiden kanssa tulee toimia, joten kouluissa vastuu kemikaalijätteiden käsittelystä ja hävittämisestä on kemian opettajalla. Suunnittelulla ja ennakkoinnilla voidaan huomattavasti helpottaa jätteiden käsittelyä. Tekemällä esimerkiksi mikromittakaavan oppilastöitä saadaan jätteiden määrää vähennettyä. Opettajan kannattaa suosia tutkimuksia, joiden materiaaleja voidaan kierrättää tai käytettävät ainemäärät ovat pieniä (Laaksonen & Mäkelä 2003).

Tutkimusongelmat

Tällä tutkimuksella selvitettiin koulujen kemian opetukseen liittyviä työturvallisuuspuutteita. Tutkimus toteutettiin kartoittavana ja kuvailevana tapaustutkimuksena. Tutkimuksessa haluttiin pysyä hyvin yleisellä tasolla, minkä takia tutkimuksessa tarkasteltiin yläkouluja ja lukioita yhdessä, vaikka tutkimuksen olisi voinut rajata koskemaan vain toista näistä kouluasteista. Lisäksi aihe rajattiin koskemaan vain koulun tilannetta: tarkastelu rajoittui kemian luokkatilaan ja reagenssi- ja välinevarastoon. Aihetta tutkittiin opettajan näkökulmasta.

Tutkimuksen tavoite oli tuoda esiin niitä kohtia työturvallisuudessa, mitkä as-karruttavat opettajia. Tutkimusongelmat olivat:

- 1) Millaisella tasolla opettajat näkevät koulun kemian luokkien työturvallisuuden olevan?
- 2) Missä osa-alueilla kouluissa on puutteita tai epätietoutta oikeasta työturvallisuudesta?
- 3) Millaisia parannuksia opettajat ehdottaisivat tehtäväksi?
- 4) Miten opettajat suhtautuvat työturvallisuuteen koskeviin kysymyksiin?

Tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutettiin opettajille suunnatulla kyselylomakkeella ja kuva-analyysinä. Tutkimukseen osallistui yhteensä 24 kemian opettajaa kuudesta yläkoulusta ja neljästä lukiossa. Valokuvia otettiin yhteensä 157 kappaletta. Tutkimuksessamukana olleet koulut valittiin sattumanvaraisesti Keski- ja Kaakkois-Suomen alueen kouluista. Kyselyn avulla pyrittiin selvittämään opettajien mielipiteitä koulujen kemian luokista, kemian luokkien työturvallisuudesta, kemikaalivarastosta sekä varaston hoidosta. Kyselyllä selvitettiin myös opettajien asennoitumista työturvallisuuteen. Työturvallisuuteen liittyvät ongelmakohdat ja puutteet kartoitettiin valokuvaamalla. Kuvista nähdään työturvallisuuden todellinen tilanne, eivätkä tulkinnot jää epäselviksi. Koulujen kemian opetuksen tiloista kuvattiin kohteet, joissa oli puutteita työturvallisuudesta tai joissa oli tehty hyviä työturvallisuusratkaisuja. Kuvia otettiin yhteensä 157.

Tutkimustulokset

Tutkimukseen osallistui 24 opettajaa. Lomake toimitettiin 31 opettajalle ja vastauksia saatiin 24 kyselyn vastausprosentin ollessa 77 prosenttia. Tutkimuseettisistä syistä koulut nimettiin uudelleen. Koulut numeroitiin alkaen numerosta yksi kuvausjärjestyksessä (*koulu 1, koulu 2, ... , koulu 6*).

Opettajien koulutus- ja työtausta

Kyselyyn vastanneista opettajista 15 (15/24) opettaa vuosiluokilla 7–9, kaksi (2/24) lukiossa ja seitsemän (7/24) opettaa sekä luokilla 7–9 että lukiossa. Opettajien pääaineet jakautuivat seuraavasti: kemia 14 opettajaa, fysiikka 6 opettajaa ja matemaatiikka 4 opettajaa.

Puutteet kemian luokkien työturvallisuudessa

Opettajista yksi (1/24) kuvaili koulun kemian luokan tai luokkien työturvallisuustason olevan erittäin hyvä. Taso on hyvä 14 (14/24) opettajan mukaan ja yhdeksän (9/24) totesi tason kohtalaiseksi.

Opettajista 18 (18/24) ilmoitti koululla olevan puutteita kemian luokan tai kemian luokkien työturvallisuudessa. Kuuden (6/24) opettajan mukaan puutteita ei ole.

Taulukkoon on koottu opettajien vastauksista tiedot koulujen kemian luokkien työturvallisuuspuutteista. Puutteet luokiteltiin seuraavasti:

- 1) Puutteita ei ole
- 2) Puutteita on vähän
- 3) Puutteita on jonkin verran
- 4) Puutteita on paljon
- 5) Puutteita on erittäin paljon

Opettajista kolme (3/24) jätti vastaamatta tähän kysymykseen.

TAULUKKO. Kemian luokkatilojen työturvallisuuspuutteet ja niiden jakautuminen

Kohde	Ei 1	2	3	4	On 5
Työskentelytilojen määrä	6	6	8	1	–
Työskentelytilojen koko	4	6	6	4	1
Työskentelytilojen sijainti	13	7	1	–	–
Oppilasryhmien koko	3	8	7		3
Oppilaiden turvallisuustiedot	2	10	8		1
Opettajien turvallisuustiedot	8	8	5	–	–
Työvälineiden määrä	4	9	7	1	–
Työvälineiden kunto	1	11	8	1	–
Turvavälineet	7	7	4	3	–
Työturvallisuusohjeiden puutteellisuus	5	12	3	1	–
Kemikaalivarasto	2	14	5	–	–
Jätteiden käsittely	1	10	9	1	–
Muu, mikä?					
Laboratorion käyttö muuhun opetukseen	–	–	1	–	–
Luokan ilmanlaatu	–	–	–	–	1

Listatuissa kohteissa on puutteita pääasiassa vähän. Eri kohteiden jakaumat ovat toisiinsa verrattuna lähes samanlaiset. Kolme (3/24) opettajaa kokee opetusryhmien oppilasmäärässä olevan erittäin paljon puutteita. Yhden (1/24) opettajan mielestä luokan ilmanlaadussa on erittäin paljon puutteita. Työskentelytiloihin opettajat ovat tyytyväisiä. Yksi (1/24) opettaja ilmoitti puutteeksi laboratoriotilan käytönmuuhun opetukseen.

Parannusehdotuksia ja esteet muutoksille

Kyselyyn vastanneista opettajista 23 (23/24) oli sitä mieltä, että koulujen työturvallisuustasoa voitaisiin parantaa. Kaksi (2/17) opettajaa oli tyytyväinen koulujensa työturvallisuustasoon. Opettajista yksi vastasi tähän kysymykseen kyllä ja ei. Kyllä-vastaus koski opettajien halukkuutta tehdä parannuksia ja ei-vastaus resurssien määrää. Vastausten jakauman perusteella opettajat ovat selvästi tiedostaneet puutteiden olemassaolon.

Opettajia pyydettiin ehdottamaan kouluille tehtäviä parannuksia työturvallisuuden parantamiseksi. Seuraavassa joitakin opettajien esittämiä parannusehdotuksia:

- Vesipisteiden määrän tulisi olla suurempi.
- Ryhmäkokoja on pienennettävä.
- Jätteet kerätään kyllä, mutta jatkotoimet ontuvat.
- Luokissa saisi olla omat käyttöturvallisuustiedotteet.
- Tällä hetkellä kemian luokissa opetetaan myös biologiaa ja maantietoa, jonka seurauksena kemian tunnit opetetaan tiloissa, joissa ei ole mahdollisuutta laboratoriotyöskentelyyn.
- Häätäsuihkun edustan pitäisi olla tyhjä.
- Kemikaalien varastointi ja niiden merkkäminen kuntoon.
- Vetokaapit ja ilmastointi kuntoon.
- Jätteiden käsittely (Pb, Hg, I, liuottimet jne.)

Opettajien ehdottamista parannusehdotuksista osa on korjattavissa opettajien omasta toimesta ja omalla aktiivisuudella. Opettaja voi vaikuttaa esimerkiksi jätteiden jatkokäsittelyn hoitoon, häätäsuihkun edustan tyhjentämiseen, kemikaalien varastoinnin jamerkitsemisen kehittämiseen ja käyttöturvallisuustiedotteiden hankkimiseen. Luokkatilojen varusteisiin ja välineisiin opettaja pystyy vaikuttamaan ainakin osittain: hyvällä mielikuvituksella opettaja muuttaa kodin kierrätysmateriaalit hyviksi laboratoriovälineiksi. Esimerkiksi alumiinitölkkejä ja foliorasioita voi käyttää hyödyksi sähkökemian töissä ja demonstraatioissa.

Opettajienmukaan pääsyyt puutteiden korjaamattomuudelle ovat koulujen määrärahat (8/24) ja koulutilojen suunnittelu (6/24). Muina syinä mainitaan esimerkiksi epätietous oikeasta työturvallisuudesta (5/24), asiaa ei koeta tärkeäksi (4/24), puutteiden korjaus on jätetty matalammalle prioriteetille (3/24) ja oman ajan puute (3/24).

Oppilastyöt ja opettajan oma toiminta

Opettajista kuusi (6/24) ajattelee työturvallisuutta erittäin paljon valitessaan kemia-oppilastoita ja demonstraatioita. Opettajista 13 (3/24) ajattelee työturvallisuutta paljon, kolme (3/17) jonkin verran ja kaksi (2/24) vain vähän. Tässä suhteessa tilanne on hyvä. Ennakoivalla otteella ja tuntien suunnittelulla nostetaan merkittävästä tuntien työturvallisuuden tasoa. Opettaja voi esimerkiksi valita, millaisia ainemääriä ja mitä kemikaaleja kemian oppilastoissa ja demonstraatioissa käytetään.

Kyselyn mukaan 20 (20/24) opettajaa käyttää työssään omaa työtakkia demostroidessaan kemian töitä tai oppilaiden tehdessä laboratoriotöitä. Näistä opettajista 17 käyttää myös suojalaseja. Yksi opettaja totesi, ettei käytä suojalaseja, koska hänellä on omat silmälasit. Neljä (4/24) opettajaa ei käytä suojatakkia tai -laseja. Opettajan olisi kuitenkin hyvä käyttää sekä suojatakkia että -laseja opetustilanteesta riippuen: opettaja näyttää esimerkkiä oppilaille ja suojaa myös itseään.

Työturvallisuuspuutteet valokuvina

Kaikki otetut 157 valokuvaa luokiteltiin kuvauskohteenmukaan viiteen eri luokkaan:

- | | |
|--|----------|
| 1) Luokkatiloja koskevat puutteet | (n = 44) |
| 2) Vetokaappien puutteet | (n = 16) |
| 3) Varastoinnin puutteet | (n = 54) |
| 4) Yksittäiset työturvallisuuspuutteet | (n = 6) |
| 5) Yksittäiset hyvät turvallisuusratkaisut | (n = 37) |

Seuraavassa esitellään kutakin luokkaa parhaiten edustavat ja havainnollistavat kuvat.

Luokkatiloja koskevat puutteet

Kemian luokkatilojen puutteet johtuvat pääasiassa tilanpuutteesta. Ryhmäkokojen kasvaessa luokkaan on tuotava lisää pulpetteja, av-laitteet vievät omat tilansa ja laboratoriovälineille on varattava myös kaappitilaa. Tilanpuutteen seurauksena on joissakin kouluissa jouduttu esimerkiksi varastoimaan tavaroita hätäsuihkujen alle, kuvio 1. Kolmessa koulussa hätäsuihkun alle oli varastoitu sähkölaitteita, vaikka turvallisuusmääräysten mukaan hätäsuihkun edustan tulee olla aina tyhjä.



KUVA 1.
Koulun 3 hätäsuihkun edusta

Vetokaappeja koskevat puutteet

Koulujen vetokaapeissa ilmeni kahdenlaisia puutteita: vetokaappeja käytetään varastoina tai vetokaappien huolto on ollut puutteellista. Vetokaappeihin oli varastoi-

tu esimerkiksi luokassa olevat kaasupolttimet tai haihtuvia kemikaaleja, kuva 2. Työturvallisuusohjeidenmukaan vetokaapissa ei saa työskennellä, mikäli vetokaappia käytetään varastona. Jos vetokaappia halutaan käyttää kemian oppilastöissä tai demonstraatioissa, tulee se ensin tyhjentää siinä olevista tavaroista tai reagensseista. Tämä vie kuitenkin aina osan oppituntiin varatusta ajasta.



KUVA 2.
Koulun 6 vetokaappi reagenssien varastona

Koulun 1 vetokaapissa ilmeni liikuteltavan vetokaapin yleinen ongelma. Veto-kaappia liikutellaan ääripisteisiin, jolloin myös vetokaapin poistoilmaletku venyy äärimilleen. Pitkän ajan kuluessa poistoilmaletkuun tulee halkeama kohtaan, jossa letku liittyy kiinteään poistoilmajärjestelmään. Eniten käytetty korjausmenetelmä on putken teippaus ilmastointiteipillä, mikä kyllä kelpaa tilanteeseen hätäratkaisuksi. Usein putken korjaus kuitenkin jää tähän pisteeseen. Haljennut putki on syytä vaihtaa uuteen.

Varastointia koskevat puutteet

Eräs reagenssi- ja välinevarastoissa havaittu puute johtuu osin tilan puutteesta. Varastoihin on kertynyt vuosien aikana kaikenlaista materiaalia, jota on oletettu tarvittavan myöhemmin. Työturvallisuusohjeiden mukaan kaikki silmien tason yläpuolelle asetetut tai varastoidut esineet ja reagenssit aiheuttavat työturvallisuusvaaran. Lähes jokaisen tutkimukseen osallistuneen koulun reagenssi- ja välinevarastojen ylimmät hyllytasot olivat täynnä erilaisia astioita, irrallisia hyllytasoja, reagensseja ja papereita, jotka olisi syytä siivota välittömästi pois, kuva 3.



KUVA 3.
Koulun 1 reagenssivaraston kaapin päällys ennen siivousta

Viidessä koulussa ei ollut välinevarastossa opettajille omaa työtilaa tai veto-kaappia kokeilla oppilastöitä tai demonstraatioita. Koulujen on myös syytä kiinnittää huomiota reagenssivarastojen rakenteisiin ja hyllymateriaaleihin. Reagenssivarastojen tulee olla palonkestäviä ja hyllyjen valmistettu materiaalista, joka kestää syöpymistä ja kuumuutta.

Yksittäiset työturvallisuuspuutteet

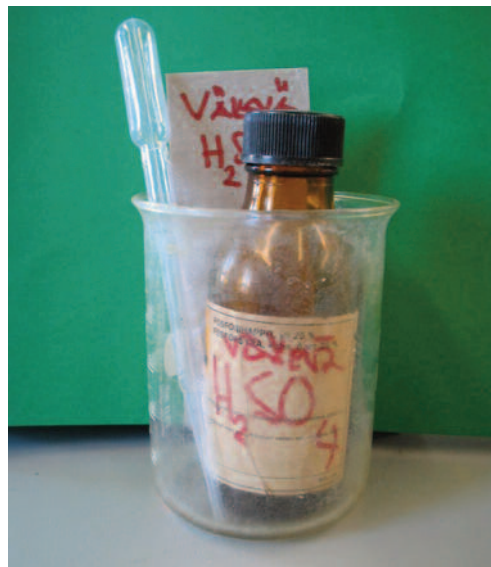
Koulujen kemian luokkien valokuvauksen yhteydessä havaittiin yksittäisiä työturvallisuuspuutteita. *Koulussa 2* kemian luokassa olevan jauhesammuttimen tarkastustarran mukaan sammutin on tarkastettava seuraavan kerran joulukuussa 2004, kun tutkimus tehtiin keväällä 2006.

Kouluilla on myös puutteita jätteen käsittelyssä. Joissakin kouluissa jätteet kerätään ja lajitellaan oikeaoppisesti, mutta esimerkiksi ongelmajätteitä ei toimiteta eteenpäin. Kouluilla on oltava oma jätehuoltosuunnitelmansa, josta ilmenee, kuinka kemian opetuksessa syntyneet jätteet tulee käsitellä. Kemian opettajan tulee järjestää jokaiselle jätetyypillä tarvittaessa oma keräysastiansa.

Koulujen hyviä turvallisuusratkaisuja

Puutteiden valokuvauksen ohessa havaittiin myös joitakin hyvin toteutettuja turvallisuusratkaisuja. *Koulussa 1* väkeviä happoja käsitellään seuraavasti: väkevää rikkihappoa säilytetään tavallisesti lasisessa 1 litran pullossa, kuva 4. Jotta suurta pulloa ei tarvitsisi koko ajan siirrellä edestakaisin, on avuksi otettu pienempi lasipullo. Tätä pienempää lasipulloa säilytetään keitinlasissa, jossa on hapolle oma pipettinsä ja pahvinen merkkilappu.

KUVA 4.
Vaihtoehto väkevien
happojen käsittelylle



Koulussa 2 kemian opettaja säilyttää käyttöturvallisuustiedotteita luokassa ja antaa myös oppilaiden käyttää niitä. Opettajan mukaan oppilaat käyttävät oppaita omasta aloitteestaan etsiessään tietoja eri reagenssien ominaisuuksista. Kyselytutkimuksessa eräs *koulun 1* opettajista ehdotti vastaavaa käytäntöä omaan kouluunsa. Käyttötuurvallisuustiedotteiden käyttö on erinomainen ja helppo tapa opettaa oppilaille itsenäistä tiedonhankintaa.

Yhteenveto

Tutkimus osoitti, millä alueilla koulujen kemian luokissa on työturvallisuuspuutteita ja mitä pitäisi tehdä tilanteen parantamiseksi. Tutkimuksen avulla saatiin selville opettajien näkemyksiä työturvallisuudesta ja kemikaalivaraston hoitamisesta. Tulosten perusteella voidaan myös arvioida, millä tasolla on tutkimuksessamukana olleiden koulujen kemian luokkien työturvallisuustaso.

Koulujen suurin ongelma ja työturvallisuuspuutteiden aiheuttaja on tilojen puutteellisuus. Ongelma on vaivannut suomalaista koulumaailmaa jo viimeisten 15 vuoden ajan (Jauhiainen 1990; Aksela & Juvonen 1999 ja 2000). Oppilasryhmät ovat liian suuria verrattuna opetustilojen kokoon. Nykyään lähes jokaisessa opetustilassa on tietokone, ellei useampia. Lisäksi luokan varustukseen kuuluu aineesta riippuen muita audiovisuaalisia välineitä, kuten videotyppi, televisio ja videot. Luokassa on oltava myös riittävä määrä tuoleja ja pulpetteja sekä kemian luokassa vielä kaappitilaa laboratoriovälineille. Kaikki edellä mainitut välineet tekevät luokat entistä ahtaammiksi, minkä takia luokissa on jouduttu esimerkiksi varastoimaan hätäsuihkujen alle erilaisia välineitä tai jopa huonekaluja.

Tilaongelmat näkyvät myös reagenssi- ja välinevarastoissa. Varastotilat ovat usein niin pieniä, ettei opettajille ole kunnollista omaa työtilaa tai vetokaappia käytössään. Oppilastöiden ja demonstraatioiden suunnittelu ja kokeilu joudutaan tällöin tekemään luokissa olevissa vetokaapeissa.

Useissa kouluissa kemian opettajat käyttävät vetokaappia varastona, mikä saat-
taa osittain johtua tilanpuutteesta. Vetokaapeissa säilytetään useimmiten retkikeitti-

miä. Tällainen varastointi on sinänsä järkevää, jos epäillään, että joku pulloista vuotaa. Vetokaappeihin oli varastoitu usein myös oppilastöiden tuotteita tai reagensseja, mikä on järkevää, jos tuotteita pitää esimerkiksi kuivattaa. Pitää kuitenkin muistaa, että myös tällöin vetokaapissa työskenteleminen on ehdottomasti kielletty.

Kemikaalivarastoissa oli eniten puutteita itse varastoinnissa ja varastojen rakenteissa. Hyllyille kasautuu usein turhaakin tavaraa, jolla oletetaan olevan käyttöä jossain vaiheessa. Yhtenä ongelmana reagenssivarastoissa havaittiin kemikaalijätteen jatkokäsittely. Suurimmassa osassa kouluja jätteet kyllä kerätään, mutta jätteiden jatkokäsittelyn järjestäminen ontuu. Joissakin kouluissa ei edes tiedetä, miten ongelmajätteet tulisi kerätä tai hävittää.

Kyselyn tulokset osoittavat, että opettajat ajattelevat työturvallisuusnäkökulmaa työssään – osa enemmän ja osa vähemmän. Työturvallisuuden tulee aina olla tärkeä osa kemian tuntien oppilastöiden ja demonstraatioiden suunnittelua ja toteutusta. Opettajat tiedostavat selvästi koulujensa kemian opetustiloissa ja varastoissa olevat ongelmat ja puutteet. Opetusta ja työturvallisuutta toteutetaan annetuissa tiloissa niiden sallimissa rajoissa. Opettajista suurin osa käyttää myös itse suojavälineitä esittäessään kemian demonstraatiota tai oppilaiden työskennellessä. Tämä kertoo opettajien oikeasta asennoitumisesta työturvallisuuteen.

Tämän tutkimuksen tuloksia ei luonnollisesti voida pienen otoksen takia yleistää koskemaan kaikkien Suomen koulujen työturvallisuuspuutteita tai opettajien mielenpitoja ja ajatuksia. Tulokset kertovat kuitenkin selvästi, mitkä ovat tutkimuksessa mukana olleiden koulujen työturvallisuuspuutteet. Pienestä otannasta huolimatta eri kouluissa havaittiin samansuuntaisia ongelmia ja puutteita.

Koulujen työturvallisuus on erittäin laaja alue, vaikka työturvallisuutta tarkasteltaisiin vain yhden oppiaineen opetuksen järjestämisen kannalta. Aiheen laajuus ja rajaaminen olikin tutkimuksen suurin ongelma.

Lähteet

Aksela, M. & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Edita. Helsinki.

Aksela, M. & Juvonen, R. 2000. Kemian opetus tänään -tutkimus: Kemian opetuksen haasteita. Dimensio, 64. 22–26.

Cover puzzle: Puzzle: what's wrong in this lab? 2002. Journal of Chemical Education, 79 (4). 432.

Antila, T. 1997. Tilat ja välineet. Kirjassa P. Parviainen ja pedagoginen valiokunta (Toim.) Näe ja tee: askel parempaan opetukseen. Matemaattisten aineiden opettajien liitto MAOL ry. Helsinki. 26–27.

Jauhiainen, P. 1990. Kemikaalilaki ja -asetukset muuttuivat. Dimensio, 54. 48.

Kolis, A. 2006. Koulujen kemian luokkatilojen työturvallisuus. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos.

Laaksonen, L. & Mäkelä, M-L. 2003. Turvallinen työskentely koululaboratoriossa. MFKA-kustannus. Helsinki.

Montonen, M. (toim.) 1997. Luonnontieteiden opetuksen tilat ja välineet. Opetushallitus. Helsinki.

-
- Moore, J. W. 2001. Safety pays. *Journal of Chemical Education*, 78 (1). 7.
- Suunnittelu ja mitoitus. 2006. Opetushallitus.
<http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,443,3765,3768> (haettu 22.8.2007).
- Uurto, J. 1995. Fysiikan ja kemian opetustilat lukiossa. *Dimensio*, 66. 56–57. Yrjänheikki, E. (toim.) 1996. Laboratorio kehittyvänä työympäristönä. Työterveyslaitos. Helsinki.



Kemian opettajien kokemuksia tietokone- avusteisesta molekyylihallinnuksesta

Maija Aksela
Jan Lundell

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus avaa uusia mahdollisuuksia kemian opetukseen eri asteilla. Tässä artikkelissa esitellään tapaustutkimus, jossa on kartoitettu pääasiallisesti molekyylihallinnuskoulutusta saaneiden ja koulussa sen käytön aloittaneiden kemian opettajien kokemuksia. Opettajien kokemukset osoittavat, että tietokoneavusteinen molekyylihallinnus sopii hyvin pääasiallisesti kemian, mutta myös biokemian, biologian ja biotekniikan opetukseen. Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus on opettajien mielestä hyvä työväline havainnollistamaan kemiassa tärkeää molekyylien kolmiulotteisuutta. Se auttaa sekä opettajia että oppilaita tarkastelemaan kemian ilmiöitä uudella tavalla luomalla uusia työtapoja ja herättämällä kiinnostusta kemiaan. Haasteena jatkossa kuitenkin on tietokoneavusteisen molekyylihallinnuksen käyttö ja soveltaminen mielekkäästi myös vaikeampien kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetuksessa. Nykyaikaiset koulukäyttöön sopivat molekyylihallinnusohjelmat mahdollistavat esimerkiksi orbitaalien, kemiallisen sidoksen ja spektroskopian visualisoinnin ja käsittelyn. Opettajien tähänastiset kokemukset osoittavat, että molekyylihallinnuksella on selvä lisäarvo, jolla kemian ymmärtämistä ja mielenkiintoa voidaan lisätä. Opettajat tarvitsevat jatkossa molekyylihallinnuskoulutusta eri puolille Suomea sekä pedagogisen että teknisen aineenhallintansa tukemiseksi. Tarvetta on myös helposti sovellettavalle suomenkieliselle oppi- ja opetusmateriaalille. Näin tuetaan innovaation vakiinnuttamista kemian opetukseen Suomessa.

Avainsanat:

Molekyylihallinnus, kemia, opetus

Johdanto

Elinikäisen oppimisen tukeminen on koulutuksen keskeisiä tavoitteita (esim. Opetusministeriö 2005; Euroopan komissio 2007). Helsingin yliopistossa elinikäinen oppiminen käsitetään laajasti tutkintoon johtavasta koulutuksesta täydennyskoulutukseen ja kouluyhteistyöhön (Helsingin yliopisto 2006). Opettajien mahdollisuuksia pitää ajan tasalla tietojaan ja taitojaan eri oppiaineista sekä myös oppimista ja opetusta koskevasta tutkimuksesta tulee tukea.

Tieto- ja viestintäteknikan käytöstä erilaisissa oppimisympäristöissä on viime vuosina käyty vilkasta keskustelua (esim. Jonassen 2004; Kozma 2003; Meisalo ym. 2007; OECD 2004; Voogt & van den Akker 2002). Sen käyttö on vielä suhteellisen vähäistä kemian opetuksessa, samoin kuin siihen liittyvä tutkimus (esim. Gilbert ym. 2002; Aksela 2005; Meisalo ym. 2007). Tieto- ja viestintäteknikka opetuksessa on kuitenkin ollut kemian opettajien eniten toivomia koulutusaiheita ainakin kymmenen vuoden ajan (Aksela & Juvonen 1999; Karjalainen 2007). Tieto- ja viestintäteknikan käytön työtapoihin on opettajia perehdytetty esimerkiksi kolmivuotisessa fyysiikan ja kemian virtuaalikoulu -hankkeessa (Juuti ym. 2002; Lavonen ym. 2002). Tut-



kimuspohjaisen kemian opetuksen kehittämiseksi tarvitaan enemmän tutkimusta ja tietoa, kuinka opettajat käyttävät tietokoneita kemian opetuksessa ja kuinka oppilaiden tiedot, taidot ja asenteet muuttuvat tieto- ja viestintätekniikan käytön myötä. Mitä paremmin kemian opettajien ja oppilaiden ajattelua sekä toimintaa tunnetaan, sitä paremmin voidaan ymmärtää, kuinka, miten jamiksi tieto- ja viestintätekniikkaa (esim. molekyyylimallinnusta) voidaan käyttää kemian opetuksessa.

Tieto- ja viestintätekniikan monipuolinen käyttö kemian opetuksessa on tavoitteena sekä perusopetuksen että lukion valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteissa. Opetuksessa tulee käyttää oppiaineelle ominaisia menetelmiä ja monipuolisia työtapoja, joiden avulla tuetaan ja ohjataan oppilaan oppimista (Opetushallitus 2004). Oppimisympäristön varustuksen tulee luoda tilaisuuksia tietokoneiden ja muun mediatekniikan sekä mahdollisuuksien mukaan tietoverkkojen käyttämiseksi. Työtapojen tulee myös edistää tieto- ja viestintätekniikan taitojen kehittymistä. Opetuksen tavoitteena on tukea oppilaan kasvua ja oppimista, oppimismotivaatiota ja uteliaisuutta sekä edistää hänen aktiivisuuttaan, itseohjautuvuuttaan ja luovuuttaan tarjoamalla kiinnostavia haasteita ja ongelmia. Opittavana on uuden tiedon ja uusien taitojen lisäksi oppimis- ja työskentelytavat, jotka ovat elinikäisen oppimisen välineitä. Ihminen ja teknologia-aihekokonaisuuden tavoitteissamainitaan erityisesti, että tavoitteena on oppia käyttämään tietoteknisiä laitteita ja ohjelmia sekä tietoverkkoja erilaisiin tarkoituksiin. Kemian perusopetuksen luokkien 7–9 tavoitteidenmukaan oppilaan tavoitteena on oppia käyttämään luonnontieteellisen tiedonhankinnan kannalta tyypillisiä tutkimusmenetelmiä, myös tieto- ja viestintätekniikkaa.

Lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa 2003 tuodaan esille sekä mallintaminen että tieto- ja viestintätekniikka: opiskelijan tulee osata tulkita ja arvioida kokeellisesti tai muutoin hankkimaansa tietoa ja keskustella siitä sekä esittää sitä muille. Oppilaan tulee perehtyä tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksiin tiedonhankinnan ja mallintamisen välineinä sekä saada kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan. Mallit ja mallintaminen ovat keskeisiä kemian opetuksessa: *”Kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely”*.

Tieto- ja viestintätekniikan käyttöä opetuksessa ja opiskelussa tulee edelleen kehittää sekä opettajien perus- ja täydennyskoulutusta vahvistaa (Opetusministeriö 2004). Koulutusjärjestelmän kaikkien tasojen – koulun, kunnan, valtakunnallisen ohjauksen sekä opettajankoulutuksen – tulee yhdessä pitää huoli opettajien taidoista ja edellytyksistä käyttää tieto- ja viestintätekniikkaa työssään (Opetushallitus 2005). Opettajien perus- ja täydennyskoulutuksella nähdään olevan avainasema tieto- ja viestintätekniikan hyötykäytön yleistymisessä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää opettajien osaamisen lisäksi toimintaedellytysten konkreettiseen tukemiseen, sillä se tukee tieto- ja viestintätekniikan käyttöä luontevana työvälineenä opetuksessa ja oppimisessa (Valtioneuvoston kanslia 2007). Toiminnan edellytysten tulee olla kunnossa: opettajilla on oltava tarvittava osaaminen, koulun johdon tulee olla sitoutunut kehittämiseen, käytössä tulee olla riittävät välineet ja materiaalia sekä toi-

miva tukijärjestelmä. Erityisesti sekä toimiva tekninen että riittävä pedagoginen tuki ovat keskeinen edellytys sille, että opettajat omaksuvat tieto- ja viestintätekniikan laajasti opetuskäyttöön. Koulutuksen tulisi lähteä koulun ja opettajien tarpeista. Alueellista ja koulukohtaista, oman koulun kehittämistä tukevaa täydennyskoulutusta tulisi tukea ja ohjata. (Opetushallitus 2005)

Uuden innovaation levittäminen opetukseen on usein haasteellista (mm. Rogers 1995). Opettajista on yleensä 2,5 prosenttia ammattinsa edelläkävijöitä, 13,5 prosenttia varhaisia omaksujia ja 34 prosenttia aikaista enemmistöä (Rogers 1995; Kuittunen 1996). Tieto- ja viestintätekniikan onnistuneeseen käyttöön vaikuttaa Fullanin (2007) mukaan

- (i) innovaation luonne (esim. tarve innovaatiolle ja sen ominaisuuksille)
- (ii) paikalliset olosuhteet (esim. tuki ja koulun olosuhteet)
- (iii) ulkopuoliset tekijät (esim. valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteet kemian opetuksessa).

Erityisesti opettaja on avainasemassa uudistukselle (esim. Bitner & Bitner 2002). Opettajan ajattelu ja uskomukset vaikuttavat käytäntöön ja siten oppilaiden oppimiseen (esim. Shulman 1986; Zohar 2004). Tieto- ja viestintätekniikan opetuskäyttöön liittyvän tutkimuksen tulokset osoittavat, että keskeiset syyt innovaatioiden leviämättömyyteen sekä tieto- ja viestintätekniikan vähäiseen opetuskäyttöön ovat opettajien vaikeudet, toiminnalle asetetut epärealistiset tavoitteet ja mallit, itse tekniikan epäkäytännöllisyys opetustyössä sekä koulujärjestelmään ja hallintoon liittyvät tekijät (Opetushallitus 2005). Luonnontieteiden opetuksessa vähäiseen käyttöön vaikuttaa

- (i) opettajan riittämättömät tiedot ja taidot
- (ii) tarvittavien tietokoneiden puuttuminen
- (iii) opetussuunnitelman tavoitteiden epäsopevuus
- (iv) aktiviteettien huono integrointi oppitunteihin (McFarlane & Friedler 1998).

Myös opettajien riittämättömät tiedot ja taidot tieto- ja viestintätekniikan hyödyistä vaikuttavat käytön vähyyteen (Rogers & Wild 1996). Opettajan tulee itse kokea hyöty työssään, jotta hän voi edelleen välittää tietämystään sekä tukea ja ohjata oppilaitaan. Pedagogiset työtavat ja strategiat vaikuttavat tieto- ja viestintätekniikan tehokkuuteen (esim. Oliver 1999; Aksela 2005).

Molekyylimallinnus opetuksessa ja opettajankoulutuksessa

Tietokoneavusteiseen molekyylimallinnukseen kemian kouluopetuksessa ja opettajankoulutuksessa Suomessa on perehdytty 2000-luvulta lähtien (esim. Aksela & Lahlata-Kakkonen 2001; Lundell & Aksela 2003, 2004). Tietokoneavusteinen kemiamallinnus ja simulaatiot ovat olleet osa kemian tutkimusta tietokoneiden kehittymisen alkuajoista lähtien, mutta erityisesti pienten ja tehokkaiden henkilökohtaisten tietokoneiden myötä mallinnus on yleistynyt kaikkien kemian tutkijoiden ja opettajien käytössä (Barnea 2000). Tutkimustietoa tietokoneavusteisesta molekyylimallinnuksesta opettajien opetuskäytössä on olemassa vähän (Barnea & Dori 1996; Dori & Barnea 1997; Barnea & Dori 2000). Tutkimuksissa sekä opettajien että oppilaiden asenne molekyylimallinnusta kohtaan on yleensä todettu positiiviseksi (esim. Barnea & Dori 1996). Jonassenin (1999) mukaan opiskelu teknologisesti rikkaassa ympäristös-

sä onmerkityksellistä, jos opiskelu on aktiivista, tavoitteellista, rakentavaa, reflektiivää, autenttista ja yhteistoiminnallista.

Tietokoneavusteisesta molekyylihallinnuksesta kemian opetuksessa on Suomessa tutkittu vähän. Muutamia pro gradu -tutkielmia on valmistunut Helsingin yliopiston kemian laitoksella (Saloma 2005; Uusikartano 2006; Vainio 2006). Vainio (2006) tapaustudkimuksen mukaan 90 prosenttia suomalaisista kemian opettajista oli koulutuksen jälkeen jokseenkin samaa mieltä, että molekyylihallinnus on hyvä kemian opetuksen apuväline. Tietokoneavusteista molekyylihallinnuksen käyttöä on tutkittu oppilailla jonkin verran (ks. yhteenveto artikkelissa Jalonen ym. 2007 tässä kirjassa).

Molekyylihallinnus mahdollistaa kemian silmälle näkymättömän maailman tapahtumien ja ilmiöiden monipuolisen opiskelun ja opetuksen. Opetuksessa ja tutkimuksessa aineiden ominaisuudet ja muuntumiset toisikseen yritetään tehdä näkyviksi erilaisilla malleilla, symbolien käytöllä ja visualisoinneilla. Mielikuvat ilmiöistä molekyylihallinnalla yritetään yhdistää ymmärrettävään jami-tattavaan maailmaan mit-tä moninaisimmin keinoin. Usein käytössä ovat yleiseen konsensusukseen perustuvat merkintä- ja esitystavat, mutta esimerkiksi kemian opetuksessa merkkien ja symbolien tarkoitukset jäävät vähemmälle huomiolle itse ilmiötä tarkasteltaessa. Tämä kuitenkin luo usein vääriä mielikuvia ja ymmärtämisen hämarty mistä. Kemian opetuksessa väärinkäsitykset ovat arkipäivää ja samalla ne vaikeuttavat uusien asioiden omaksumista ja ymmärtämistä (ks. esim. Kind 2004). Erityisesti atomien ja molekyylien mikromaailma on opiskelijoille haastava ja täynnä väärinymmärtämisen ”kari-koita” (Harrison & Treagust 2002).

Perinteisesti opetuksessa käytetyt, molekyylien rakenteita ja ominaisuuksia kuvaavat mallit on esitetty kuvina, kaavioina tai eri materiaaleista valmistettuina kolmiulotteisina objekteina. Moderni tieto- ja viestintätekniikka mahdollistaa kuitenkin käytettyjen mallien monipuolisen visualisoinnin, muokkauksen ja aktiivisen muuttamisen oppimisen ja opetuksen tarpeiden mukaan. Pedagogisesti mielekäs tietotekniikan soveltaminen mahdollistaa oppijan aktiivisen osallistumisen, metakognitiivisten opiskelutaitojen kehittämisen, yksilöllisen oppimistapahtuman, aktiivisen tiedon rakentamisen ja jo olemassa olevien tietorakenteiden testaamisen (Meisalo ym. 2000; Wellington 2004; Aksela 2006).

Virtuaalimallit ja molekyylihallinnus ovat kuuluneet yliopistolliseen kemian opetukseen jo kauan. Niiden avulla on havainnollistettu kemian käsitteitä ja rakenteita erilaisilla kursseilla ja niiden käytöllä on havaittu elävöittävän ja monipuolistavan opetusta. (Justi & Gilbert 2002; Feller ym. 2004; Hessley 2004; Tasker & Dalton 2006). Molekyylihallinnusta on integroitu kursseihin harjoituksina ja demonstraatio-na, mallinnuksen teoreettiset ja käytännön perusteet ovat käytössä luento- ja harjoituskursseilla, ja tutkimuksessa (tutkijankoulutuksessa) molekyylihallinnus on vakiinnuttanut paikkansa kokeellisen työn rinnalla.

Helsingin yliopiston kemian laitoksella molekyylihallinnus ja laskennallinen kemia, samoin kuin kemian opettajankoulutus ovat olleet laitoksen strategisia painopistealueita yli viiden vuoden ajan. Molekyylihallinnuksen ja laskennallisen kemian koulutus on perinteisesti painottunut vahvasti maisteritutkinnon loppuvaiheeseen.

seen sekä tutkijankoulutukseen, mutta vuodesta 2003 alkaen tietokoneavusteisen kemian osaaminen on läheisesti liittynyt myös osaavien kemian opettajien koulutukseen. Kemian opettajankoulutuksessa on pidetty tärkeänä kemian opettamisen asiantuntijuutta, jonka voi saavuttaa ainoastaan tuntemalla oman oppialansa mutta myös alansa pedagogiset erityispiirteet. Helsingin yliopiston kemian laitoksella tietokoneavusteisen kemian osaaminen on muokattu kemian opettajien erikoiskursiksi, joka keskittyy tietokoneavusteiseen kemian pedagogiikkaan ja opetusmalleihin. Samamolekyyylimallinnuksen pedagogisen opetuskäytön koulutus on ulotettu myös kouluissa työskenteleviin aineenopettajiin. Erityisesti MAOL ry:n kanssa (2004, 2005) ja LUMA-keskuksen (2007) kanssa järjestetyt molekyyylimallinnuksen ja tietokoneavusteisen kemian kurssit ovat auttaneet opettajia syventämään omaa osaamistaan. Kurssisisällöt ovat keskittyneet vuosiluokkien 7–9 ja lukion kemian opetussuunnitelmien keskeisiin, mutta vaikeiksi koettuihin ilmiöihin ja käsitteisiin kuten orbitaalit, energia, elektronitiheys, isomeria ja stereokemia, sekä mallintamiseen liittyviin prosesseihin ja tutkimuksellisiin toimintatapoihin. Myösmolekyyylimallinnuksen erilaisista pedagogisista käytötavoista on keskusteltu ja niitä on harjoiteltu.

Opettajien täydennyskoulutuskursseilla on tutustuttu lähinnä kahteen eri molekyyylimallinnusohjelmistoon, jotka on valittu niiden helppokäyttöisyyden, monipuolisuuden ja pedagogisten mahdollisuuksien pohjalta. ChemSketch on ilmainen, kaksiulotteinen kemian piirto-ohjelma, jolla voi myös tarkastella kemiallisia rakenteita erilaisilla kolmiulotteisilla esitysmalleilla. Spartan on kvanttikemiallisiin jomolekyylymekaanisiin laskentamenetelmiin perustuva mallinnusohjelma. Näiden kahden ohjelman suurin ero on, että Spartanin avulla voidaan tehdä laskennallisia ennusteita ja tutkimuksia molekyyliden ominaisuuksista, kun taas ChemSketch perustuu olemassa olevan rakenteellisen informaation esittämiseen.

Kaikissa järjestetyissä opettajien koulutuksissa on opettajien omakohtainen kokemus ja harjoittelu ollut tärkeä koulutuksen lähtökohta. Opettajien oma osaaminen on avainasemassa molekyyylimallinnuksen soveltamisessa kouluissa. Opettajalla on myös tärkeä rooli tietokoneavusteisen kemian opetuksen onnistumisessa ja vaikuttavuudessa, sillä mallinnusohjelmien käyttö ei saa jäädä ainoastaan hauskaksi tempuksi, vaan työskentely tietokoneen kanssa on sidottava osaksi opetusta. Tehtävien laadinnalla, suoritusohjeilla ja kysymyksillä voidaan ohjata oppijanmielenkiintoa ja toimintaa, jotta se tukisi mahdollisimman hyvin käsiteltävän asian oppimista ja harjaannuttaisi kemian syvässä ymmärtämisessä tarvittavia korkeamman tason ajattelutaitoja (esim. Aksela 2005).

Tutkimus

Tutkimuksen päätavoitteena on saada tietoa, miten tietokoneavusteista molekyyylimallinnusta voidaan käyttää opetuksessa koulussa ja minkälainen varustelutaso sekä tuki tarvitaan. Seuraavassa on esitetty tutkimusta ohjaavat kysymykset ja tutkimuksen toteutus. Kohdassa Tutkimustulokset esitellään tutkimuksen tulokset.

Tutkimusongelmat

- I Miten tietokoneavusteista molekyyylimallinnusta voidaan käyttää opetuksessa?



- Miksi opettajat käyttävät molekyylimallinnusta?
 - Mihin opettajat käyttävät molekyylimallinnusta opetuksessa?
 - Millä luokilla ja kursseilla opettajat käyttävät molekyylimallinnusta?
 - Mitä hyötyä on molekyylimallinnuksesta kemian opetuksessa?
- II Minkälainen varustelutaso tarvitaan molekyylimallinnuksen käyttöön opetuksessa?
- Minkälaisia ohjelmia opettajat käyttävät?
 - Minkälainen tilanne on kouluissa varustelujen suhteen?
 - Minkälainen on opettajien mielestä hyvä mallinnusohjelma?
- III Minkälaista tukea kemian opettajat tarvitsevat molekyylimallinnukseen jatkossa?
- Mitä hyötyä on molekyylimallinnuskoulutuksesta?
 - Minkälaista koulutusta tarvitaan jatkossa?
 - Minkälaista materiaalia ja muuta tukea tarvitaan?

Tutkimuksen toteutus

Tutkimus on tapaustutkimus (Yin 2002). Tutkimusjoukkona käytettiin aktiivisia ja koulutusmyönteisiä opettajia, joita yleensä tutkimuksissa käytetään tutkittaessa uuden asian – kuten tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen – omaksumista ja toteutumista käytännössä. Heidän näkemyksen perusteella voidaan arvioida, kuinka pitkälle on päästy tai onmahdollista käytännössä päästä. Heidän näkemyksensä antavat kuvaa myös siitä, minkälaisia ongelmia asian eteenpäin viemiseen käytännössä liittyy ja minkälaisia tukitoimenpiteitä kehittämistoiminta edellyttää.

Aineiston hankinnassa käytettiin kysymyslomaketta. Tutkimuslomake lähetettiin valikoivasti opettajille, jotka toimivat opettajina eri puolilla Suomea. Kysymyslomake lähetettiin sähköpostitse 32 opettajille, jotka olivat osallistuneet molekyylimallinnuskoulutuksen kesäkursseihin vuosina 2005 ja 2006. Lisäksi MAOL ry lähetti tutkimuslomakkeen Spartan-molekyylimallinnusohjelman ostaneille opettajille. Opettajat vastasivat kysymyksiin sähköisen, verkkopohjaisen vastauslomakkeen avulla. Kysymyslomake sisälsi kuusi taustakysymystä ja 14 sisältökysymystä. Näistä suurin osa oli avoimia kysymyksiä. Kysymyslomakkeen kysymykset oli laadittu aikaisemman tutkimustiedon ja koulutuskokemusten perusteella.

Opettajilta saatiin yhteensä 19 vastausta. Kesäkursseille osallistuneista opettajista vastasi 16 opettajaa. Vain kolme vastausta saatiin MAOL ry:n kirjeen kautta, mutta oletettavasti suurin osa kyselyn saaneista opettajista oli jo aikaisemmalla postituslistalla. Lisäksi kolme koulutuksessa ollutta opettajaa lähetti sähköpostiviestin, jossa he kertoivat, että he eivät vastanneet kyselyyn, koska he eivät ole vielä käyttäneet molekyylimallinnusta opetuksessaan joko resurssisyistä tai opetustiireiden vuoksi. Kolmea koulutuksessa ja postituslistalla ollutta opettajaa ei tavoitettu. Heidän sähköpostinsa palautui tutkijoille.

Tutkimuksen kohderyhmä

Kysely lähetettiin opettajille, jotka olivat osallistuneet järjestettyihin koulutuksiin ja/tai jotka olivat hankkineet Spartan molekyylimallinnusohjelman. Kyselyyn vastanneista opettajista 15 oli naisia ja neljä miehiä. Suurin osa opettajista (73,7 %) oli toiminut opettajana yli 15 vuotta. Opettajat opettivat kemiaa perusopetuksesta am-



mattikorkeakouluihin. Kymmenen opettajaa opetti kemiaa lukiossa, kaksi vuosiluokilla 7–9, kaksi luokilla 7–9 ja ammattikorkeakoulussa, neljä luokilla 7–9 ja lukiossa sekä yksi ammattikorkeakoulussa. Suurin osa opettajista (69,7 %) oli suorittanut kemiasta vähintään laudatur-opinnot. Yksi opettaja oli suorittanut biokemiasta laudaturin.

Suurin osan opettajista (68,4 %) opetti kemian lisäksi matematiikkaa. Melkein puolet opettajista (42,1 %) opetti kemian lisäksi fysiikkaa. Muutama opettaja opetti myös tietotekniikkaa, biologiaa, maantietoa ja / tai bioteknologiaa. Suurin osa opettajista (89,5 %) oli osallistunut molekyyli-mallinnuskoulutukseen. 16 opettajaa oli osallistunut LUMA-keskuksen ja MAOL ry:n yhteistyössä järjestämälle molekyyli-mallinnuksen kolmipäiväiselle alkeiskurssille vuosina 2005 ja 2006. Yksi opettaja oli lisäksi osallistunut kolmen tunnin LUMA-työpajaan. Yksi opettajista oli saanut muuta molekyyli-mallinnuskoulutusta yliopistossa. Kaksi vastaajista ei ollut osallistunut molekyyli-mallinnuskoulutukseen.

Tutkimustulosten analysointi

Kysymyslomakkeen avoimien vastausten luokittelussa käytettiin aineistolähtöistä sisällön analyysia (Tuomi & Sarajärvi 2006). Vastauksista muodostettiin luokat ja niistä yläluokat. Osasta vastauksia laskettiin myös frekvenssit. Tulosten luotettavuutta lisättiin käsittelemällä luokat yhteisesti. Suljetuista kysymyksistä laskettiin frekvenssit ja keskiarvot.

Tutkimustulokset

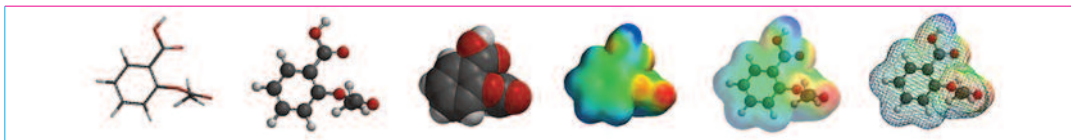
Tutkimustulokset esitetään tutkimuskysymyksittäin.

Molekyyli-mallinnus kemian opetuksessa

Opettajat olivat käyttäneet tietokoneavusteista molekyyli-mallinnusta opetuksessa vaihtelevasti. Vähän yli neljännes opettajista (33,3 %) oli käyttänyt molekyyli-mallinnusta usein (7–15 kertaa). Yli puolet opettajista (55,6 %) oli käyttänyt vähän (4–6 kertaa) tai tosi vähän (1–3 kertaa). Kaksi opettajaa ei ollut käyttänyt sitä opetuksessa lainkaan.

Molekyyli-mallinnuksen käytön syyt

Opettajien mielestä tietokoneavusteisen molekyyli-mallinnuksen käyttö havainnollistaa kemian ilmiöitä (ks. taulukko 1): molekyylien kolmiulotteista rakennetta, atomimallia, orbitaaleja, isomeriaa sekä orgaanisiamolekyylejä ja niiden ominaisuuksia. Molekyyli-mallinnuksen käyttö auttaa ymmärtämään kemian ilmiöitä: molekyylien rakennetta, sidoskulmia, molekyylien dipoliluonnetta ja sidostenmuodostumista. Se helpottaa työskentelyä ja opettamista: kaavojen piirtämistä, nimeämistä ja demonsointia.



KUVIO 1. Asetyylisalisyylihapon rakenne erilaisilla molekyylimalleilla esitettynä

Mallinnusmahdollistaa oppilaan omakohtaisen tekemisen ja tutkimisen: oppilas voi rakentaa molekyyliä sekä mitata sidoksen pituuksia ja sidoskulmia. Molekyyli-mallinnuksen käyttö on opettajista kiinnostavaa: mielenkiintoisempaa kuin liituty-öskentely. Kouluun saadut uudet välineet ovat innostaneet opettajia sen käyttöön. Molekyyli-mallinnus tukee myös kuvaa kemiasta tieteenä: se antaa oikean kuvan, kuinka nykyaikainen kemisti työskentelee kokeellisuuden rinnalla ja millaisia lait-teita käytetään. Mallintaminen on myös osa valtakunnallista opetussuunnitelmien perusteita, joissa korostetaan mallien ja mallinnuksen roolia opetuksessa ja oppimi- sessä.

TAULUKKO 1. Molekyyli-mallinnuksen käytön syyt

Syy käyttöön	Frekvenssi
Se havainnollistaa kemian ilmiöitä	9
Se auttaa ymmärtämään kemian ilmiöitä	5
Se helpottaa työskentelyä ja opettamista	4
Se mahdollistaa oppilaan tekemisen ja tutkimisen	3
Se on kiinnostavaa	2
Uudet välineet	2
Kuvaa kemiaa tieteenä	1
Opetussuunnitelman perusteet	1

Huom! 14 opettajaa vastasi kysymykseen. Monet opettajat esittivät useita syitä molekyyli-mallinnuksen käytölle.

Opettajat eivät olleet käyttäneet molekyyli-mallinnusta kemian opetuksessa, kos- ka kouluilla ei ollut varaa hankkia ohjelmaa tai heillä ei ollut mahdollisuutta käyt- tää mallinnusohjelmaa. Opettajat, jotka olivat hieman käyttäneet tietokoneavusteisia malleja opetuksessaan toivat esille seuraavia perusteluja vähäiselle käytölle:

- (i) lukion kurssien tiiviys ja suuret ryhmäkoot
- (ii) omat taidot ovat puutteelliset tai
- (iii) koulutuksen opit ovat unohtuneet.

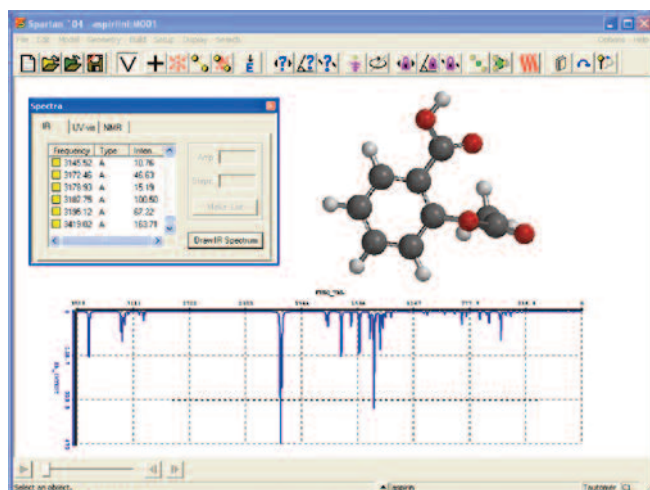
"Koulutuksen 2005 opit ovat osittain unohtuneet, kun ohjelma saatiin koululle vasta syksyllä 2006." Opettaja, joka ei ole osallistunut molekyyli-mallinnuskoulutukseen, mutta hankkinut Spartan-ohjelman perustelee käytön vähyyttä tiedon puutteella. "Ehkä tiedän siitä ja sen käytöstä liian vähän. Ennen kaikkea en osaa ottaa sitä käyttöön kun en tie- dä mihin se sopisi."

Molekyyli-mallinnuksen käyttö opetuksessa

Kyselyyn vastanneiden opettajien mielestä molekyyli-mallinnus sopii parhaiten or- gaanisten molekyylien rakentamiseen ja opetukseen, atomimallin havainnollistami- seen, mikrokemian kurssiin lukioon sekä työkurssiin (IR-spektrit). Molekyylien ava- ruudellinen rakenne ja isomeria olivat eniten opetuksessa käytettyjä kemian aiheita



(ks. taulukko 2). IR-spektroskopiaa oli käyttänyt opetuksessaan muutama opettaja. Kyselyn perusteella opettajat eivät olleet soveltaneet kemian opetuksessa muita spektroskooppisia analyysimenetelmiä kuin IR-spektroskopiaa, joka johtunee tukeutumisesta koulutuksesta tuttuihin ohjelmistoihin sekä vaikeudesta liittää aihe perusopetukseen.



KUVIO 2.
Lasketun IR-spektrin visualisointia

TAULUKKO 2. Molekyylimallinnuksessa käytetyt kemian aiheet

Kemian aihe	Frekvenssi
Molekyylien avaruudellinen rakenne	15
Isomeria	12
Atomi- ja molekyyliorbitaalit	7
Kemiallinen sidos (kovalenttinen, ionisidos)	7
Elektronitiheys	5
Heikot kemialliset sidokset (vetysidos, van der Waalsin sidokset)	5
IR-spektroskopia	4
Energia ja sen muutokset kemiallisissa prosesseissa	3
Kemiallinen reaktio	2
Muut spektroskooppiset analyysimenetelmät	0

Huom! Monet opettajat käyttivät opetuksessaan useita kemian aiheita. Opettajat valitsivat kemian aiheen kysymyslomakkeessa valmiiksi annetuista aiheista. Kyseessä olevan aiheet olivat kesäkurssien koulutuksen kemian aiheita.

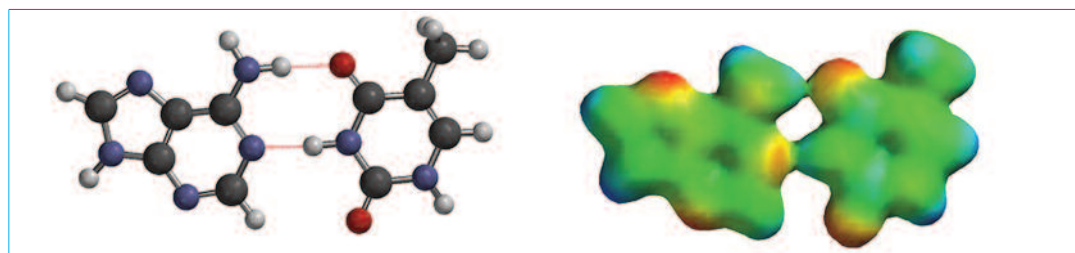
Opettajat ovat käyttäneet molekyylimallinnusta lähinnä molekyylien rakenteeseen, nimeämiseen, tutkimiseen ja esittämiseen (ks. taulukko 3). Työtapoina on käytetty parityöskentelyä, itsenäistä työskentelyä omalla ajalla atk-luokassa tai kotona sekä opettajajohtoista opiskelua. Niissä kouluissa, joissa mallinnusohjelma(t) on asennettu useampaan tietokoneeseen, oppilaat ovat itse päässeet rakentamaan ja tutkimaan molekyyliä. Mikäli ohjelmat on asennettu ainoastaan yhdelle – yleensä opettajan käytössä olevalle – tietokoneelle, niitä käytettiin kemian ilmiöiden demonstrointiin luokassa olevan tietokoneen ja videotykin avulla.

TAULUKKO 3. Molekyylimallinnuksen käyttötavat opetuksessa

Käyttöaihe	Kuvaus
Molekyyliin rakentelua	• Oppilaat rakentavat molekyylejä annetun nimen mukaan ja nimeämistä muuttavat niitä. • Orgaanisten molekyyliin rakentaminen ja nimeäminen molempiin suuntiin, esimerkiksi DNA-pätkä ja proteiinien primääri- ja sekundaärrakenteet • Oppilaat piirtävät molekyylejä ja liittävät sen tekstiin • Rinnalla käytetään konkreettista rakennussarjaa
Molekyyliin tutkiminen	• Oppilaat mittaavat sidospituuksia ja sidoskulmia • Oppilaat pyörittelevät kuvaruudulla orgaanisia molekyylejä
Molekyyliin esitleminen	• Esitelty molekyyliin erilaisia visualisointitapoja • Esitelty datatykillä orbitaaleja ja sidoksia atomimallin yhteydessä • Esitelty molekyyliin varauksia • Hyödynnetty lisäksi animaatio-ohjelmaa

Parhaita työtapoja tai kokemuksia kysyttäessä opettajat toivat esille molekyylimallinnuksen toimivuuden yhdessä rakennussarjan kanssa. ”Orgaanisen kemian perusteita opetettaessa mallinnuksen käyttö nimenomaan yhdessä konkreettisen rakennussarjan kanssa näyttää toimivan paremmin kuin pelkkä mallinnus tietokoneella.”

Molekyylimallinnus on sopinut hyvin vahvojen ja heikkojen sidosten havainnollistamiseen. ”Olen huomannut oppilaiden ymmärtävän osittaisvarausten jakautumisen avulla paremmin heikkoja sidoksia. Ohjelmalla voi opettaa hyvin heikkoja sidoksia esimerkiksi vetysidoksia eri molekyyliin välillä.” Selkeät tehtävät ovat toimineet oppilailla hyvin. ”Yleensä heillä on ollut selkeä tehtävä esimerkiksi ovat mittailleet sidospituuksia ja kulmia ja tutkineet molekyyliin muotoja sekä edelleen ennustaneet muiden molekyyliin muotoja, sidoksia, hybridisaatiotyyppiä jne.”



KUVIO 3. Vetysidosten visualisointi DNA:n emäsparissa

Molekyylimallinnus on opettajien mielestä kiinnostavaa: ”Opiskelijat ovat kiinnostuneita erilaisesta työtavasta.” ”Innostuin mallinnuksesta vielä enemmän kun huomasin miten se uppoaa oppilaisiin!!!” ”Parasta on, kun luokasta kuuluu: Yes, now I understand this!!!” ”Demonstroidessani ohjelmaa esitettiin kysymys, mistä tällaisen ohjelman saisi hankittua itselleen.”

Molekyylimallinnuksen käyttö eri luokilla ja kursseilla

Kemian opettajat ovat käyttäneet tietokoneavusteista molekyylimallinnusta eniten

lukion 1. ja 2. kursseilla (ks. taulukko 4), jotka ovat kaikille pakollisia kemian kursseja lukiossa. Perusopetuksessa molekyylihallinnusta on käytetty eniten 8. luokalla. Lisäksi lukion opetuksessa mallinnusta on hyödynnetty koulukohtaisilla soveltavilla ja erikoiskursseilla. Tietokoneavusteisia malleja ja mallintamista on käytetty myös ammattikorkeakoulun orgaanisen kemian ja biotekniikan kursseilla.

"Uskon, että ohjelmalla on moneen kurssiin hyötyä. Täytyy ottaa vaan itseään niskasta kiinni ja ottaa ohjelma käyttöön, nyt kun se saatiin kouluun!"

TAULUKKO 4. Molekyylihallinnuksen käyttö eri luokilla ja kursseilla

Luokka tai kurssi	Frekvenssi
Perusopetuksen 7 lk	1
Perusopetuksen 8 lk	6
Perusopetuksen 9 lk	1
Lukion kurssi 1	7
Lukion kurssi 2	11
Lukion kurssi 3	4
Lukion kurssi 4	3
Lukion kurssi 5	1
Lukion orgaanisen kemian jatkokurssi	1
Lukion kertauskurssi	1
Lukion biokemian kurssi	1
Lukion työkurssi	2
Ammattikorkeakoulu (organic chemistry, biotechnology)	2

Huom! Monet opettajat käyttivät molekyylihallinnusta useilla kursseilla.

Molekyylihallinnuksen hyödyllisyys kemian opetuksessa

Kemian opettajien mielestä tietokoneavusteinen molekyylihallinnus on hyödyllistä, sillä se kehittää oppilaiden visualisointitaitoja (ks. taulukko 5). Se havainnollistaa vaikeita kemian käsitteitä oppilaille sekä tukee oppilaiden kemian käsitteiden oppimista. Molekyylihallinnus herättää oppilaiden kiinnostusta kemiaan ja innostaa oppilaita kemian jatko-opiskeluun. Oppilaiden tutkimistaitojen kehittäminen ja luovuuden tukeminen oli opettajien mielestä molekyylihallinnuksen vähiten hyödyllisiä ominaisuuksia. Vastauksista lasketut keskiarvot ovat kuitenkin näissäkään väitteissä korkeita (3,6).

Vastauslomakkeessa annettiin myös opettajille mahdollisuus kommentoida molekyylihallinnuksen roolia ja käyttöä *"jotain muuta"* otsikon alla. Näissä vastauksissa eräs opettaja oli lisännyt, että molekyylihallinnus opettaa historiankin perspektiivissä mallintamisen tärkeyttä ja vaikeutta sekä pohdituttaa kansainvälistä kommunikointia ja tietojen siirtoa. Toinen opettaja oli muistuttanut kokeellisuuden tärkeydestä: *"Koen kokeellisuuden kemian opetuksessa edelleen tärkeimpänä motivaation ja oppimisen kannalta."*

TAULUKKO 5. Opettajien käsityksiä molekyylimallinnuksen hyödyistä

Väite kysymyslomakkeessa	Keskiarvo*
Se kehittää oppilaiden visualisointitaitoja	4,7
Se havainnollistaa vaikeita käsitteitä oppilaille	4,4
Se tukee oppilaiden kemian käsitteiden oppimista	3,9
Se herättää oppilaiden kiinnostusta kemiaan	3,9
Se innostaa oppilaita kemian jatko-opiskeluun	3,9
Se kehittää oppilaiden tutkimistaitoja	3,6
Se tukee oppilaiden luovuutta	3,6

Huom! Keskiarvo on laskettu vastatuista arvoista. Käytössä oli Likert-asteikko 1–5, jossa vaihtoehto 5 oli ”erittäin hyödyllinen”.

Molekyylimallinnuksen varustelutaso kouluissa

Varustelutaso kouluissa on hyvin vaihteleva. Opettajat ovat käyttäneet yleensä yhtä tai kahta molekyylimallinnusohjelmaa opetuksessa (ks. taulukko 6). Opettajat ovat käyttäneet eniten Spartan-ohjelmaa, joka oli täydennyskoulutuksessa käytetyin ohjelma. Piirrosohjelma ChemSketch oli opettajien käytössä toiseksi suosituin ohjelma. Kaikista 19 vastanneesta opettajasta kymmenen opettajaa toivoisi saavansa käyttöönsä erityisesti laskennalliseen mallintamiseen soveltuvan Spartan-ohjelman tai lisää sen lisenssejä, jos saisi lisää resursseja.

TAULUKKO 6. Opettajien käyttämät molekyylimallinnusohjelmat kemian opetuksessa

Ohjelman nimi	Frekvenssi
Spartan	10
Chemsketch	6
Chem3D	1
Internetin Java-pohjaisia sovelluksia	1
ViewerLite	1
ArgusLab	1
Chime	1

Molekyylimallinnusohjelmia on kouluissa käytössä yhdestä kymmeneen lisenssiä (ks. taulukko 7). Opettajat käyttävät molekyylimallinnusta sekä omassa luokassaan että tietokoneluokassa. Osalla opettajista on oma kannettava, jossa on molekyylimallinnusohjelma. Oppilaat voivat käyttää myös Internetistä saatavia ilmaisohjelmia, joita he voivat asentaa omille kotikoneille (esim. ArgusLab, JMol tai Chime).

Molekyylimallinnusta voidaan käyttää myös yhteisesti eri kouluasteilla. Esimerkiksi tutkimuksessa tuli esille esimerkki, miten peruskoululaiset vierailevat ammatikorkeakoulujen tiloissa opiskelemassamolekyylimallinnusta. Vastaavanlainen käytäntö on Helsingin luonnontiedelukion ja Helsingin yliopiston välisessä yhteistyössä, jossa lukion 2. kemian kurssin opiskelijat käyvät yliopistolla tutustumassa molekyylimallinnuksen mahdollisuuksiin (ks. Holmstenin ja Sormusen kyseistä yhteistyötä käsittelevä artikkeli tässä samassa kirjassa).

Monissa kouluissa tietotekniikan keskitetystä ylläpidosta ja pienistä resursseista on seurauksena, että ohjelmien asentaminen ja käyttöönotto on viivästynyt. ”Käyttöä on hankaloittanut se, että vain yksi henkilö talossa ohjelmia saa asentaa verkkoon ja työko-
neille.”

TAULUKKO 7. Esimerkkejä kokonaisvarustelutilasta kouluissa molekyylihallin-
nuksen opetuksessa

Ohjelmatilanne	Tietokonetilanne omassa luokassa	Muut opetustilat	Muuta
ChemSketch	Kemian luokassa on neljä konetta	Tietokoneluokka: 20 oppilaspaiikkaa	–
10 Spartan-lisenssiä AMK:ssa 5 Spartan-lisenssiä	– –	Kolme tietokoneluokka Tietokoneluokissa on molemmissa 16 opiskelijan konetta + open kone, mutta lisenssi on yhtä aikaa voimassa vain 5 koneelle, yhteisopetus mahdotonta	Yhteistyötä kaupungin peruskoulujen kanssa –
5 Spartan-lisenssiä	Tietokoneiden määrä ei rajoita käyttöä, vaan lisenssien määrä (Spartan)	–	Oppilailla on myös mahdollisuus käyttää netistä saatavia ilmaisohjelmia
Lupa ohjelman hankkimiseen yhdelle koneelle	Luokassa yksi kone ei dataprojektorilla	Atk-luokkaan mahdollista päästä joskus	–
–	Kemian luokassa 3–4 konetta	Tietokoneluokka, opiskelijoille pitkin käytäviä koneita, siirrettäviä läppärisettejä (20?) langattomasti käyttöön pari vaunullista	Ohjelma-asennus tökki, koska verkkoon ja työkoneille saa asentaa vain yksi henkilö talossa
10 kpl lisenssi Spartan-ohjelmaa	–	Tietokoneluokassa	Oma kannettava
10 lisenssiä Spartan-ohjelmaa	–	–	Voisi olla enemmän koska minulla on usein 30 oppilasta ryhmässä
10 Spartan-lisenssiä	–	30 koneen atk-luokka	–
Koulullamme ei ole muita mallinnusohjelmia kuin netistä ilmaiseksi saatuja	Minulla on oma Spartan, jota voi käyttää yhdellä koneella	–	Koneita ja tilaa olisi kyllä riittävästi
Meillä on yksi hasp-avaimella oleva lisenssi	–	–	Emme vain saa itse asentaa ohjelmia koneisiin ja asennustyö on jonossa



Opettajien mielestä hyvä opetuskäyttöön soveltuva molekyylimallinnusohjelma on sellainen, jota oppilas pystyy helposti käyttämään, myös itsenäisesti (ks. taulukko 8).

"Ohjelman on oltava niin helppokäyttöinen, että oppilaan into ei lopahda ohjelman vaikeuteen."

"Yläasteella tarvitaan ohjelmaa jolla helposti pystyy rakentamaan yleisimmät orgaaniset aineet tikku + pallo ja kalottimalleina. Työväline jolla saa helposti piirrettyä rakennekaavioita yleisimmin käytetyn formaatin mukaan. Rakenteet täytyy pystyä pyörittelemään ruudulla, jotta kolmiulotteisuus hahmottuisi."

Nykyisiä molekyylimallinnusohjelmia pidettiin myös liian monipuolisina. "Nykyisten mallinnusohjelmien ominaisuudet ylittävät monin kerroin sen, mitä perusasteella tarvitsee oppia."

Tärkeänä ominaisuutena opettajat pitivät myös sitä, että ohjelmasta on selkeät käyttöohjeet ja ne ovat saatavilla suomenkielellä.

TAULUKKO 8. Hyvän molekyylimallinnusohjelman ominaisuuksia

Ominaisuus	Perusteluja
Helppokäyttöinen	• Selkeä • Mahdollisuus kokeilla molekyylien rakentamista itsenäisesti • Aikaa ei kulu ohjelman opetteluun
Havainnollinen	• Havainnollistaa eikä asia huku • Abstraktien asioiden mallintaminen auttaa asianymmärtämisessä • Mallien havainnollisuus
Hyvä visuaalisuus Oppilaita innostava Molekyylin pyörittely- ominaisuus ja nimeä- misominaisuus	• Visuaalisesti selkeä ja hyvä grafiikka • Visuaalisesti innostava • Oppilas voi pyörittää molekyylin ja nimetä • Kolmiulotteisuus
Monipuoliset ominaisuudet Mahdollisuus tallentaa tietoa useissa tiedostomuodoissa	• Haasteita kaikille oppilaille —
Animointi mahdollista	—
Hinnaltaan edullinen	• Ilmainen tai halpa levitettäväksi koko koulun verkkoon
Selkeät käyttöohjeet	• Ohjelma ohjaa tarvittaessa • Suomenkieliset ohjeet

Molekyylimallinnuksen koulutus ja tarve

Kaikki koulutuksessa olleet opettajat (N=16) pitivät saamansa koulutusta hyödylliseksi (ks. taulukko 9). Perustelut vaihtelivat koulutuksen sisällöistä taitoihin ja motivaatioon.

TAULUKKO 9. Saadun koulutuksen hyödyllisyys

Hyödyllisyys	Perustelu
Hyödyllistä	• Uusi asia itselleni ja opetuksessa • Vaikeiden kemian käsitteiden havainnollistaminen innostavalla tavalla • Kvanttikemiallisten laskujen suorittaminen kannettavalla tietokoneella • Antanut uutta ulottuvuutta opetusmenetelmiin • Nykypäivää • Antoi uuden näkökulman kemian tutkimukseen tällä hetkellä. • On löytynyt erinomainen apuväline kemian opetuksen kehittämiseen. • Rohkaistunut käyttämään mallinnusohjelmia • Virkistävää • Innostavaa

Jatkossa opettajat toivovat lisää koulutusta eri puolille Suomea, kertausta ja materiaaleja (ks. taulukko 10). Ohjelmien käytössä tarvitaan lisää harjoitusta. *”Taito käyttää ohjelmistoa unohtuu helposti.”* Koulutuksessa tulisi huomioida myös kemian opettajien käytössä olevat ohjelmat. *”Hyöty olisi suurempi, jos olisi sama ohjelmisto koulussa.”* Erityisesti tarvitaanmolekyylimallinnuksen pedagogista koulutusta:missä kursseissa ja miten mallinnusta kannattaa parhaiten käyttää. Opettajat kaipaavat myös kokemusten jakamista kollegojen kanssa, henkilökohtaistamentorointia tai itsenäistä opiskelua Internetin kautta. Valmiita ohjeita ja materiaaleja kaivataan lisää opetukseen, esimerkiksi kokeellisuuden ja mallinnuksen yhdistämisestä. Hyvä suomenkielinen manuaali olisi tärkeä saada opetuksen tueksi.

TAULUKKO 10. Opettajien toiveet koulutusaiheiksi

Koulutusaihe	Kuvaus
• Ohjelmien käyttö	• Chemskechkin kanssa lisää harjoittelua • Lisää mallinnusohjelmien käyttöä • Erilaisten demojen esittämistä ja selityksiä • Konkreettista koulutusta koulutasolle
• Pedagogista koulutusta	• Missä kursseissa ja miten tätä mallinnusta parhaiten kannattaisi käyttää • Yhteisten kokemusten jakamista kollegojen kanssa
• Tietoiskuja ja kertausta	• Opetut asiat muistuisivat mieleen
• Valmiita ohjeita lisää	• Mitä kannattaa tehdä ja miten opetuksessa • Opetuspaketteja opetukseen eri aihepiireistä
• Alkeiskurssin käyminen	• Sitten, kun on ensimmäisen kerran opettanut uuden opsin uudestaan
• Mentorointia	• Aikaa treenata itse ohjelmien käyttöä niin, että konsultti on läsnä ja häneltä voi tarvittaessa kysyä • Itsenäistä opiskelua Internetin kautta
• Mallinnuksen ja kokeellisuuden	• Miten koulussa toteutettava kokeellisuus yhdistetään mallinnusohjelmaan. Lähtäkohtana voisivat olla lukion oppikirjojen laboroinnit
• Hyvä manuaali	• Helppo, jossa ei olisi liikaa tekstiä
• Koulutuksia eri puolilla Suomea	• –

Koulutukseen toivotaan lisää konkreettisia harjoituksia, jotka ovat suoraan käytettävissä opetukseen ja kytkettävissä opetussuunnitelman perusteiden mukaisiin kursseihin. Kertaus peruskurssista on useiden opettajien mielestä tarpeellista. Koulutuksessa olisi hyvä olla harjoitus, jossa opettajat yhdessä suunnittelisivat opetuskokonaisuuden ja toteutuksen. Lisäksi opettajat toivovat tutkimustietoa siitä, miten parhaiten molekyylihallinnus edistää oppimista. Opettajat toivovat koulutusta esimerkiksi kemiallisten reaktioiden, kemiallisten sidosten, molekyyliorbitaalien, isomerian (esim. sykloheksaanin vene- ja tuolimudot) ja energian muutoksen havainnollistamiseen.

Opetusmateriaaleiksi toivotaan valmiita tehtäviä:

"Ohjeita ja vinkkejä eri juttuihin, missä kaikkialla sitä nyt voisikaan käyttää ja miten."

"Valmiita lisätehtäviä, joita oppilaat voisivat itsenäisesti lukion kurssien ohessa tehdä Spartanin avulla."

"Suomenkielisiä tehtäviä, joihin sitten ohjeita ja malliratkaisuja, esim. levyllä lopputulos, johon voisin omaani verrata."

"Työkurssiin uusia ohjeita!"

Opettajat toivovat myös tietopankkia Internetiin: *"Ei olisi hassumpaa, että Internetissä olisi joku tietopankki eri opetuskokonaisuuksiin jaoteltuna (vaikkapa ihan valmiina sapluunoina!). Siitä kukin opettaja voisi lähteä soveltamaan tarpeidensa mukaan."*

Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimus on ensimmäinen molekyylihallinnuksen koulukäyttöön liittyvä tutkimus Suomessa. Tutkimus osoittaa, miten kemian opettajista edelläkävijät (2,5 %) ovat otaneet molekyylihallinnuksen opetuskäyttöön, minkälaisia haasteita sen käytössä on sekä minkälaista tukea tarvitaan jatkossa. Tutkimus kuvaa myös uuden innovaation diffuusion etenemistä 1–2 vuotta koulutuksen jälkeen. Tutkimustietoa voidaan hyödyntää muuan muassa opettajien perus- ja täydennyskoulutuksen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tutkimus osoittaa, että molekyylihallinnusta käytetään opetuksessa vaihtelevasti. Se on joissakin kouluissa tärkeä osa opetusta ja toisissa kouluissa sen käyttö on vasta alkamassa. Käytön alkamisen siirtymiseen on vaikuttanut usein resurssisyys tai koulutuksen unohtuminen pitkän tauon jälkeen (vrt. Fullan 2007). Jotta tietokoneavusteista molekyylihallinnuksesta tulisi oppilaiden kemian työväline, niin sitä tulisi käyttää luonnollisena työvälineenä usein ja jo perusopetuksen luokat 5–6 lähtien. Harjoittelu on tärkeää uuden välineen käytön vakiintumisessa niin oppilailla kuin opettajilla. Kokemus osoittaa, että jo lapset pystyvät suunnittelemaan vaikkapa omia molekyyliä molekyylihallinnusohjelmilla ja pyörittelemään niitä. Samalla lapset harjaantuvat kemiassa tärkeiden visualisointitaitojen käytössä ja tietokoneavusteinen molekyylihallinnus tulee heille luonnolliseksi osaksi kemian opiskelua. Opetuksen syventyessä vuosiluokilla 7–9 ja lukiossa tietokoneavusteinen molekyylihallinnus voidaan integroida syvemmin kemian oppimisen, opiskelun ja opetuksen tueksi.

Suurin osa koulutuksessa olleista opettajista on aloittanut molekyylihallinnuksen käytön lähinnä molekyylien visualisoinnilla. Vaikeampien käsitteiden ja ilmiöiden havainnollistamiseen tietokoneavusteista molekyylihallinnusta on käytetty vie-

lä vähän. Molekyylihallinnusohjelmistojen helpoin sovelluskohde on usein kemiallisen rakennetiedon havainnollistaminen. Molekyylien rakennetta voidaan opetuksessa visualisoida erilaisilla atomien ja kemiallisten sidosten kuvaukseen soveltuvilla mallilla. Sen lisäksi molekyylin rakenteita voidaan tarkastella interaktiivisesti tietokoneen avulla. Tietokonemallinnuksen käyttömahdollistaamismolekyylin rakenteen tutkimuksen, sillä molekyylin erilaisia rakenteita ja ominaisuuksia voidaan tutkia sopivien, opiskelijaa ohjaavien kysymysten avulla. Tällaista lähestymistapaa käytetään muun muassa Opetushallituksen verkkopohjaisen Etälukion laboratorioharjoitusten osana.

Molempia koulutuksissa esiteltyjä ja kokeiltuja ohjelmistoja voidaan käyttää visualisoimaan kemiallisia rakenteita, jolloin havainnollistaminen ja tutkimus perustuvat yleensä saatavilla olevaan kemialliseen tietoon (esim. (bio)molekyylin rakenne). Siirryttäessä soveltamaanmallinnusta rakenteen ja energian välisen yhteyden tai molekyylin elektronisten ominaisuuksien visualisointiin, opettajalla tai opiskelijalla ei ole valmista tietojoukkoa. Orbitaalien, energiaprofiilien tai elektronitiheyden tutkimisessa on käytettävä molekyylimallinnusta, jossa nuo halutut ominaisuudet lasketaan. Tämä asettaa haasteen opettajien osaamiselle, sillä opettaja joutuu tekemään joukon valintoja: voiko opiskelija itse tehdä harjoituksen, onko opetustilanteessa järkevää tehdä laskentaa, voiko käyttää valmiita ennalta laskettuja tuloksia sekä millaisia teoreettisia työkaluja mallinnuksessa tulisi käyttää. Tutkimuksessa havaittiin selvästi, että laskennallisen tiedon luominen ja soveltaminen ei ollut niin yleistä kuin valmiin kemiallisen tiedon visualisointi. Selvästi opettajien koulutus, tukipalvelut ja kokemus molekyylimallinnuksesta alentavat kynnystä käyttää mallinnusohjelmia opetuksessa. Tämä ilmenee erityisesti opettajien toiveena saada valmiita harjoituksia, ”sapluunoita” ja ohjeita. Lisäksi tutkimuksessa ilmeni opettajien tarve saada valmiita malleja, miten molekyylimallinnusta voidaan soveltaa eri kemian käsitteiden opettamisessa molekyylimallinnuksen avulla. Käytetyimpinä työtapoina opettajat toivat esille parityöskentelyn, itsenäisen työskentelyn omalla ajalla atk-luokassa tai kotona sekä opettajajohtoisen opiskelun. Osa opettajista perusteli vähäistä mallinnuksen käyttöä kurssien tiiviydellä ja suurilla ryhmillä. Tämä viittaa siihen, että molekyylimallinnukseen liittyvät pedagogiset työtavat eivät vielä ole täysin selkiytyneet. Molekyylimallinnus nähtiin usein ylimääräisenä toimintana, lisätyönä, joka ei suoraan soveltunut osaksi olemassa olevaa opetusta. Ryhmäkokojen merkitys kasvaa erityisesti silloin, jos mallinnusta halutaan soveltaa oppilaiden aktiivisen toiminnan osana, esimerkiksi harjoitustyönä atkluokassa. Ryhmän koko ei kuitenkaan ole merkittävä, jos mallinnusta sovelletaan osana opetusta esimerkiksi demonstraatioiden avulla, opettajan käyttämänä havainnollistamisvälineenä tai työpistetyöskentelynä. Molekyylimallinnuksen muuttuminen tempusta tavoitteelliseksi toiminnaksi vaatii koulutuksen, käyttöohjeiden sekä ohjelman hankinnan kytkeytymistä yhteen, jolloin opettaja alkaa helpommin käyttää ohjelmaa omassa opetuksessaan. Kemian perusopetuksessa sovellettavat työtavat ovat helposti siirrettävissä toisiin opetettaviin aineisiin, joissa käsitellään esimerkiksi aineen jamolekyylien rakenteita. Molekyylimallinnusta voidaan käyttää myös biologian, biokemian ja bioteknologian opetukseen. Esimerkiksi tutkimukseen vastannut, biokemiaa opettava opettaja oli soveltanut molekyylimallinnusta omassa opetuksessaan DNA:n visualisointiin ja proteiinin primääri- ja sekundäärirakenteiden havainnollistamiseen.

Tutkimus osoittaa molekyylihallinnukseen liittyvän pedagogisen aineenhallinnan koulutuksen, suomenkielisen materiaalien sekä teknisen tuen tarpeen (vrt. Opetushallitus 2005). Yksi mahdollinen tapa edistää molekyylihallinnuksen soveltamista kemian olisi luoda Suomeen mentorointiverkosto innovaation diffuusion tukemiseksi. Verkostossa opettajien kouluttajat ja molekyylihallinnusta jo soveltavat opettajat voisivat kehittää ja kokeilla uusia molekyylihallinnuksen opetustapoja ja -kohteita. Verkoston toimijat toimisivat myös molekyylihallinnuksesta kiinnostuviin opettajien tukena ja konsultteina täydennyskoulutuksen ohella. Verkostossa luodut hyvät käytännöt, osaaminen ja tieto tulisi koostaa yhtenäiseksi oppi- ja opetusmateriaaliksi, jonka tulisi olla kaikkien opettajien käytössä. Lisäksi tutkimusta vaikuttavuudesta tulee lisätä molekyylihallinnuksen opetuksen kehittämiseksi. Tutkimus tukee molekyylihallinnuksen opetuskäyttöä, koulutusta ja soveltamista.

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset osoittavat, että opettajat ovat kiinnostuneita tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksista kemian opetuksen monipuolistajana. Opettajien tähänastiset kokemukset osoittavat, että molekyylihallinnuksella on selvä lisäarvo, jolla kemian ymmärtämistä ja mielenkiintoa voidaan lisätä.

Lähteet

Aksela, M. 2005. Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry. A design research approach. Yliopistopaino. Helsinki. <http://urn.fi/URN>. ISBN 952-10-2708-8.

Aksela, M. & Juvonen, R. 1999. Kemian opetus tänään. Opetushallitus. <http://www.edu.fi/julkaisut/kemia1.pdf>

Aksela, M. & Lahtela-Kakkonen, M. 2001. Molekyylihallinnuksen teknologiaa opetuksessa. *Kemia-Kemi* 28: 3. S. 200.

Barnea, N. 2000. Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer managed Modelling System. Kirjassa J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Toim.) *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 307-323.

Barnea, N. & Dori, Y. J. 2000. Computerized Molecular Modeling the New Technology for Enhancing Model Perception among Chemistry Educators and Learners. *Chemistry Education. Research and Practice in Europe*, 1, 1. 109-120.

Bitner, N. & Bitner, J. 2002. Integrating technology into the classroom: Eight keys to success. *Journal of Technology and Teacher Education* 10(1). 95-100.

Dori, Y. J. & Barnea, N. 1997. In-service Chemistry Teachers Training: the Impact of Introducing Computer Technology on Teachers Attitudes and Classroom Implementation. *International Journal of Science Education*, 19, 5. 577-592.

Elinikäinen oppiminen yliopistoissa -työryhmän muistio. 2005. Opetusministeriö. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:38. http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2005/liitteet/opm_267_tr38.pdf?lang=f

Feller, S. E., Dallinger, R. F. & McKinney, P. C. 2004. A program of computational chemistry exercises for the first-semester general chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 81(2). 283-287.

Fullan, M. G. 2007. The new meaning of educational change. Ontario Institute for Studies in Education. Toronto.

Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. & Van Driel, J. (Eds.) 2002. *Chemical education. Towards research-based practice*. Kluwer. Dordrecht.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. 2002. The particular nature of matter: challenges in un-

derstanding the submicroscopic world. Kirjassa Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H. (Toim.), Chemical education: towards research-based education. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 189–212.

Helsingin yliopiston elinikäisen oppimisen suunnitelma 2007–2009. 2006. Helsingin yliopisto. [https://notes.helsinki.fi/halvi/strateginensuunnittelu.nsf/07416be4d2870854c2257210004284ae/54e38872a20d1e39c225725900319d83/\\$FILE/EOsuunnitelma%2020.06.2007.pdf](https://notes.helsinki.fi/halvi/strateginensuunnittelu.nsf/07416be4d2870854c2257210004284ae/54e38872a20d1e39c225725900319d83/$FILE/EOsuunnitelma%2020.06.2007.pdf)

Hessley, R. K. 2004. A computational-modelling course for undergraduate students in chemical technology. Journal of Chemical Education, 81(8). 1 140–1 144.

Information and communications technologies. 2004. OECD Information Technology Outlook.

Jonassen, D. H. (Ed.) 2004. Handbook of research on educational communication and technology (2nd ed.): A project of the association for educational communications and technology. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Justi, R. & Gilbert, J. 2002. Models and modelling in chemical education. Kirjassa Chemical education: Towards research-based practice, Gilbert, J. K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H. (Toim.), Chemical education: towards research-based education. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 47–68.

Juuti, K., Lavonen, J., Meisalo, V. & Aksela, M. 2002. Opettajat fysiikan ja kemian virtuaalikouluhankkeen aktiivisina toimijoina. Kirjassa H. Silfvernerg & J. Joutsenlahti (toim.), Tutkimuksella parempaan opetukseen: IIXX Matematiikan ja luonnontieteiden tutkimusseura ry:n päivät Tampereella 28.–29.9.2001. Tampereen yliopisto. Tampere. 87–97.

Karjalainen, V. 2007. Kemian opetus tänään –tutkimus. Kemian opetuksen keskus. Helsingin yliopisto.

Kind, V. 2004. Beyond appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas, 2. painos, Lontoo, Royal Society of Chemistry. <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>.

Koulutus ja tutkimus 2003–2008. 2004. Opetusministeriö. Opetusministeriön julkaisuja 2004: 6. http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2004/liitteet/opm_190_opm06.pdf?lang=fi

Kuitunen, H. 1996. Finiste-tietoverkko innovaation välineenä luonnontieteiden opetuksen työpajojen monipuolistamisessa. Tutkimuksia 159. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Helsingin yliopisto.

Kozma, R. B. 2003. Technology and classroom practices: An international study. Journal of Research on Technology in Education, 36 (1). 1–14.

Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V. & Aksela M. 2002. Tieto- ja viestintäteknikka fysiikan ja kemian opetuksessa: virtuaalikouluhankkeen mahdollisuudet muutosten aikaansaamisessa. Kirjassa H. Silfvernerg & J. Joutsenlahti (toim.). Tutkimuksella parempaan opetukseen. IIXX Matematiikan ja luonnontieteiden tutkimusseura ry:n päivät Tampereella 28.–29.9.2001. Tampere: Tampereen yliopisto. 107–118.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Nuorille tarkoitettun lukiokoulutuksen opetussuunnitelman perusteet. Opetushallitus. <http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,17627,1560>

Lundell, J. & Aksela, M. 2003. Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 1: Molekyylimallinnus ja kemian opetus, Dimensio 67, 5. 47–49. <http://www.maol.fi/frames/dimensio/D503kansio/Molmalli.pdf>

Maija Aksela & Marja Montonen: Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluhin. 2007. 33

Lundell, J. & Aksela, M. 2004. Tietotekniikka mullistaa kemian opetusta. Kemia-Kemi 31:7. 41.

Lundell, J. & Aksela, M. 2007. Modelling Opens up New Horizons. Kemia-lehti 34: 5.28–29. http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/liitteet/kemia507_lund_aks.pdf



McFarlane, A. & Sakellariou, S. 2002. The role of ICT in science education. Cambridge Journal of Education, 32. 219–232.

Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. 2000. Modernit oppimisympäristöt. Tietosanoma. Helsinki.

Meisalo, V. Lavonen, J., Juuti, K. & Aksela, M. 2007. Information and communication technology in school science in Finland. Kirjassa Pehkonen, E., Ahtee M. & Lavonen J. How Finns learn mathematics and Science. Sense Publishers. The Netherlands.

Oliver, R. 1999. Exploring strategies for on-line teaching and learning. Distance Education, 20. 140–154.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus.
<http://www.oph.fi/SubPage.asp?path=1,17627,1558>

Perusopetuksen tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön sekä oppilaiden tieto- ja viestintäteknikan perustaitojen kehittämissuunnitelma. 2005. Opetushallitus. Moniste 7/2005. Edita Prima Oy. Helsinki. <http://www.edu.fi/julkaisut/tietojaviesti.pdf>

Rogers, E. 1995. Diffusion of innovations. 4th ed. Free Press. New York.

Rogers, L. & Wild, P. 1996. Data-logging: Effects on practical science. Journal of Computer Assisted Learning, 12(3). 130–145.

Saloma, A. 2005. Vetysidoksen opetus ja oppiminen. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö. Kemian laitos. Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-asaloma.htm>

Shulman, L. S. 1986. Those who understand: knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15. 4–14.

Tasker, R. & Dalton, R. 2006. Research into practice: Visualisation of the molecular world using animations. Chemistry Education Research and Practice, 7(2). 141–159.

The life-long learning program 2007–2013. 2007. Euroopan komissio.
http://ec.europa.eu/education/programmes/newprog/index_en.html

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2006. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 1–4.p. Tammi. Helsinki.

Tietoyhteiskuntakehityksen yhteisten menettelytapojen ja koordinoinnin kehittäminen opetustoimessa. 2007. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston julkaisusarja 9/2007.
<http://www.vnk.fi/julkaisut/julkaisusarja/julkaisu/fi.jsp?oid=192748>

Uusikartano, H. 2006. Biomolekyylien visualisointi kemian opetuksessa. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö. Kemian laitos. Helsingin yliopisto.
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-uusikartano.htm>

Vainio, J. 2006. Tietokoneavusteinen molekyyllimallinnus energian opettamisen apuvälineenä. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö. Kemian laitos. Helsingin yliopisto.

Voogt, J. & van den Akker, J. 2002. Computer-assisted Instruction. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), International encyclopedia of the social & behavioral sciences (pp. 2473–2477). Elsevier. Oxford.

Wellington, J. 2004. Multimedia in science teaching. Kirjassa Barton, R. (Toim.) Teaching secondary science with ICT. Maidenhead. Open University Press.

Yin, R. K. 2002. Case Study Research. Design and Methods. Third Edition. Applied social research method series Volume 5. Sage Publications. California.

Zohar, A. 2004. Higher Order Thinking in Science Classroom: Students' Learning and Teachers' Professional Development. Science & Technology Educational Library (volume 22). Dordrecht. Kluwer.

Artikkelissa mainittuja tietokoneohjelmia:

ArgusLab: Molekyyllimallinnukseen ja kemiallisten rakenteiden visualisointiin soveltuva ohjelma. Soveltuu pienimuotoisiin, koulukoneilla tapahtuviin mallinuksiin. Ilmainen, mutta

vaatii rekisteröitymisen. <http://www.arguslab.com>

Chem3D: Molekyyli mallinnukseen, kemiallisten rakenteiden ja tutkimuskäytössä olevien askentaohjelmien tulosten visualisointiin. Maksullinen.

<http://www.cambridgesoft.com/>

ChemSketch: Monipuolinen kemian 2D ja 3D piirto-ohjelma. Ilmainen, mutta vaatii rekisteröitymisen. <http://www.acdlabs.com>

Chime: Kemiallisen rakennetiedon visualisointiin verkkoympäristössä soveltuva www-se-laimen apuohjelma. Ilmainen, mutta vaatii rekisteröitymisen.

<http://www.mdl.com/chime>

ViewerLite: Kaupalliseen, hyvin laajaan molekyyli mallinnusohjelmistoon liittyvä ilmainen visualisointiohjelma, jonka ilmaisversiota ei enää tueta. Ohjelmasta saatavilla nykyisin maksullinen laajennettu versio. <http://www.accelrys.com>

Spartan: Molekyyli mallinnukseen ja kemiallisten rakenteiden visualisointiin soveltuva mallinnusohjelma. Saatavilla opetuskäyttöön tarkoitettu halpaversio. <http://www.wavefun.com>; www.maol.fi/

JMol: Java-pohjainen kemiallisen rakenteen visualisointiin soveltuva ohjelmisto. Ilmainen. <http://jmol.sourceforge.net>

Kemian opetuksen keskuksen (HY) molekyyli mallinnussivut verkossa:
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/palvelut/opetusaineistot/molekyyli mallinnus.htm>



Ope-TET vahvistaa työelämätuntemusta ja tukee nuorten TET-jaksoa

Krista Kinnunen
Taloudellinen Tiedotustoimisto

Oppilaiden työelämää tutustumis- eli TET-jaksot ovat perusopetuksessa käytäntö, jonka avulla yläkoululaiset saavat ensituntuman työelämään. Ainakin teoriassa jokainen nuori suorittaa yläkoulun aikana TET-jakson ja saa sitä kautta arvokasta tietoa ja omakohtaista kokemusta työelämästä, mikä puolestaan auttaa häntä tekemään omia koulutusta ja uraa koskevia valintojaan. Nuoret myös arvostavat ja kaipaavat omaa käytännön kokemusta työelämästä ja eri aloista, kuten Taloudellisen Tiedotustoimiston TATin keväällä 2007 toteuttama nuorisotutkimus osoittaa.

Opettajien työelämäjaksot ovat puolestaan jääneet toistaiseksi vaille ohjausta ja järjestelmällistä toteutusta. Asiaan toivotaan muutosta, sillä muun muassa opetusministeriön koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmaan on kirjattu opettajien täydennyskoulutuksen kehittämisen merkitys osana koulutuksen laadun kehittämistä. Riittävä työelämätuntemus on tärkeä osa opettajien osaamista. Opettajien täydennyskoulutuksen tulisikin kohdistua myös opettajien yritys- ja työelämätuntemuksen lisäämiseen kaikilla kouluasteilla perusopetuksesta opettajankoulutukseen.

Avainsanat:

Opettajat, työelämä, harjoittelu

Kontakti yrityksiin on tärkeä

TATin nuorisotutkimuksen mukaan nuoret kaipaavat omia konkreettisia kokemuksia työnteosta ja työelämästä ja toivovat nimenomaan yritysvierailuja ja opintokäyntejä koulutus- ja uravalintojensa pohjaksi.

”Nuorten toive ja tarve on saada konkreettista kokemusta työnteosta. Sitä nuoret pitävät myös TET-jaksoilla antoisimpana kokemuksena. Tämä on haaste niin yrityksille kuin kouluillekin: nuorten työelämään tutustumista on lisättävä ja sen laatua on parannettava”, sanoo Taloudellisen Tiedotustoimiston koulupalvelun päällikkö Markku Tenkamaa

Vuosiluokkien 7–9 kouluilla suoritettavat työelämään tutustumis- eli TET-jaksot ovat nuorille usein ainoamahdollisuus saada käytännön tuntumaa työelämään ja yrityksiin. TATin nuorisotutkimuksen mukaan nuoret ovat kaikkein halukkaimpia hakeutumaan palvelualoille sekä työharjoitteluun että työhön tulevaisuudessa. Teollisuuden työt kiinnostavat nuoria hämmästyttävän vähän.

”Nuorten mielikuvat työelämästä muuttuvat erittäin hitaasti, joten myös opettajien ja erityisesti vanhempien asenteisiin on pyrittävä vaikuttamaan. Sekä nuorten että heidän vanhempiensa mielikuvat tämän päivän työtehtävistä ja ammasteista teollisuusyrityksissä eivät aina ole ihan ajan tasalla”, Tenkamaa pohtii.

Opettajat yrityksiin

Opettajien yritysjakso antavat opettajille ajanmukaisen kuvan yritysten toiminnasta ja parantavat heidän koulun ulkopuolisen työelämän tuntemusta ja lähentävät koulun jamuun työelämän yhteyksiä. Kokemus antaa opettajalle myös parempia valmiuksia nuorten kannustamiseen ja ohjaamiseen jatko-opintoihin ja koulun jälkeiseen työelämään.

Opettajien yritysjaksoja voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Hyvän ja helpon tavan tutustua yrityksiin tarjoaa oppilaiden TET-jakso. Opettaja voimennä oppilaiden kanssa tutustumaan yrityksiin vaikka vain muutamaksi tunniksi, tai suorittaa samaan aikaan koulutuksenomaisesti opettajan oman TET-jakson, Ope-TETin.

Lapinlahtelaisen Matin ja Liisan koulun opettajat ovat jalkautuneet yrityksiin työpareina. Tämämalli toimii hyvin myös oppilaiden TET-jaksoilla. Työtehtävät voivat vaihdella tarkkailijan roolista tuotteen valmistajaksi. Vain mielikuvitus rajoittaa yksityiskohtien valintaa. Tärkeintä on mieltää asia omaksi ja pitää toiminta riittävän yksinkertaisena ainakin aluksi – haasteita voi kasvattaa askel askeleelta.

Oppilaat ja opettajat voivat tehdä myös yhteisiä ryhmäopintokäyntejä paikallisiiin yrityksiin. Ryhmä voi rakentua peruskoulun tai lukion oppilaista ja samanaikaisesti vaikkapa opettajien Veso-koulutuksesta. Vierailu voi kestää esimerkiksi ilta-päivän. Sen aikana saadaan esittely yrityksen toiminnasta ja toimialasta sekä tavaataan ammattilaisia työnsä ääressä kierroksella yrityksen toimitiloissa.

Tampereella kaupungin lukiokoulutus on käynnistänyt Ope-TETin tänä syksynä. Opettajien työelämään tutustumisjaksojen kesto on kahdesta kolmeen päivään. Tavoitteena on koota opettajia varten niin sanottu työelämäpankki, johon kuuluvista yrityksistä ja organisaatioista opettajat voivat hakea uusia ideoita omaan työhönsä. Opettaja voi nyt perinteisen jatkokoulutuksen sijaan tutustua yritykseen, tutkimuslaitokseen, järjestöön, säätiöön tai viranomaiseen, jonka toiminta liittyy hänen oppiaineensa sisältöön.

Opet mukana Teho-TETissä

Vaasassa on ideoitu ja toteutettu uusi Teho-TETiksi nimetty oppilaiden TET-jakso. Jakso koostuu kahdesta yritysvierailupäivästä, kahdesta ammattiopistopäivästä ja yhdestä jatko-opintoja valottavasta tutustumispäivästä ammattikorkeakoulussa tai ammattiopistossa.

Teho-TET on verkostotoimintaa, jossa ammattiopisto antaa tekemisen kokemuksen, yrityksissä tavataan alan ammattilaisia ja aikuiskoulutuskeskus tai ammattikorkeakoulu välittää vision alan tulevaisuudesta. Teho-TET avaa nuorelle – ja opettajalle – näköalaa alan ammatilliseen koulutukseen, työntekoon ja ammattilaisuuteen, alojen ja ammattien tarjoamiin haasteisiin sekä ammatissa pätevytyymiseen ja jatkokoulutukseen. Jakso voidaan rakentaa eri aloja koskevaksi.

Teho-TETin yhteydessä suoritettavan Ope-TETin kesto on kaksi päivää, joista toinen on yrityspäivä ja toinen ammattiopistopäivä. Teho-TET-oppilasryhmän mukana

yrittävien yrityksillä voi olla esimerkiksi kaksi opettajaa per yritys. Käytännössä yhden Teho-TET-viikon aikana siis neljä opettajaa voi suorittaa Ope-TETin.

Ope-TETissä itsenäinen ohjelma

Opettaja on Ope-TET-jaksollaan itsenäinen toimija ja voi itse valita mielenkiintonsa kohteet. Teho-TETin yhteydessä suoritettavassa Ope-TETissä opettaja osallistuu aamupäivän oppilaiden mukana yritysesittelyyn, tuotantokierrokseen, ammattilaistaapaamiseen, lounaalle ja palautekeskusteluun. Iltapäivällä, kun oppilaiden Teho-TET päättyy, Ope-TET jatkuu itsenäisenä työskentelynä. Opettaja haastatteleemuutamaa yrityksen työntekijää tai toimihenkilöä yrityksen osoittamista ammattilaisista. Haastattelut voivat olla esimerkiksi tuotanto-osastojen, logistiikan, varastoinnin, laadunvarmistuksen, tuotekehityksen, laboratorion, myynnin tai henkilöstöhallinnon osaajia.

Opettaja koostaa haastatteluistaan raportin, jossa hän kuvailee ja vetää yhteen kokemuksensa ja vierailulla saamansa annin kiitoskirjeen muodossa ja lähettää sen yrityksen yhteyshenkilölle jälkikäteen oppilaspalautteen kera. Raporttia tai kiitoskirjetä voidaan tarjota myös paikallislehteen.

Vastaavasti ammattiopisto-osuudessa opettaja on Teho-TET-oppilaiden mukana aloitusinfossa ja aloittaa sen jälkeen itsenäisen osion, osallistuu verstyöskentelyyn tai siirtyy opetushenkilöstön tai oppilaitosjohdon haastatteluihin. Myös tästä asiasta opettaja toteuttaa raportin samoin kuin yritysvierailusuudesta.

Yrityksiin ja niiden yhteyshenkilöihin tutustumisen kautta löytyvät myös muut hyvät tavat tehdä yhteistyötä. Niitä opettaja ja yrityksen yhteyshenkilö voivat ideoida yhdessä tai luokankin kanssa.

Työelämäkokemuksesta saa käytännön hyötyä

Opettaja saa yritysvierailuista omaan oppiaineeseen liittyvää viimeisintä tietoa eri alojen kehittämisestä ja eri ammateissa tarvittavista taidoista ja ominaisuuksista. Tärkeää on, että opettajan yritysajaksolle laaditaan tavoitteet ja se myös arvioidaan.

Klaukkalassa yläasteen opettaja Terttu Heikkilä suoritti yhdessä kollegansa kanssa Ope-TETin samassa yhteydessä Teho-TET-jaksoa suorittavan oppilasryhmänsä kanssa. Opettajien irrottautuminen normaalista koulutyöstä oli mahdollista, sillä Nurmijärven kunta kantoi vastuun sijaisjärjestelyistä.

"Oli hienoa nähdä pitkästä aikaa työtä ja toimintaa koulumaailman ulkopuolella ihan lähiympäristössä. Silmät avautuivat muiden tekemisestä ihan toisella tavalla kuin vaikkapa netin tai muiden tietolähteiden kautta", Heikkilä kertoo kokemuksistaan.

Opettajat olivat työelämään tutustumisjaksoonsa erittäin tyytyväisiä. Jakson järjestelyt ja yrityksissä saatu vastaanotto olivat myönteisiä ja kannustavia kokemuksia. Opettajat kokivat oman TET-kokemuksensa hyödyllisenä ja he ovat suositelleet kokemusta myös muille opettajille. Paikallislehti Nurmijärven uutiset raportoi aiheesta mittavasti, jolloin kokemuksen voivat jakaa myös muut paikalliset toimijat, kuten oppilaiden vanhemmat.

Myös yritys hyöttyy yhteistyöstä

Valkeakoskelainen hygieniapapereiden jalostamiseen erikoistunut perheyritys Hypap Oy on konkari koulu–yritysyhteistyön tekijänä. Yrityksen toimitusjohtaja Pekka Pollari on vakuuttunut, että koulujen ja oppilaitosten kanssa on tehtävä jatkuvaa ja suunnitelmallista yhteistyötä.

"Yhteistyö oppilaitosten kanssa on yritykselle ensiarvoisen tärkeää, myös pk-yritykselle. Vaikka meidän yrityksemme hyvän maineen vuoksi työhakemuksista ei ole ollut pulaa, niin vasta kesätöissä ja harjoittelujaksoilla käyvät ilmi nuoren todelliset kyvyt ja asenne työhön", sanoo Pollari.

Pollari on huomannut itse konkreettisesti nuoria ohjatessaan, että jopa ammattiopistolaiset usein ymmärtävät vasta työssä yrityksessä, mitä työtehtäviä ala tarjoaa. Sama pätee luonnollisesti kesätyöläisiin ja peruskoulun TET-jaksoa suorittaviin.

"Tulevaisuudessa työvoimapula vain pahenee, joten harjoittelun tai kesätyön kautta voidaan motivoituneita nuoria tilaisuuden tarjoutuessa työllistää vakituisesti. Molemmat hyötyvät tässä tilanteesta: yritys tietää mitä saa ja nuori tietää yrityksen työtehtävät ja olosuhteet jo ennalta", Pollari painottaa.

Kesätyön, harjoittelun ja TET-jaksojen lisäksi Hypap on tarjonnut mahdollisuuden AMK-opiskelijoille harjoitustöiden tekemiseen. Insinööriopiskelijoita on motivoinut realistinen työympäristö ja monesti harjoitustöiden tulokset ovat hyödyttäneet yritystäkin ihan konkreettisesti.

Kouluyhteistyön hyötyjä yritykselle Pollari pitää ilmiselvinä. Hänen mielestään yritys voi oppilaitosyhteistyön avulla varmistaa sopivan työvoiman saantinsa nyt ja jatkossa. Yrityksen tulevaan, osaavaan työvoimaansa satsaamisen vaihtoehtona on käytännössä kokeneen ja osaavan ammattimiehen "ostaminen" toisesta yrityksestä, mikä taas ei Pollarin mielestä ole kovinkaan järkevää..

Pollari korostaa Hypapin kokemusten nojalla opettajien roolia. Usein yhteydenotot yrityksiin tulevat juuri aktiivisten opettajien kautta.

"Sen sijaan, että vain pari asialle omistautunutta opettajaa koulussa tai oppilaitoksessa osaa ja ymmärtää rakentaa yritysyhteistyötä olisi kuitenkin luotava pysyviä malleja, jotka mahdollistavat yrityksen ja koulumaailman välisen joustavan ja pysyväluonteisen yhteistyön", Pollari toteaa.

Kokemuksia kemian Teho-TETistä

Vaasan Teho-TET-mallia on sovellettu laajaltimyös Uudellamaalla, missä oli kevään 2007 aikana tarjolla noin 20 Teho-TET-jaksoa ja syksyllä noin 30 jaksoa. Näiden lukujen valossa vuosittain siis noin 200 opettajaa voi päästä kaksipäiväiselle Ope-TET-jaksolle. Eri opettajaryhmät voivat myös suuntautua heitä kiinnostaviin asioihin. Erityisesti pienten ja keskisuurten yritysten sektorilla tämä tarjoaa hienon näköalapaikan myös yrittäjyyteen. Opettaja voi osallistua eri vuosina Ope-TET-jaksolle eri toimialoilla.



Uudellamaalla TET-jaksojen toteutusta on suunniteltu tiiviissä yhteistyössä alueen koulutuskuntayhtymien (Keuda, LUKK ja Amisto) kanssa. Lähtökohtana on ollut, että myös opettajat tutustuvat yrityksiin yhdessä oppilaidensa kanssa eli suoritavat nuorten Teho-TETin yhteydessä Ope-TETin.

Kemian alan Teho-TETeistä saatu oppilaiden ja opettajien antama palaute on ollut varsin positiivista. Jaksot ovat olleet nuorten mielestä monipuolisia ja hyödyllisiä, ja he kokevat saaneensa paljon tietoa kemian alan koulutuksesta ja opiskelusta. Oppilaitosvierailuilla Edupolissa oppilaat ovat pitäneet erityisesti laboratorioharjoituksia ja tehtyä prosessisimulaatiota mielenkiintoisena. Omien kokemusten saaminen tarjoaa nuorille tarttumapintaa alaan ja omaan alanvalintaan.

Myös Porvoon ammattiopisto Amiston kokemukset TETiläisten vierailuista ovat olleet antoisia. Amiston laboratorioalan opettaja Terttu Virtanen kehuu TET-jaksoja aktiivisiksi ja kertoo, että myös Amiston omat opiskelijat, jotka ovat ohjanneet 9. vuosiluokan oppilaita vierailulla, ovat pitäneet vastuullisesta tehtävästään.

Yritysvierailut ovat antaneet nuorten TETiläisten mielestä hyvän käsityksen alasta. Oppilaat arvostavat etenkin pääsyä yrityksiin, joihin tutustuminen ei muuten ehkä juuri onnistuisi. Myös yritysten vieraanvaraisuus ja suhtautuminen oppilaisiin on saanut paljon kiitosta. Mukana TET-toiminnassa ovat olleet lukuisat yritykset Uudellamaalla jamuunmuassa Kilpilahden alueen kemian elimuovi- ja öljyalan yritykset kaikki, yhteensä jopa 7 000 työntekijää työllistävää yritystä.

Monissa kunnissa ja kouluissa opettajien yrityksiin jalkautumisen kynnyks on yhä korkea. Onko tällöin kysymys todella sijaisongelmasta, vai mahdollisesti kenties jopa asenteista tai viitseliäisyydestä?

Uudellamaalla opettajien TET-jaksomallia Teho-TETin yhteydessä soveltaneissa kunnissa opettajien on ollut mahdollista irrottautua koulutyöstä oppilaiden TET-jakson aikana, kun sijaisuuksien hoito on ratkaistu vuorotteluperiaatteella. Ratkaisu toimii koulun kannalta joustavasti ilman lisäresursointia. Se toteutuu parhaiten siten, että opettajien TET-jaksot suunnitellaan jo vuosisuunnittelun yhteydessä.

Lähde

Taloudellinen tiedotustoimisto: <http://www.tat.fi/tat/fi/www/etusivu/> (10.10.2007)

Yhteistyö Yhtenäiskoulussa

Outi Kylliäinen

Yhtenäiskoulu ja Yhtenäiskoulun lukio, Helsingin kaupunki

Käpylässä, Helsingissä sijaitsevassa Yhtenäiskoulussa juhlimme syksyllä 2006 koulumme 50-vuotisjuhlia noin 400 oppilaan ja lähes 40 opettajan ja koulun muun aikuisen kanssa. Koulussamme oppilas voi aloittaa koulutaipaleensa 1. vuosiluokalta ja päättää sen valkolakkiin noin kahdentoista vuoden kuluttua. Yhtenäiskoulussa on pitkät perinteet alaluokkien tiedekerholle. Vuoden 2005 opetussuunnitelma uudistuksen jälkeen aineopettajat ovat voineet opettaa myös 5. ja 6. luokan oppilaille kemiaa ja fysiikkaa. Aineenopettajan kannalta mahdollisuus opettaa vuosiluokkien 1–6 oppilaista lukiolaisille, monipuolistaa työnkuva. Tavoitteet ja haasteet ovat erilaiset vuosiluokilla 1–6, 7–9 ja lukiossa. Opetuksen työtavat muuttuvat eriluonteisiksi eri-ikäisten oppilaiden kanssa. Oli oppilas sitten 11-vuotias lapsi tai 18-vuotias nuori, yhteistä kuitenkin on kiinnostuksen herättäminen ja ylläpitäminen luonnontieteisiin ja luonnon tutkimiseen. Projektityöt ja aihepiirien integroiminen muihin oppiaineisiin toteutetaan yhteistyönä luokanopettajan kanssa. Tämä vaatii aineen- ja luokanopettajalta yhteistä suunnittelua ja aikaa, mutta toisaalta luo yhteisiä toimintatapoja arkityöskentelyyn. Vuosiluokilla 1–6 kemiaa ja fysiikkaa opettava aineenopettaja tuo oppilaille ensimmäisen kosketuksen isompien oppilaiden maailmaan. Aineenopettaja tavataan kerran viikossa oppitunnilla, muuten tavataan välitunneilla ja koulun käytävillä. Hänen johdolla tulevat fysiikan ja kemian tilat sekä toimintatavat tutuiksi, joten 7. vuosiluokalla opiskelua ei tarvitse aloittaa aivan alusta. Tuttu opettaja ja vuosiluokilla 1–6 opitut toimintatavat pehmentävät porrasta siirryttäessä luokkien 1–6 oppilaisista luokkien 7–9 oppilaisiksi. Tutun aineenopettajan jatkaminen kemian ja fysiikan opettamista luokilla 7–9 ja mahdollisesti vielä lukiossakin tuo oppilaalle turvallisuutta ja jatkuvuutta opetukseen. Pitkä yhteinen aika antaa opettajalle mahdollisuuden seurata lapsen kasvua nuoreksi aikuiseksi.

Avainsanat:

Yhteistyö, vuosiluokat 1–6, vuosiluokat 7–9, lukio

Kemian ja fysiikan opetus Yhtenäiskoulussa

50-vuotias Yhtenäiskoulu sijaitsee Käpylässä, Helsingissä. Koulussamme aloittaa syksyisin luokallinen 6–7-vuotiaita 1. vuosiluokan oppilaita ja keväällä lakitetaan luokallinen uusia ylioppilaita. Osa heistä on käynyt Yhtenäiskouluamme 12 vuotta.

Opetan koulussamme lähinnä kemiaa, matematiikkaa ja hiukan fysiikkaa. Suurin osa tunneistani on lukiossa. Vuosiluokkien 7–9 koulun puolella opetan tällä hetkellä kahta seitsemännen luokan fysiikka-kemian ryhmää ja vuosiluokkien 1–6 koulun puolella kahta 6. luokan fysiikka-kemian ryhmää.

Kollegani Päivin kanssa aloitamme vuorovuosina viidennen luokan fysiikka-kemian opetuksen ja suunnitelmissa on, että opettaisimme kemiaa aloittamamme ryhmän kanssa yhdeksännelle luokalle asti. Minä opetan lisäksi lukion kemian oppimäärän omassa lukiossamme jatkaville. Kollegamme Ritva-Leena opettaa fysiikan oppimäärän seitsemänneltä tai kahdeksannelta luokalta lukioon.



Aineenopettaja opettaa alaluokilla kemiaa ja fysiikkaa

Historiaa

Jo ennen kuin aloitin urani Yhtenäiskoulussa, oli edeltäjäni pitänyt alaluokille tiedekerhoja. En halunnut katkaista perinnettä ja tiedekerhot jatkuivat koulussamme. Tiedekerhot toimivat eri vuosina erilaisilla kokoonpanoilla. Kerhossa on ollut laajempi ikähaitari, jolloin kerholaisia oli vuosiluokilta 3–6. Eräänä vuonna tiedekerho keskittyi luokkien 3–4 oppilaisiin ja toisena luokkien 5–6 oppilaisiin. Välillä kerhossa oli sekä tyttöjä että poikia, mutta yhtenä vuonna tytöt valtasivat kaikki tiedekerhopaikat. Tiedekerho oli suosittu. Pienet koululaiset tekivät mielellään luonnontieteellisiä tutkimuksia. Keskustelu tutkittavasta ilmiöstä oli vilkasta. Uusia tutkittavia ilmiöitä kehiteltiin ja pohdittiin yhdessä tiedekehotunneilla. Pienet koululaiset olivat innostuneita ja avoimia uusille tutkittaville asioille. Tällä hetkellä meillä ei ole tiedekerhoja, mutta ehkä jatkossa tarjoamme sitä uudelleen pienimmille alaluokkien oppilaille.

Kun uusia opetussuunnitelmia mietittiin, pohdimme yhdessä luokanopettajien kanssa fysiikan ja kemian opetusta ja opettamista. Aineenopettajat saivat mahdollisuuden opettaamyös alaluokkien kemian ja fysiikan oppimäärän. Luokanopettajien kanssa keskustelimme myös opetustuntien riittävydestä, kun fysiikan ja kemian tunnit tulivatmeille aineenopettajille. Tämä ei kuitenkaanmuodostunut suureksi ongelmaksi, koska luokanopettajat yleensä opettavat meillä luokkaansa ensimmäiseltä luokalta kuudennelle luokalle. Pitkä opettaja-oppilassuhde ei katkea vielä yläluokillakaan, kun luokanopettajalla on ollut mahdollisuus opettaa vanhalle luokalleen jotakin opiskeltavaa ainetta, kiinnostuksensa ja tuntitarjonnanmukaan. Meidän koulussamme luokanopettajat ovat opettaneet vuosiluokilla 7–9 esimerkiksi historiaa, maantiedettä ja uskontoa. Tämä on ollutmielekäs vaihtoehto sekä luokanopettajille että aineenopettajille. Toisaaltamyös oppilaat ovat hyötäneet siitä, että oma turvallinen luokanopettaja opettaa heille vielä yläluokillakin jonkin kurssin.

Opetus tällä hetkellä alaluokilla

Syksyllä 2005 aloitin ensimmäisten alaluokkien ryhmien kanssa opiskelemaan kemiaa ja fysiikkaa uusien opetussuunnitelmien mukaisesti. Ensimmäisenä vuonna opetin sekä viidennen että kuudennen luokan kemian ja fysiikan oppimäärät, kun kollegani oli vielä hoitovapaalla. Kuudesluokkalaisten olivat jo suureksi osaksi minulle tuttuja tiedekerhoajoilta ja minä olin tuttu heille. Syksyllä 2006 jatkoin toista vuotta nyt kuudesluokkalaisten ja seitsemäsluokkalaisten kanssa. Seitsemännen vuosiluokan oppilaat olivat heti omatoimisia ja opinnot lähtivät reippaasti käyntiin, kun moni asia oli tuttua jo edelliseltä vuodelta. Kumpaankin seitsemännen luokan opetusryhmään tuli neljä uutta oppilasta, mutta he pääsivät nopeasti muiden avustuksella opintojen alkuun, vaikkakaan he eivät olleet tottuneet juurikaan tutkimuksia tekemään entisissä kouluissaan.

Havaintojani yhteistyöstä peruskoulusta lukioon

Alaluokilta alkava kemian ja fysiikan opetus

Kun aloitamme seitsemännellä luokalla kemian ja fysiikan opiskelun, työtavat, työ-

turvallisuus, luokkatilat ja osa välineistöstäkin ovat tuttuja. Tähän ei tarvitse käyttää aikaa niin paljon kuin ennen. Tutkimusten ja havaintojen tekemiseen ja raportointiin on jo totuttu. Vaikka ne ovat olleet alaluokilla pienimuotoisempia, niitä on kuitenkin jo tehty ja tutkimusten havainnoista ja tuloksista on keskusteltu. Opetuksessa on helppo keskustella ja palauttaa mieleen edellisen vuoden opintoihin liittyviä asioita, kun tiedän mitä ja miten olemme opiskelleet.

Lukiolaisten kanssa keskustelemme usein tutkimuksista, joita olemme vuosiluokilla 7–9 tehneet. Olettaisin, että tämä keskustelu laajenee myös vuosiluokkien 1–6 kouluaikaisiin tutkimuksiin, kunhan ensimmäiset oppilaat saavuttavat lukioiän muutaman vuoden kuluttua.

Mitä iloa opettajalle on siitä, että saa opettaa vuosiluokilla 1–6 ja 7–9 ja lukiossa?

Opettaminen sekä alaluokilla, yläluokilla että lukiossa on monipuolista ja vaihtelevaa. Oppilaat ja opiskelijat ovat eri ikäisiä, taseisia ja omassa kasvussaan erilaisessa kehitysvaiheessa. Opetuksessa tulee huomioida opetettavan asian sisältö ja sen ”syvyys”. Jokaisen tunnin suunnittelussa on huomioitava sopivat työtavat, opiskelunopeus ja oppitunnin rytmitys sopivaksi kullekin ikätasolle. Tämä tuo opettajana arkeeni lisää haastetta, mutta toisaalta se lisää työni mielekkyyttä. Samanlaisia päiviä ja tunteja ei mahdu lukuvuoteen.

Haasteellisinta aineopettajalle vuosiluokkien 1–6 opetuksessa on ollut se, että osaa edetä riittävän rauhallisesti. Opetettava asia pitää pilkkoa riittävän pieniin osiin. Tehtävät ja tutkimukset on annettava mahdollisimman yksinkertaisesti ja selkeästi. Toisaalta hyvä asia on, että opiskeltavan asian kanssa voi edetä rauhallisesti ja kiire ei ole niin kova kuin lukiokursseissa. Hämmästyttävää on huomata, että nuoremmat oppilaat tutkivat avoimin mielin luontoa ja ympäristöämme ja tekevät johtopäätöksiä havainnoista. Isommat ovat välillä varovaisempia kertomaan ideoitaan ja johtopäätöksiään.

Hyvä asia on myös se, että opettajana tiedän, mitä olen oppilaille viidennellä ja kuudennella opettanut tai mitä heille on joku muu opettanut. Näen miten kemian opetus rakentuu oppilaalle kokonaisuudeksi peruskoulusta lukioon yhteensä kuuden – kahdeksan vuoden aikana. Usein lukiolaiset palaavat muistoissaan aikaisempiin kokemuksiin kemian ja fysiikan tunnilta. Tällöin saamme yhdessä muistella onnistuneita, ja joskus epäonnistuneitakin, tutkimuksiamme.

Tiedän olevani onnellisessa asemassa, koska saan tehdä opetustyötä eri-ikäisten oppilaiden kanssa kokemuksiltaan rikkaassa työympäristössä.

Mitä hankaluuksia vuosiluokkien 1–6 opetuksessa on esiintynyt?

Viime vuonna tunnit oli jaettu kolmelle jaksolle tiiviimmäksi paketiksi. Opetustuoki ot olivat silloin kahdessa jaksossa kahden oppitunnin mittaisia ja yhdessä jaksossa yhden oppitunnin mittainen. Tänä vuonna opetus on hajautettu viidelle jaksolle ja opiskelemme yhden tunnin viikossa. Tästä on se etu, että kemian ja fysiikan opetusta on koko lukuvuoden ajan, kun taas edellisenä vuonna kemia ja fysiikan opetusta ei ollut kahdessa jaksossa. Yhden tunnin aikana tutkimusten tekeminen ja toisaalta tulosten käsittely aiheuttaa välillä kiireen tuntua, joten opetuskeskustelu saat-

taa jäädä seuraavaan viikkoon. Projektien, retkien tai vierailujen järjestäminen onnistuu, mutta vaatii aina poikkeusjärjestelyjä, koska näihin yksi tunti on liian vähän. Yhteistyö ja neuvottelu luokanopettajien kanssa poikkeusjärjestelyistä sujuu hyvin. Haasteellisempaa on saada aikataulu sellaiseksi, ettei oppilaiden tarvitse kiiruhtaa seuraavan aineenopettajan tunnille. Myös omat opetustuntini aiheuttavat hankaluuksia retkiaikojen löytymiselle.

Opetuksessa haastetta luokilla 1–6 lisäämyös se, että osaa tehdä asioista riittävän yksinkertaisia ja ymmärrettäviä, mutta silti niin haastavia, että ne houkuttelevat tutkimaan ja kokeilemaan. Osa oppilaista on luonnostaan kiinnostuneita ympärillämme olevista asioista ja ilmiöistä ja osaa oppilaista pitää houkutella enemmänmuksaan.

Oppilaantuntemus aineenopettajalla on vähäisempi kuin luokanopettajalla, joka tuntee oppilaansa jo useamman vuoden ajalta. Tämä näkyy joidenkin oppilaiden käytöksessä. Omaan opettajaan luotetaan ja työtavat ovat oman opettajan kanssa tuttuja ja turvallisia. Suurin osa oppilaista sopeutuu hyvin aineenopettajan opetukseen. Haastateltuani oppilaita, muutama ilmoitti, että oppiminen olisi ollut helpompaa oman opettajan ohjauksessa.

Luokanopettajien kanssa keskusteltua

Koulumme yhteiset toimintatavat tulevat oppilaille ja opettajillekin tutuiksi. Koska keskustelemme paljon opetuksesta ja opetusryhmästä, yhteistyö on lisääntynyt aikaisempaan verrattuna.

Vuosiluokkien 5–6 oppilaat ovat kehitysvaiheessa, jossa itsenäistyminen lisääntyy. Koulussa itsenäisyyttä voidaan lisätä turvallisessa ympäristössä aineenopettajan kanssa. Näin oppilaat voivat tutustua jo alaluokilla muutamiin aineenopettajiin. Seitsemännellä luokalla, kun lähes jokaisessa aineessa on eri opettaja, ei tilanne olekaan enää täysin outo ja uusi. Samoin koulurakennus ja tilatkin ovat tulleet jo alaluokilla tutummiksi. Kemian ja fysiikan luokkamme sijaitsee niin sanotussa lukio-siivessä, vaikkakin samoissa luokissa pidetään joitakin yläluokkien tunteja. Tämä madaltaa vuosiluokkien 1–6 ja 7–9 koulun rajaa. Koska tilat ja tavat ovat tuttuja, ei vuosiluokkien 7–9 kouluun siirtyminen ole niin jännittävää ja pelottavaa. Lapsille uusi opettaja voi tuoda uutta innostusta asiaan ja tunnit aineluokassa luo opiskeltavaan aineeseen tiettyä hohtoa. Toisaalta aineenopettajalla oppilaantuntemus ei ole niin hyvä kuin luokanopettajalla ja tämä voi vaikuttaa myös työrauhaan tunnilla.

Oppilaiden ajatuksia

Useamman oppilaan vastauksista näkyi luottamus aineenopettajaan aineensa asiantuntijana. Jotkut oppilaat kaipaivat tuttua ja turvallista, omaa opettajaa.

Seuraavassa on joitakin lainauksia oppilaiden vastauksista kemian ja fysiikan opiskeluun liittyen luokilla 1–6.

- Tutkimuksia ja kokeita on tehty paljon. Oman open kanssa olisimme käyneet läpi teoriaa ja tehneet tehtäviä.
- Aineenopettajan kanssa olemme tehneet enemmän tutkimuksia kuin olisimme tehneet oman open kanssa ja teoria on ollut monipuolisempaa.

- Aineenopettaja saattaa painottaa eri asioita kuin luokanope.
- On kivempaa tutkia kokeellisesti kuin vain kuunnella.
- Aineenopettaja tuntuu virallisemmalta ja tieteellisemmältä ja luokan open kanssa kemia ja fysiikka olisi enemmän samanlaista kuin mantsa ja bilsa.
- Kirjassa on paljon asioita, joita olemme jo vuosia aiemmin opiskelleet.
- Kokeet ovat kivoja, niitä on kiva sitten tehdä vielä kotonakin.



Kemiallinen sidos perusopetuksen ja lukion oppimateriaaleissa

Aila Stolt
Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin Yliopisto

Kemiallisen sidoksen oppimista on tutkittu laajasti. Yleensä on keskitytty siihen, miten kemiallinen sidos ymmärretään. Vähän on olemassa aikaisempaa tutkimustaan opettamisesta tai oppikirjoista. Tässä tutkimuksessa esitellään tutkimushankkeen osatutkimus, jossa on tutkittu, millaista informaatiota oppikirja antaa kemiallisesta sidoksesta ja missä järjestyksessä kemiallinen sidos kirjoissa käsitellään. Tutkimuksessa on tutkittu nykyisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaan laadittuja perusopetuksen ja lukion oppikirjoja. Peruskoulun oppikirjojen välillä tutkimuksessa ei havaittu eroa opittavan asian esittämisessä eikä esittämisjärjestyksessä. Sidokset esiteltiin järjestyksessä ionisidos, kovalenttinen sidos ja metallisidos eikä muita sidostyyppisiä opetettu kuin lisäasiana. Lukion kirjoissa eroa oli paljon. Sidostyyppit opetettiin joko ensimmäisessä tai toisessa kurssissa. Sidosten esittämisjärjestys ja laajuus vaihteli suuresti.

Avainsanat:

Kemiallinen sidos, opetus, kemia, oppikirjat

Johdanto

Oppiminen on aktiivinen prosessi, joka tapahtuu oppijan mielessä sen informaation pohjalta, mitä hän saa ympäristöstään opettajilta, oppikirjoista ja toisilta oppijoilta (esim. Taber 2001). Oppikirjalla on suuri vaikutus opiskelijoiden kemian käsityksiin ja oppikirjojen tutkimusta pidetään äärimmäisen tärkeänä tutkimusalueena (esim. Justi & Gilbert 2002). Oppikirjat ovat "tietokirjallisuutta", jossa tekstin tulee olla parhaaseen tieteelliseen tutkimukseen perustuvaa ja esitetyn tiedon perusteltua sekä totuudenmukaista (Ahtineva 2005). Tavoitteena on ympäristöstä hankitun arkitiedon laajentaminen ja korvaaminen tieteellisellä tiedolla. Oppikirjan tehtävä on kuvata tieteenalan todellisuutta niin, että lukijat ymmärtävät painetun viestin oikein. Oppikirja voidaan nähdä opetuksen keskeisenä välineenä, joka jäsentää annetun opetuksen sekä määrää didaktiset peruslinjat (Eloranta 1995). Mitä enemmän oppijalla on uuteen käsitteeseen liittyviä havaintoja ja kokemuksia, sitä paremmin hän ymmärtää uuden käsitteen. Tekstin, kuvien ja mallien avulla näitä havaintoja voidaan tuoda oppijalle ja siten helpottaa uuden käsitteen ymmärtämistä. Oppikirja on usein opettajalle tärkein väline kemian opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Suomessa valtakunnalliset perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet määrittävät sen, mitä asioita kemiassa on vähintään opetettava ja ohjaavat oppikirjojen toteutusta. Kemiallinen sidos mainitaan perusteiden tavoitteissa, keskeisissä sisälöissä ja hyvän osaamisen kriteereissä:



Tavoitteet:

- Oppilas oppii aineen rakennetta ja kemiallisia sidoksia kuvaavia käsitteitä ja malleja

Keskeiset sisällöt:

- Alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien ja rakenteiden selittäminen atomimallin tai jaksollisen järjestelmän avulla

Hyvän osaamisen kriteerit:

- Oppilas osaa kuvata atomia, kemiallisia sidoksia ja yhdisteitä asianmukaisia malleja käyttäen

(Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004).

Opetussuunnitelman perusteissa ei kuitenkaan tarkemmin määritellä, kuinka tarkasti ja missä järjestyksessä kemiallinen sidos on opetettava, vaan sen voi kukin kunta päättää kuntakohtaisissa opetussuunnitelman perusteissa tai opettajat koulu-kohtaisissa opetussuunnitelman perusteissa.

Lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa kemialliset sidokset ovat esillä kahdessa kurssissa:

- KE1: orgaanisissa yhdisteissä esiintyvät sidokset sekä poolisuus
 - KE2: kemiallinen sidos, sidosenergia ja aineen ominaisuudet, atomiorbitaalien hybridisoituminen ja orgaanisten yhdisteiden sidos- ja avaruusrakenne
- (Lukion Opetussuunnitelman perusteet 2003).

Opettamisjärjestyksen voi kukin opettaja itse päättää. Perusteissa oleva ilmaisu orgaanisissa yhdisteissä esiintyvät sidokset antaa mahdollisuuden useisiin eri tulkitoihin.

Kemiallinen sidos tutkimuksen näkökulmasta

Kemiallisen sidoksen oppimista on tutkittu laajalti, mutta yleensä on keskitytty vain siihen, miten kemiallinen sidos ymmärretään. Tutkimuksissa (de Jong ym. 2003; Hurst 2002) on todettu, että väärinkäsityksiä aiheuttaa mm. asian selventämiseen käytettyjen erilaisten tieteellisten mallien määrä ja monimutkaisuus sekä se, että ei painoteta riittävästi, että mallit vain havainnollistavat eivätkä edusta suoranaista todellisuutta.

Tutkimustietoa oppilaiden vaihtoehtoista käsityksistä tai väärinkäsityksistä on raportoitu paljon. Oppilailla on monenlaisia käsityksiä esimerkiksi seuraavista asioista:

- (i) sidosten merkityksestä: esimerkiksi miksi sidoksia esiintyy
- (ii) eri sidostyypeistä: esimerkiksi oppilaat olettavat sidoksia esiintyvän vain molekyyleissä, eivätkä ymmärrä ioni- tai metallisidoksia tai oppilaat liittävät käsitteen sidos vain kaikkeen, mitkä sopivatmääritelmiin elektronien jakamisesta tai elektronien vaihdosta. (Boo 1998)

Oppilaat eivät aina ymmärrä sidostyyppien välimuotoja, esimerkiksi. polaarista sidosta. Yleistä on myös, että oppilaiden käsitys sidoksista perustuu oktetisääntöön (de Jong ym. 2003; Robinson 1998; Coll & Taylor 2002). Oppilaat voivat myös ajatella, että sidos on pieniä "langanpätkiä", atomien välisiä kumilankoja, liimaa tai ra-

kennelma, jotka syntyäkseen vaativat lisättyä energiaa. Näiden käsitysten oletetaan syntyvän, jos sähköistä vuorovaikutusta ei painoteta tarpeeksi. (de Jong ym. 2003)

Oppilaiden voi olla vaikea erottaa mikroskooppista ja makroskooppista tasoa toisistaan. Siitä aiheutuvia väärinkäsityksiä ovat muun muassa seuraavat: metalliatomi on kova, nesteatomi pehmeä tai kupari on helposti muokattavaa ja kupariatomit ovat helposti muokattavia. (Coll 2003). Usein oppilailla on vaikeuksia käsitellä jaetun elektroniparin käsitettä. Oppilaat ajattelevat usein, että yhteinen elektronipari, joka sallii atomien saada oktetin, on kemiallinen sidos. Valenssi käsitetään oktetin tarvittavien sidosten määränä. Sidos, joka ei johda oktettiin on oppilaille täysin epäselvä (de Jong ym. 2003).

Oppilaat eivät ymmärrä aineen rakenteen monimuotoisuutta (Boo 1998). Eri sidostyyppisiä on vaikea erottaa toisistaan ja nimitykset eivät ole tuttuja: Ionisidos ei esiinny molekyyliä. Metallit eivät ole molekyyliä rakenteisia. Kiderakenteen ymmärtäminen on vielä vaikeampaa. Molekyylit pysyvät yhdessä kiteenä molekyylien välisten voimien ansiosta. Usein oppilaat ajattelevat, että sokerikide on yksi molekyyli tai kovalenttinen sidos katkeaa olomuodon muutoksessa tai kovalenttinen sidos on heikko, koska molekyyliyhdisteillä on alhaiset sulamis- ja kiehumispisteet. Molekyylien sisäisten ja molekyylien välisten sidosten ero ei ole selvää. Oppilaiden on vaikea ymmärtää niitä, koska niitä ei voida selittää oktetin avulla. Usein myös vetysidosta pidetään vedyn kovalenttisena sidoksena eikä ”oikeana” sidostyyppinä.

Sidokset tulisi opettaa oikeassa järjestyksessä, jotta väärinymmärtämisiltä välttyttäisiin (esim. Taber 2001) Tutkimustuloksia siitä, kuinka kemiallinen sidos opetetaan, ei ole. Myöskään julkaistuja oppikirja-analyysijä aiheesta ei löydy.

Tutkimuksen toteutus

Tutkimusongelmat

Koska useimmat kemian opettajat opettavat kemiaa oppikirjasidonnaisesti, kemian oppikirjojen oppikirja-analyysillä saadaan tärkeää tietoa, miten kemiallinen sidos opetetaan vuosiluokilla 7–9 ja lukiossa sekä miten uusin tutkimustieto huomioidaan opetuksessa. Tutkimusta on ohjannut seuraavat tutkimusongelmat:

- 1) Miten kemiallinen sidos opetetaan vuosiluokkien 7–9 koulussa ja lukiossa?
 - 1.1 Mitä kemiallisen sidoksen sidostyyppisiä käsitellään?
 - 1.2 Missä järjestyksessä kemialliset sidokset opetetaan?
 - 1.3 Miten laajasti kemiallista sidosta käsitellään?
- 2) Miten tutkimustieto kemiallisista sidoksista huomioidaan kemian opetuksessa?

Tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutettiin teoriaohjaavana sisällönanalyysinä (Tuomi & Sarajärvi 2002). Oppikirjatekstit käytiin läpi huolellisesti lause lauseelta. Analysointi tehtiin seuraavassa järjestyksessä:

- (i) kemiallisen sidoksen eri (sidos)tyypit
- (ii) sidosten opettamisjärjestys
- (iii) selityksen laajuus ja mallien käyttö.

Tässä tutkimuksessa ei ole analysoitu, onko teksti luonteeltaan kuvailevaa, kertovaa vai erittelevää tekstiä.

Kemiallisen sidoksen opettamisjärjestys

Analysointikriteeriksi valittiin sidosten eri tyyppien opettamisjärjestys, koska aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että sidokset olisi hyvä opettaa tietyssä järjestyksessä (Taber 2001). Tässä tutkimuksessa sidos katsotaan opetetuksi, kun se on selitetty. Pelkkämaininta sidoksesta ei riitä. Opettamisjärjestys on katsottu senmukaan, milloin sidos on ensimmäisen kerran kirjasarjassa selitetty.

Selityksen laajuus ja mallien käyttö

Selityksen laajuutta tutkittaessa kiinnitettiin huomiota siihen, missä kirjasarjan osassa ja kuinka laajasti asiaa on selitetty. Selityksen laajuuden mittariksi valittiin se, kuinka monella lauseella asiaa selitetään. Koska sidosten opettamisessa on kyse abstraktin asian selventämisestä, onmallien käyttö yksi oleellinen osa selitystä. Mallien käyttöä tutkittaessa kiinnitetään huomiota siihen, kuinka montaa erilaista mallia kirjasarja käyttää sekä siihen, millaisia kuvauksia käytetään.

Tutkimuskohde

Tutkimuskohteiksi valittiin kaikki uusien opetussuunnitelmien perusteiden mukaiset perusopetuksen ja lukion oppikirjasarjat. Kirjoja on käsitelty tulokset osuudessa anonymieinä (sarja 1, 2 ...). Tutkimustiedon kannalta ei ole olennaista kirjan nimi eikä tekijät, sillä jokainen kirja on aina oppikirjan tekijöiden ja kustantajan kompromissi.

Tutkimuksen tulokset

Tutkimustulokset esitetään tutkimusongelmittain.

Kemiallisen sidoksen opettaminen perusopetuksen luokilla 7–9 ja lukiossa

Kemiallinen sidos vuosiluokkien 7–9 koulun kemian opetuksessa: Kemiallisista sidoksista käsitellään kemian luokilla 7–9 ionisidos, kovalenttinen sidos ja metallisidos (ks. taulukko 1). Kovalenttisen sidoksen poolisuus ja molekyylivälisten sidosten käsitellään tai ei käsitellä (nk. lisäainesta kirjassa).

TAULUKKO 1. Kemiallinen sidos perusasteen oppikirjoissa

Sidos	Sarja 1	Sarja 2
Ionisidos	X	X
Kovalenttinen sidos	X	X
Poolisuus	(X)	–
Metallisidos	X	X
Molekyylivälisten sidokset	–	(X)

Huom! X käsitellään kirjassa ja (X) lisäaineksena

Kemiallisen sidoksen eri sidostyyppit opetetaan samassa järjestyksessä (ks. kuvio 1). Ensin opetetaan ionisidos, sen jälkeen kovalenttinen sidos ja lopuksi metallisidos. Molekyylivälisten sidokset ovat esillä toisessa kirjasarjassa.



Sarja 1

Ionisidos → kovalenttinen sidos → poolisuus → metallisidos

Sarja 2

Ionisidos → kovalenttinen sidos → metallisidos → molekyylien väliset sidokset

KUVIO 1. Kemiallisen sidoksen käsittelyjärjestys perusasteen oppikirjoissa

Kemiallisen sidoksen opetus lukiossa:

Kemiallisen sidoksen eri sidostyypit käsitellään lukiossa vaihtelevasti (ks. taulukko 2). Kaikissa kirjasarjoissa samaa sidosta käsiteltiin useassa kurssissa. Jos sidos oli esitetty ensimmäisellä kerralla vain lyhyesti, tietoa syvennettiin ja tarkennettiin seuraavassa kurssissa. Jos sidos oli esitetty jo ensimmäisellä kerralla laajasti, tyydyttiin seuraavissa kursseissa vain palauttamaan asia mieleen lyhyellä kertauksella.

Sarjassa 1 sidokset esitetään 1. kurssissa metallisidosta ja dispersiovoimia lukuun ottamatta. Dipoli-dipoli- ja ioni-dipolisidokset käsitellään vain lyhyesti. Kaikki sidokset käsitellään kurssissa 2, tosin ionisidos, kovalenttinen sidos ja sidoksen poolisuus vain lähinnä kertauksena. Kolmannessa kurssissa käsitellään uudestaan ionisidos ja molekyylien väliset sidokset ja neljännessä kurssissa kerrataan metallisidos ja dispersiovoimat. Sarjoissa 2 ja 3 ensimmäisessä kurssissa käsitellään muut sidokset paitsi ioni- ja metallisidos. Toisessa kurssissa käsitellään kaikki sidokset ja neljännessä kurssissa kerrataan sarjassa 2 vetysidos ja sarjassa 3 metallisidos. Sarjan 4 ensimmäisessä kurssissa käsitellään kaikki sidokset metallisidosta lukuunottamatta ja toisessa kurssissa käsitellään uudelleen vahvat sidokset eli ioni-, metalli- ja kovalenttinen sidos. Neljännessä kurssissa kerrataan vielä vahvat sidokset. Sarjassa 5 ensimmäisessä kurssissa käsitellään lyhyesti kovalenttinen sidos ja poolisuus. Varsinaisesti kaikki sidokset opetetaan toisessa kurssissa. Kolmannessa kurssissa on selitys koordinaatiosidoksesta, joka sarjoista 2, 3 ja 4 puuttuu kokonaan. Neljännessä kurssissa vielä kerrataan metalli- ja vetysidokset.

Lukion oppikirjoissa oli vaihtelua sidosten opetusjärjestyksen suhteen (ks. kuvio 4). Sarjoissa 1 ja 4 käsitteleminen aloitetaan ionisidoksesta ja seuraavaksi käsitellään kovalenttinen sidos ja siitä jatketaan poolisuuden kautta molekyylien välisiin sidoksiin. Näissä kirjasarjoissa edetään loogisesti atomien välisistä sidoksista molekyylien välisiin sidoksiin. Sarjoissa 2 ja 3 sidosten käsittely aloitetaan kovalenttisesti sidoksesta. Tämän jälkeen käsitellään poolisuus ja sitten siirrytään molekyylien välisiin sidoksiin. Molekyylien väliset sidokset käsitellään sarjoissa eri järjestyksessä. Sarjassa 2 edetään heikoimmastamolekyylien välisestä sidoksesta kohti vahvempia, kun taas sarjassa 3 edetään poolisimmasta sidoksesta kohti poolitonta sidosta. Molemmilla sarjoilla ionisidos esitetään molekyylien välisten sidosten jälkeen. Sarjoissa 1, 2, 3 ja 4 metallisidos esitetään vasta toisessa kurssissa samalla kun muut sidostyypit esitetään jo toistamiseen. Sarjassa 5 esitetään kaikki sidokset varsinaisesti vasta toisessa kurssissa. Ensin esitetään kovalenttinen sidos ja sen yhteydessä poolisuus. Sitten käsitellään ionisidos ja seuraavaksi metallisidos. Näiden sidosten jälkeen esitetään molekyylien väliset sidokset järjestyksessä dipoli-dipolisidos, vetysidos, dispersiovoimat ja ioni-dipolisidos.

Sarja 1

ionisidos → kovalenttinen sidos → poolisuus → dipoli-dipolisidos → vetysidos →
ioni-dipolisidos → dispersiovoimat → metallisidos → σ -sidos → π -sidos

Sarja 2

Kovalenttinen sidos → poolisuus → dispersiovoimat → dipoli-dipolisidos → vetysidos
→ metallisidos → ionisidos → σ -sidos → π -sidos

Sarja 3

Kovalenttinen sidos → poolisuus → dipoli-dipolisidos → vetysidos → dispersiovoimat
→ ionisidos → metallisidos → σ -sidos → π -sidos

Sarja 4

ionisidos → kovalenttinen sidos → poolisuus → dipoli-dipolisidos → vetysidos →
dispersiovoimat → σ -sidos → π -sidos → metallisidos → ioni-dipolisidos

Sarja 5

Kovalenttinen sidos → poolisuus → ionisidos → metallisidos → dipoli-dipolisidos →
vetysidos → dispersiovoimat → ioni-dipolisidos v koordinaatiosidos → σ -sidos →
 π -sidos

KUVIO 4. Sidosten käsittelyjärjestys lukion oppikirjasarjoissa

TAULUKKO 2. Kemiaallinen sidos eri kirjasarjoissa

Sidos	SARJA 1 ¹⁵				SARJA 2 ¹⁶				SARJA 3 ¹⁷				SARJA 4 ¹⁸				SARJA 5 ¹⁹			
	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4
ionisidos	X	(X)	X			X				X			X	X		(X)		X		
metallisidos		X		(X)		X				X		X		X		(X)		X		(X)
kovalenttinen sidos	X	(X)			X	X			X	X			X	X		(X)	X	X		
poolinen sidos	X	(X)			X	X			X	X			X	(X)			X	X		
pooliton sidos	X	(X)			X	X			X	X			X	(X)			X	X		
dispersiovoimat		X	X	(X)	X	X			X	(X)			X					X		
dipoli-dipolisidos	X	X	X		X	X			X	(X)			X				X			
vetysidos	X	X	X		X	X		(X)	X				X				X			(X)
ioni-dipolisidos	X	X												X			X			
koordinaatiosidos			X														X	X		
s -sidos		X				X				X				X			X			
p -sidos		X				X				X				X			X			

X Asia on selitetty vain lyhyesti

() asia esitetty kertauksena tai siitä on lyhyt maininta jonkin muun asian yhteydessä

Kemiaallisen sidoksen käsittelyn laajuus vuosiluokilla 7–9:

Kemiaallisen sidoksen käsittelyn laajuus vaihtelee perusopetuksen luokilla 7–9 (ks. taulukko 3). Molemmassa peruskoulun oppikirjoissa sidosten opettaminen aloitetaan ionisidoksesta. Kirjasarjassa 1 asiaa selitetään noin 15 lauseen verran. Asiaa havainnollistetaan Bohrin atomimallilla sekä pallomallilla. Lisäksi asia sidotaan näkyvän maailman ilmiöihin kahden valokuvan avulla. Kirjasarjassa 2 asiaa selitetään 10 lauseen avulla. Havainnollistamiseen on käytetty Bohrin atomimalleja, mutta ne kuvaavat lähinnä ionien syntymistä.

Kovalenttisen sidoksen opettamiseen on kirjasarjassa 1 käytetty 15 lausetta. Asiaa havainnollistetaan Bohrin atomimallien avulla. Lisäksi on yksi valokuva. Tämän jälkeen Extra-osiossa käsitellään erikseen vety-, typpi- ja happimolekyylien raken-



netta ja vesimolekyylin poolisuutta. Kirjasarjassa 2 asian esittämiseen on käytetty 20 lausetta ja 4 Bohrin atomiallin mukaista molekyylikuva. Valokuvia ei ole. Tiesitkö, että – osiossa selitetään lisäksi molekyyliden välisiä sidoksia, lähinnä dipoli – dipolisidosta, 12 lauseella ja yhdellä valokuvalla.

Metallisidos selitetään kirjasarjassa 1 kahdeksalla lauseella, lisäksi selitetään metallien ominaisuudet 29 lauseen avulla. Metallisidoksen olemusta havainnollistetaan ionimallin avulla ja niihin on liitetty kaksi valokuvaa. Kirjasarjassa 2 metallisidos selitetään vain viiden lauseen avulla tiesitkö, että – osiossa.

TAULUKKO 3. Selityksen laajuus ja mallien käyttö perusopetuksen kirjoissa laskettuna lauseina

	Selittämiseen käytetty lauseita		Havainnollistamiseen käytetty eri malleja	
Sidostyyppi	Sarja 1 ¹⁴	Sarja 2 ¹³	Sarja 1 ¹⁴	Sarja 2 ¹³
Ionisidos	15	10	2	1
Kovalenttinen sidos	15	20	1	1
Metallisidos	8	5	1	0

Kemiallisen sidoksen käsittelyn laajuus lukiossa:

Lukion oppikirjasarjoissa sidoksia opetetaan monessa eri yhteydessä ja paljon tarkemmin kuin perusopetuksessa (ks. taulukko 4). Tarkastelu on rajattu siten, kuinka laajasti asia esitetään silloin, kun se käsitellään kirjasarjassa ensimmäisen kerran. □- ja π-sidoksien opettamiseen käytettyjä lauseita ei ole laskettu. Taulukossa 4 on esitetty rasteilla myös se, miten usein asiaa eri kirjoissa käsitellään.

Sarjassa 1 sidosten opettaminen aloitetaan 1. kurssissa ionisidoksesta, jota selitetään 8 lauseen verran. Havainnollistamiseen on käytetty pallomalleja yhden kuvan verran. Seuraavaksi selitetään heti perään kovalenttinen sidos 26 lauseen avulla ja havainnollistamiseen käytetään pallomalleja, joissa uloimman kuoren elektronit on merkitty pistein, sekä Lewisin kaavoja. Lisäksi asiaa liitetään näkyviin ilmiöihin yhden kuvan avulla. Seuraavaksi käsitellään molekyyliden poolisuus 21 lauseen avulla. Lisäksi asiaa havainnollistetaan yhdellä kuvalla ja kolmella pallomallilla. Edelleen samassa kirjassa esitetään dipoli-dipolisidos 2 lauseella ja samassa kappaleessa esitetään vetysidos 4 lauseella. Vetysidosta havainnollistavia kuvia on kaksi: toinen rakennekaava ja toinen pallotikkumalli. Sarjan ensimmäisessä kurssissa esitetään vielä ioni-dipolisidos 5 lauseella ja yhdellä kuvalla. 2. kurssissa käsitellään ensimmäistä kertaa dispersiovoimat, metallisidos ja σ- ja π-sidokset. Dispersiovoimat käsitellään 17 lauseen ja yhden varausjakaumakuvan avulla, metallisidos 8 lauseen, yhden valokuvan ja kolmen pallomallin avulla.

Sarjassa 2 aloitetaan 1. kurssissa sidosten käsittely kovalenttisesta sidoksesta 11 lauseella ja sen jälkeen selitetään käsite poolinen 2 lauseella ja pooliton 1 lauseella. Havainnollistamiseen käytetään Pallomalleja, joihin on merkitty uloimman kuoren elektronit pistein, sekä Lewisin kaavoja. Tämän jälkeen päädytään käsitteisiin dipoli, osittaisvaraukset ja elektronitihentymä. Näiden käsitteiden avulla selitetään ensin dispersiovoimat 6 lauseella, yhdellä valokuvalla ja yhdellä varausjakaumamallilla, sitten dipoli-dipolisidokset 6 lauseella ja yhdellä varausjakaumamallilla ja lopuksi ve-



tysidos 5 lauseella ja neljällä rakennekaavalla. Kurssissa 2 käsitellään uusina sidoksina metallisidos ja ionisidos. Metallisidos käsitellään 5 lauseen, 5 valokuvan ja 2 hila-mallikuvan avulla. Ionisidos selitetään 6 lauseen, kahden valokuvan, kahden hila-mallin ja yhden reaktioyhtälön, jossa on käytetty Lewisin kaavoja, avulla.

Sarjassa 3 käsitellään ensin kovalenttista sidosta 35 lauseen verran. Asiaa havainnollistetaan paljon Lewisin kaavojen ja pallomallien, joissa ulkoelektronit on merkitty pistein, avulla. Seuraavaksi käsitellään poolisuutta 23 lauseen verran. Asiaa havainnollistamaan on käytetty yhtä valokuvaa, 4 varausjakaumakuva, 2 pallotikkumallia ja 2 rakennekaavaa. Myöhemmin samassa kurssissa käsitellään vielä molekyylien välisiä sidoksia. Ensimmäisen selitetään dipoli-dipolisidos 6 lauseen ja yhden varausjakaumamallin avulla, sitten vetysidos 4 lauseen ja pallomallikuvan avulla ja kolmantena dispersiovoimat 7 lauseen avulla. Yhteenvetona kerrotaan miten sidostyyppi vaikuttaa aineen kiehumis- ja sulamispisteisiin. Toisessa kurssissa uusina sidoksina opetetaan ionisidos ja metallisidos. Ionisidos on käsitelty 8 lauseen ja yhden atomimallikuvan avulla. Metallisidos selitetään 6 lauseen, yhden valokuvan ja yhden kide-mallin avulla.

Sarjassa 4 sidoksen opettaminen aloitetaan jaottelemalla sidoksia vahvoihin ja heikkoihin sidoksiin. Vahvoista sidoksista käsitellään ensin ionisidos 21 lauseen avulla, joista tosin suurin osa käsittelee ionin syntymistä. Lisäksi on kolme valokuvaa. Havainnollistamiseen on käytetty reaktioyhtälöitä ja Lewisin kaavoja. Seuraavaksi käsitellään kovalenttinen sidos 18 lauseen avulla. Valokuvia on kaksi. Asiaa on havainnollistettu Lewisin kaavojen ja yhden pallotikkumallin avulla. Erityisesti on keskitytty hiilen kovalenttisiin sidoksiin ja jaoteltu ne poolisiin ja poolittomiin sidoksiin. Tähän on käytetty 28 lausetta ja kaksi valokuvaa sekä kolme taulukkoa. Heikkoista sidoksista ensin selitetään dipoli-dipolisidos ja vetysidos yhteensä 14 lauseen avulla ja sitten dispersiovoimat 5 lauseen avulla. Yhteenveto sidoksista on esitetty taulukkona. Asioiden havainnollistamiseen on käytetty rakennekaavoja ja atomimallia, jossa näkyvissä elektronit. 2. kurssissa uutena sidoksena käsitellään vainmetallisidos 10 lauseen, yhden valokuvan ja neljän hilakuvan avulla.

Sarjassa 5 ensimmäisessä kurssissamainitaan kovalenttinen sidos kahdella lauseella. Kovalenttisen sidoksen poolisuus on selitetty 12 lauseella. Havainnollistamiseen on käytetty kolme pallomallikuvaa ja yhtä atomimallikuvaa. Toisessa kurssissa ensimmäisenä selitetään ionisidos kolmella lauseella ja yhdellä atomimallikuval-la. Seuraavana uutena sidoksena käsitellään metallisidos 8 lauseella ja yhdellä hila-kuvalla. Seuraavana käsitellään molekyylien väliset sidokset: dipoli-dipolisidos 5 lauseella ja yhdellä varausjakaumakuvalla, vetysidos 5 lauseella, yhdellä pallotikkumallilla ja yhdellä kuvalla ja dispersiovoimat 5 lauseella. Lisäksi molekyylien välisistä sidoksista on taulukko.

TAULUKKO 4. Kemiallisen sidosta koskevan selityksen laajuus ja mallien käyttö lukion oppikirjoissa selitettäessä sidosta ensimmäisen kerran

	Selittämiseen Sarja 1 ¹⁵	käytetty Sarja 2 ¹⁶	lauseita Sarja 3 ¹⁷	ensimmäisellä Sarja 4 ¹⁸	kerralla Sarja 5 ¹⁹	Havainnollis- Sarja 1 ¹⁵	tamiseen Sarja 2 ¹⁶	käytetty Sarja 3 ¹⁷	eri Sarja 4 ¹⁸	malleja Sarja 5 ¹⁹
ionisidos	8	6	8	21	3	1	2	1	2	1
kovalenttinen sidos	26	11	35	18	2	2	2*	2	2	0
poolisuus	21	3	23	28	12	1	2*	3	0	2
dipoli-dipoli- sidos	2	6	6	14**	5	0	1	1	2	1
vetysidos	4	5	4	14**	5	2	1	1	2	1
ioni-dipoli- sidos	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dispersio- voimat	17	6	7	5	5	1	1	0	2	0
metallisidos	8	5	6	10	8	1	1	1	1	1

* Kovalenttinen sidos ja poolisuus on käsitelty samassa kappaleessa ja mallit havainnollistavat molempia.

** Vetysidos ja dipoli-dipolisidos selitetään yhdessä.

Tutkimustiedon käyttö opetuksessa

Asian selvittämiseen käytettyjen mallien määrän ja monimutkaisuuden on todettu aiheuttavan väärinkäsityksiä. Peruskoulun kirjoissa oli lähinnä pitäydytty Bohrin atomimallin käyttöön. Lukiossa mallien kirjo oli laajempi ja eri sidoksia oli havainnollistettu erilaisilla malleilla. Esim. Sarjassa 2 kovalenttisen sidoksen havainnollistamiseen käytetään pallomalleja ja Lewisin kaavoja, molekyylien välisten sidosten havainnollistamiseen varausjakaumakuvia ja ioni- ja metallisidoksen havainnollistamiseen hilakuvia. Saman asian havainnollistamiseen ei kuitenkaan ole käytetty yleensä useampaa erilaista mallia.

Taberin (2001) mukaan sidokset tulisi opettaa oikeassa järjestyksessä, jotta väärinymmärtämisiltä vältyttäisiin. Hänen tutkimuksensa mukaan oikea järjestys olisi: metallisidos – ionisidos – yksinkertainen kovalenttinen sidos (esim. timantin tai piin sidokset) – varsinaiset molekyylit – molekyylien väliset sidokset. Yksikään oppikirjoista ei noudattanut aivan tätä järjestystä. Perusopetuksen oppikirjat etenevät muuten Taberin esittämässä järjestyksessä, muttametallisidos käsitellään viimeisenä metallien yhteydessä eikä muiden sidosten kanssa. Lukion oppikirjoissa sidosten käsittelyjärjestys vaihteli suuresti. Kolmessa kirjassa käsittely aloitettiin kovalenttisesti sidoksesta ja poolisuudesta ja kahdessa ionisidoksesta.

Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimus tuo uutta tietoa suomalaisesta kemian opetuksesta kemiallisten sidosten osalta oppikirja-analyysin perusteella. Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että perusopetuksen luokilla 7–9 kemiallinen sidos käsitellään samalla tavalla, sillä oppikirjoissa asiat ovat hyvin pitkälti käsitelty samalla tavalla. Perusopetuksessa opetaan samat asiat samassa järjestyksessä jameko samassa laajuudessa. Eroa on vain



asioiden painotuksissa. Lukiossa kemiallisen sidoksen opetus vaihtelee. Asiat esitetään eri kursseissa, eri laajuudessa ja eri järjestyksessä.

Kemian ilmiöiden selventämiseen käytettyjen mallien määrä on yleensä suuri oppikirjoissa (de Jong ym. 2003; Hurst 2002). Tutkituissa oppikirjoissa erilaisia malleja oli vähän. Peruskoulussa käytettiin lähinnä vain yhtä mallia (Bohrin atomimalli), lukiossa malleja oli useampia, mutta yleensä samaa asiaa havainnollistavia malleja oli vain yksi.

Tutkimuksessa ei tule ilmi, kuinka opettajat oppikirjaa käyttävät tai kuinka paljon opiskelijat joutuvat opiskelemaan pelkän oppikirjan pohjalta. Tämän vuoksi on mahdotonta arvioida oppikirjan vaikutuksia erilaisten käsitysten syntyyn tai ehkäisyyn. Myöskään tutkimuksesta ei selviä, käyttävätkö opettajat useampaa oppikirjaa lähdeaineistona tuntien suunnittelussa. Tätä on tärkeä tutkia. Koska lukion oppikirjoissa oli suurta vaihtelua, olisi myös mielenkiintoista tutkia, miten opettajan oma koulutus vaikuttaa oppikirjan valintaan. Oppikirjaa valitessaan huolellisesti tutustua eri kirjasarjoihin ja verrata niitä opetussuunnitelman perusteiden mukaisiin tavoitteisiin (vrt. Ahtineva 2005).

Lähteet

Ahtineva, A. 2000. Oppikirja – tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? Lukion kemian oppikirja – Kemian maailma 1 – tiedonkäsitte ja käyttökokeet. Pallosalama Oy. Turku.

Ahtineva, A. 2005. Universitas Scientiarum Revista de la Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana. 10. 25–33.

Aspholm, S., Hirvonen, H., Hongisto, J., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H. & Viiri, J. 2001. Aine ja Energia Kemian tietokirja. WSOY. Porvoo.

Coll, R. 2003. Science Education. 87. 685 (DOI:10.1002/sce.10059).

Coll, R. K. & N. Taylor, N. 2002. Chemistry Education: Research and Practice in Europe. 3. 175–184.

Eloranta, V. 1995. Ympäristökasvatus peruskoulun yläasteella oppimateriaalien näkökulmasta. Turun Yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Pallosalama Oy. Turku.

Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M. & Rassi, M. 2004. Neon 1–4. Edita. Helsinki.

Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H. & Nyrhinen, K. 2003. Kemian Avain 1–3. Otava, Keuruu.

Hong Kwen Boo. 1998. Journal of Research in Science Teaching. 35. 569–581.

Hurst, M. O. 2002. Journal of Chemical Education. 79. 763–764.

Jong, O. d., Justi, R., Treagust, D. F. & Driel, J. H. v. 2003. Chemical Education: Towards Research-Based Practice (Science & Technology Education Library, Vol. 17) (Science & Technology Education Library), Springer.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P. & Salo, K. 2005 Reaktio 1–4, Tammi. Helsinki.

Kalkku, I., Kalmi, H. & Korvenranta, J. 2004. Kide 1–4, Otava, Keuruu.

Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L. & Mäkelä, R. 2004. Kemisti 1–4, WSOY, Porvoo.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. 2005. Mooli 1–4. Otava. Keuruu.

Lukion Opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Helsinki.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Helsinki.

Robinson, W. R. 1998. *Journal of Chemical Education*. 75. 1 074–1 075.

Taber, K. S. 2001. *Chemistry Education. Research and Practice in Europe*, 2. 43–51.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2004. *Laadullinen tutkimus ja sisällönllyysi*. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Justi, R. & Gilbert, J. K. 2002. *Models and Modelling in Education*. Teoksessa Gilbert, J. K. (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Kluwer. Dortrecht. 47–68.



Sähköilmiöiden historiallisia malleja

Veera Kallunki

Fysiikan opettajankoulutusyksikkö, Fysikaalisten tieteiden laitos, Helsingin yliopisto

Sähköilmiöiden tutkiminen ja kehittäminen ajoittuu 1700- ja 1800-lukujen vaihteeseen. Tasavirtailmiötä ei alun perin ilmennyt lainkaan luonnossa, vaan ilmiö on täytynyt tuottaa rakentamalla ensin paristo. Pariston avulla sähköilmiöistä tuli jatkuvia, joten tasavirtailmiötä pystyttiin tutkimaan paremmin. Kokeissa paristoja kytkettiin sarjaan, piiriä pidennettiin, ja ilmiöiden voimakkuutta vertailtiin esimerkiksi ihmisen tuntoaistin avulla. Kokeiden perusteella sähköilmiötä mallinnettiin ja syntyivät ensimmäiset, nykyään jo historiallisiksi luokitellut sähkövirran mallit. Historialliset mallit kuvaavat sähkön peruskäsitteiden – suljetun virtapiirin, sähkövirran ja jännitteen – alkuperäisiä hahmoja. Sähköilmiöiden historialliset mallit sisältävät tietoa ilmiöiden syy- ja seuraussuhteista, ominaisuuksista ja peruskäsitteiden välisistä suhteista kvalitatiivisella tasolla. Historiallisten mallien sisältämiä käsityksiä sähköilmiöistä voidaan käyttää sähkön opetuksen tukena.

Asiasanat:

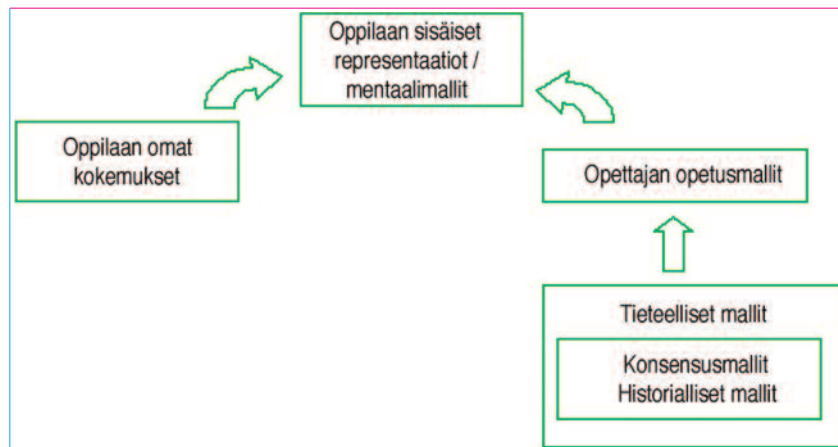
Historialliset mallit, tasavirtailmiö, paristo, kokeellisuus, suljettu virtapiiri, sähkövirta, jännite

Mallinnus – historialliset mallit

Mallintamisen tutkiminen on osa tiedeopetuksen tutkimusta. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan mallien avulla voidaan kuvata niin oppilaan, opettajan kuin tiedeyhteisönkin prosessuaalista tiedonrakentamista. Gilbert ym. (Gilbert ym. 2007; Gilbert ym. 2000, 12; Gilbert & Boulter 1998, 56, 60; Justi & Gilbert 2002, 370) ovat luokitelleet erilaiset mallit seuraavasti:

- 1) Sisäinen representaatio eli mentaalimalli kuvaa yksilön omaa, sisäistä tietorakennetta.
- 2) Ulkoinen representaatio tai ilmaistu malli tarkoittaa oman mentaalimallin kuvaamista toiselle.
- 3) Konsensusmalli on tiedeyhteisön hyväksymä malli, jota nimitetään julkisena erityisesti tieteelliseksi malliksi. Vanhoja konsensusmalleja, jotka on myöhemmin korvattu uusilla malleilla, kutsutaan historiallisiksi malleiksi.
- 4) Opettajan opetusmallit ovat konsensusmalleista opetustarkoituksiin muokattuja malleja.

Kuvio 1 esittää erilaisten malliluokkien keskinäisiä suhteita. Oppilaan omaa ajattelua kuvaavat sisäiset representaatiot eli mentaalimallit, jotka perustuvat hänen omiin kokemuksiinsa sekä koulussa omaksuttuun tietoon. Opettaja muokkaa opettettavaan aiheeseen liittyvästä konsensusmallista oppilailleen sopivan opetusmallin, jossa voidaan käyttää myös historiallisia malleja hyväksi.



KUVIO 1.
Malliluokkien
keskinäisiä
suhteita

Mallinnusajattelun mukaan tieteen yhteisesti hyväksytyjen konsensusmallien kehittyessä uudet mallit korvaavat vanhat. Vanha malli muuttuu historialliseksi malliksi, joka kuvaa tieteen käsitystä ilmiöstä tietyssä historiallisessa yhteydessä. Nersessianin tieteenhistoriallisten tutkimusten mukaan myös tutkijat prosessoivat uusia ilmiöitä mentaalimallien (Nersessian 1999, 14; Nersessian 2002, 137; Gilbert) eli sisäisten representaatioiden avulla. Samaistamalla tutkimuksen ja oppimisen mallinnusprosessit tieteenhistoriaa voidaan käyttää apuna opetuksen suunnittelussa. (Viiri 1996, 84)

Historiallisten mallien käyttöä opetuksen suunnittelussa voidaan perustella eri näkökulmista: Ensinnäkin konsensusmallien korvautuminen uusilla korostaa tärkeäksi koettua tutkimuksen prosessuaalisuutta lopputuloksen sijaan (Justi 2000, 209; Kurki-Suonio & Kurki-Suonio 1994, 266; Kurki-Suonio 1998). Toiseksi tieteen tekemiseen tutustuminen itsessään on tärkeää (Hodson 1992). Historiallisia malleja voidaan käyttää opetuksessa kuvaamaan tiedon rakentumisen luonnetta, jossa olennaista ovat samantyyppiset käsitteelliset vaikeudet sekä menneen ajan tiedemieheltä että nykyoppilaalla (Kallunki & Karhunen 2003; Galili ja Hazan 2000, 5).

Historiallisten mallien rakennusosat

Tarkoitin historiallisilla malleilla tietorakennetta, joka sisältää tietoa tutkittavan ilmiön tai ominaisuuden havaitsemisesta sekä syy- ja seuraussuhteista. Mallilla kuvataan tiedon prosessuaalista luonnetta havainnoista lähtevällä ketjulla, jossa havainnoista löydetään kehittyviä piirteitä eli hahmoja. Empiiristen kokeiden avulla hahmotmuotoutuvat täsmällisemmiksi käsitteiksi, joita voidaan kvalitatiivisesti vertailla tai "mitata" empiirisillä laeilla. Malli sisältää myös ilmiötä tai ominaisuutta selittävän teoreettisen käsityksen aihepiiristä. Tekemästäni ajallisesta rajauksesta johdettua analysoitua historiallisetmallit ovat luonteeltaan kvalitatiivista tietoa sisältäviä. Kuvaan analysoitavia sähköopin historiallisia malleja myöhemmin kaavioilla, joista ilmenevät edellä esitetyt rakennusosat.

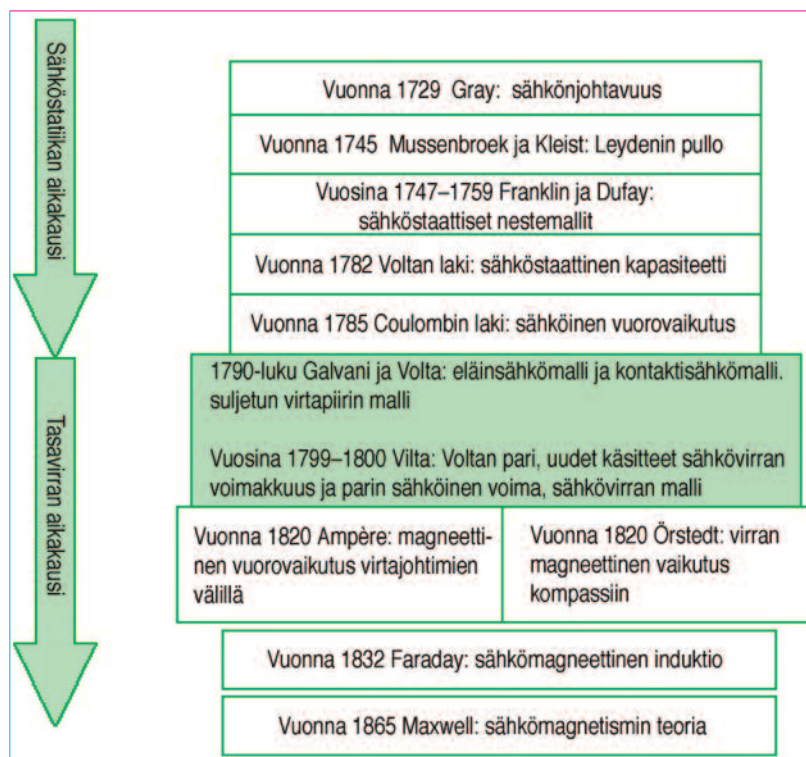
Mallien analyysi on tehty historialliskriittistä (Kragh 1987) ja kognitiivishistoriallista (Nersessian 2002) menetelmää käyttäen, jolloin historiallista mallinnusta on pyritty lähestymään mahdollisimman objektiivisesti, mutta kuitenkin nykyaikaista kognitiivista tietämystä hyväksikäyttäen.

Mallien taustalla oleva kokeellisuus

Historiallinen ajankohta

Historiallisten mallien muodostumisessa olennainen kehityskulku on ollut tutkittavan ilmiön tai ominaisuuden kokeellinen tutkiminen. Tasavirtapiirien yhteydessä kokeellisuusmuuttui dramaattisesti ensimmäisen pariston eli Voltan parin keksimisen jälkeen. Taitekohta ajoittui historiallisesti 1700- ja 1800-lukujen vaihteeseen, italialaisten tutkijoiden Galvanin ja Voltan töihin. Voltan parin myötä siirryttiin sähköstaatiikan tutkimuksesta tasavirtapiireihin. Murroskausimerkitsi sähköön tutkimuksessa tärkeitä käsitteellisiä muutoksia: uusia ilmiöitä kuvattiin uusilla malleilla.

Kuviossa 2 esitetään kronologinen yhteenveto sähköopin merkittävistä keksinnöistä ja käsitteellisestä kehityksestä 1700- ja 1800-luvuilla. Kuvion tutkimuksessa keskitytään erityisesti Voltan parin keksimisen ajankohtaan. Tässä artikkelissa tarkasteleman ajanjakso on merkitty kuvassa tummennuksella. Tutkittavien historiallisten mallien kannalta tärkeää on myös tasavirran aikakautta edeltänyt sähköstaatiikan tutkimisen jakso. Sähköilmiöiden käsitteellistä perustaa luotiin ensin sähköstaatiikan välinein, erityisesti elektrometrin ja Leidenin pullon kehittäminen mahdollistivat vertailevat mittaukset. Tältä ajalta juontavat myös historiallisten mallien teoreettiset juuret. (Kallunki 2000)



KUVIO 2. Sähköopin keskeiset kehitysvaiheet 1700- ja 1800-luvuilla (Kallunki 2001, 6)

Kokeita kaksoismetalliparilla – eläinsähkö vastaan kontaktisähkö

Kaksoismetalliparilla tarkoitetaan Voltan parin edeltäjää: kahdesta eri metallilevyistä, levyjä yhdistävästä metallijohtimesta sekä kosteasta johtimesta rakennettua laitetta. Galvanin vuonna 1791 esittelemässä ensimmäisessä versiossa johtimena toimi preparaoitu sammakonraaja. Kaksoismetallipari, sillä tehdyt kokeet ja Galvanin il-

miötä selittävä (historiallinen) malli saivat toisen italialaistutkijan, Voltan, laajentamaan omia aiempia sähköstatiikan tutkimuksiaan tälle uudelle sähköopin osa-alueelle. Volta toisti jamuunteli Galvanin kokeita (Kipnis 2003, 18–19; Kragh, 2000, 134), mutta päätyi kokeidensa perusteella erilaiseen malliin. Galvanin mallia kutsuttiin eläinsähkömalliksi, Voltan malli oli nimeltään kontaktisähkömalli.

Galvanin kokeissa kaksoismetalliparin kanssa samaan piiriin sarjaan kytketty preparoitu sammakonraaja nytkähteli piirin sulkeutuessa. Galvanin mukaan sammakonraaja itsessään on sähkön syy eikä seuraus (Pera 1992, 82). Hänen eläinsähkömallinsa mukaan eläimessä on erityistä eläinsähkönestettä (Pera 1992, 77, 85; Gill 1976, 353). Voltan kontaktisähkömalli perustui kokeisiin, joissa Galvanin käyttämä sammakonraaja korvattiin suolavedellä. Näissä kokeissa sähköilmiötä tutkittiin tuntoaistin perusteella.

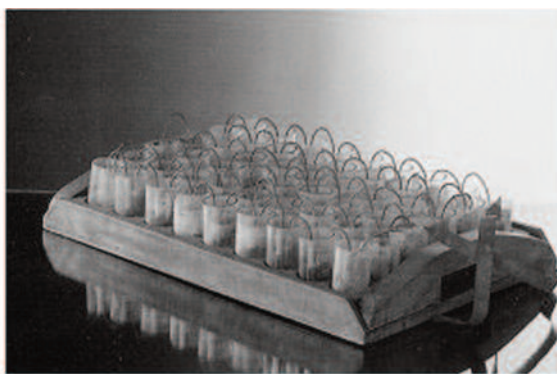
Voltan parin keksiminen

Voltan pari oli lähtökohta tasavirtailmiölle ja sitä kuvaaville historiallisille malleille. Parin keksiminen auttoi suuresti sähkötutkimuksia, koska virtailmiöt olivat nyt jatkuvia eivätkä hetkellisiä kuten sähköstatiikan aikana.

Voltan parin rakenne oli aiemman kaksoismetalliparin monikerta; ensimmäiset paristot olivat pylvään muotoisia laitteita, jotka koostuivat päällekkäin pinotuista kaksoismetallipareista. Voltan kuvauksen mukaan ensimmäinen paristo oli seuraavanlainen:

The apparatus, to which I allude, and which will, no doubt, astonish you, is only the assemblage of a number of good conductors of different kinds arranged in a certain manner. Thirty, forty, sixty, or more pieces of copper, or rather silver, applied each to a piece of tin, or zinc, which is much better, and as many strata of water, or any other liquid which may be a better conductor, such as salt water, ley, &c. or pieces of pasteboard, skin, &c. well soaked in these liquids; such strata interposed between every pair or combination of two different metals in an alternate series, and always in the same order of these three kinds of conductors, are all that is necessary for constituting my new instrument ... (Volta 1800, 290)

Pari muodostui siis päällekkäin kasatuista kuparilevy–sinkkilevy–kos-tutettu pahvi -komponenteista. Toinen vaihtoehto oli korvata pahvilevy suolavedellä ja upottaa metallilevyt vesiastioihin, jolloin saatiin Kuppiketju.



KUVIO 3.
Voltan parin kaksi versiota: vasemmalla varsinainen Voltan pari, oikealla Kuppiketju (Molteni 1999, 69, 72)

Kokeita Voltan parilla

Ilmiön tunnistaminen, jatkuvuus sekä syy- ja seuraussuhteet

Pariston sähköilmiöiden mallintaminen alkoi ilmiön tunnistamisella. Ensimmäisten paristolla tehtyjen kokeiden jälkeen Volta raportoi piiriin kytkettyjen lihas- ja raajojen nytkähtelystä ja erilaisista aistihavainnoista kuten kuulo- ja tuntoaistimuksista (Volta 1800, 302). Vertaamalla havaintoja aiempiin sähköstaattisen tutkimuksen aikaisiin Leidenin pullo -kokeisiin voitiin päätellä, että sähköilmiöt ovat samantyyppisiä. (Volta 1800, 289–290). Tunnistamista varmistettiin myös toisin päin: Voltan parilla onnistuttiin varaamaan kondensaattori ja saatiin aikaan kipinöitä. Vastaavasti Leidenin pullon piiriin tyypillisiä sähköstaattisia purkausilmiöitä voitiin matkia Voltan parin avulla avaamalla ja sulkemalla parin piiriä (Volta 1800, 292).

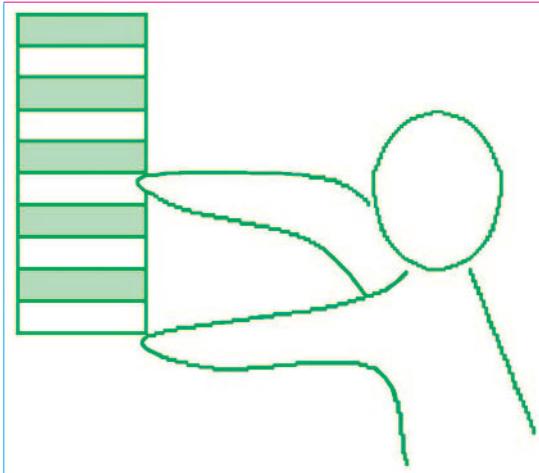
Uuden ilmiön jatkuvuus osoittautui tärkeäksi eroksi sähköstaatiikan ja tasavirtapiirien välillä. Todistaakseen jatkuvuuden Volta teki runsaasti erilaisia aistein todettavia kokeita, joilla pyrittiin saamaan aikaan jatkuva ilmiö. Erikoiselta kuulostavasta kokeestaan Volta raportoi näin: *I introduced, a considerable way into both ears, two probes or metallic rods with their ends rounded, and I made them to communicate immediately with both extremities of the apparatus.* (Volta 1800, 308) Ideana oli siis kytkeä itsensä korvien kautta pariston piiriin ja tehdä havaintoja kuuloaistin avulla. Yllättävää kyllä, tulokset olivat jatkuvuuden kannalta aivan selkeitä: sähköisku tuntui välittömästi piiriin sulkeuduttua ja sen jälkeen kuului jatkuvaa rasahtelevaa ääntä (Volta 1800, 308). Jatkuvuutta Volta kuvasi selkeästi: *The transition of the electric fluid ... is not momentary, as a discharge would be, but is permanent, and continues ... as long as the communication between the two coatings subsists.* (Walker 1937, 112)

Edellä kuvatut aistimukset ymmärrettiin varsinaisen sähköilmiön seurauksiksi. Seurausilmiöksi tulkittiin myös myöhemmin löydetty kemiallinen ilmiö, kuplinta vesiasiassa. Kokeessa pariston napoihin kytkettiin metalliliuskat, jotka upotettiin vetä täynnä olevaan lasiputkeen. Havaitut kuplat selitettiin veden hajoamisella ja kaasun muodostumisella (Nicholson 1800, 182, 185).

Paristojen lisääminen piiriin – ”sähköiskujen voimakkuus lisääntyy asteittain”

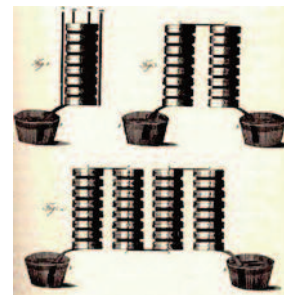
Paristojen määrä piirissä oli seuraava tutkimuskohde. Lisäämällä piiriin paristoja saatiin aikaan voimakkaampia ilmiöitä, paristolla oli siis ominaisuus suurentaa sähköiskua. Voltan kontaktisähkönmalliin tuli nyt aiempien huomioiden lisäksi mukaan pariston voimakkuutta kuvaava ominaisuus, parin sähköinen voima.

Parin sähköistä voimakkuutta tutkittiin kahdestakymmenestä metalliparista koostuvalla Voltan parilla. Tutkija piti kättään parin toisessa navassa ja siirsi toista kättään asteittain ylemmäs. Havainnoista raportoitiin seuraavasti: *By touching then the fifth, the sixth, and the rest of in succession till I come to the last, which forms the head of the column, it is curious to observe how the shocks gradually increase in force.* (Volta 1800, 293)



KUVIO 4.
"Sähköiskujen voimakkuus
lisääntyy asteittain"

Havainnot osoittivat kiistattomasti, että metalliparien lukumäärän ja sähköiskun voimakkuus korreloivat. Lisävahvistusta saatiin vielä suuremmilla paristoilla, jolloin sähköiskut tuntuivat jo koehenkilön olkapäissä asti (Volta 1800, 294), ja kytkemällä useita pareja sarjaan (katso kuvio 5).



KUVIO 5.
Paristot sarjassa (Volta 1800)

Piirin johtimen pidentäminen – heikommat sähköiskut

Parien lisääminen sarjaan oli luonnollisesti kiinnostavinta. Toinen muuttuja, piirin johtimen pidentäminen, jäi tässä vaiheessa taka-alalle. Vastaavat kokeet oli kuitenkin jo tehty aiemmin kaksoismetalliparitutkimuksissa. Kokeessa johtimen pituuden vaikutusta sähköiskun voimakkuuteen mallinnettiin vaihtelemalla kaksoismetalliparin piirin pituutta käsi kädessä olevien koehenkilöiden lukumääräämuuttamalla: *Experiments of this kind succeed equally well with two, or three, or a greater number of Persons, who make a circular chain; only the effects become more weak in proportion as the circuit through which the electric fluid must pass is longer ...* (VO, I: 206)

Ajatuksena oli siis pidentää piiriä ja tutkia samalla piirissä ilmenevän sähkövirtailmiön voimakkuutta. Ilmiön voimakkuutta tutkittiin upottamalla yhden koehenkilön kieli kaksoismetalliparin toisen metallilevyn sisältämään astiaan.

Voltan parin keksimisen jälkeen sähkövirtailmiön voimakkuutta varioitiin Voltan parin avulla Childrenin kokeissa vuonna 1808. Kokeissa eri pituisia platina- ja rauta-johtimia kuumennettiin yhtä pitkän ajan verran ja vertailtiin kuumentamisen vaikutuksia:

Experiment 1. Eighteen inches of platina wire, of 1/30th of an inch diameter, were completely fused in about twenty seconds.

Experiment 2. Three feet of the same fire were heated to a bright red, visible by strong day-light.

Experiment 3. Four feet of the same wire were rendered very hot; but not perceptibly red by day-light. In the dark, it would probably have appeared red throughout.

Experiment 5. On iron wire, of about 1/70th of an inch diameter, the effect was strikingly feeble. It barely fused ten inches, and had not power to ignite three feet. (Children 1808, 33)

Havainnot kertovat sekä eripituisten platinalankojen kuumenemisesta että kahden eri metallin välisistä eroista. Platinajohtimen osalta tulos vastaa Voltan aiempia havaintoja: mitä pidempi piirin johdin sitä vähemmän johdin kuumenee. Mallintuva käsite, sähkövirran voimakkuus, heikkenee piirin johtimen pidentyessä.

Sähköilmiöiden historialliset mallit

Suljetun virtapiirin malli – sähkönesteen reitti

Malli suljetusta virtapiiristä sai alkunsa jo staattisen sähkö tutkimuksen aikana (Kallunki 2001, 47–48), mutta pääasiallinen kehitys tapahtui kaksoismetallipariko-keiden yhteydessä. Suljetun virtapiirin hahmo näkyi Galvanin ja Voltan ajattelussa kaksoismetallipariko-keiden raportoinnissa. Galvani kirjoitti ”eräänlaisesta sähkö-*piiristä*”: *There is a kind of circuit of electricity from one part of the animal to the other, which is completed either through an arc or through the water itself functioning as an arc, as the natural philosophers have noticed.* (Pera 1992, 94)

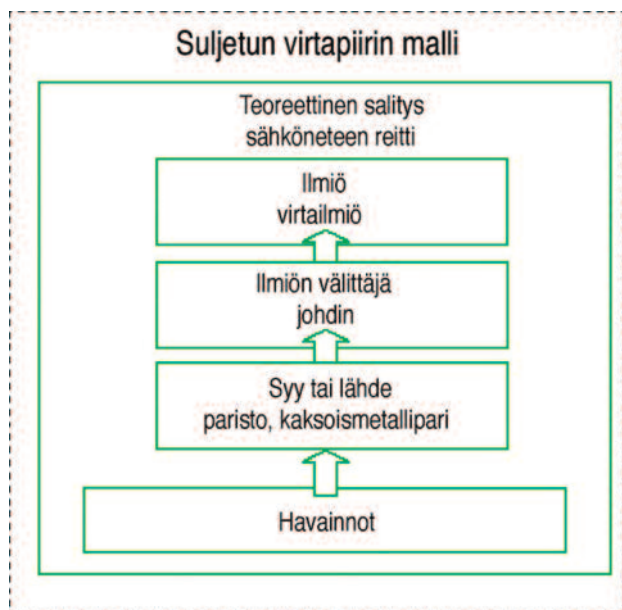
Voltan suljettu virtapiiri -ajattelu ilmenee muun muassa seuraavasta Leidenin pullolla tehdystä kokeesta, jonka tarkoituksena oli tutkia Galvanin eläinsähkömallia: *I then discharge a very feebly charged Leyden jar – that is, exhibiting few or no sparks – over the two armatures placed on the nerve, so that only the nerve segment lying between them is in the circuit of the charge ...* (VO, 1: 58-60; Pera 1992, 105)

Molemmat tutkijat mainitsivat sähkö (sähkönesteen) tai varauksen ympyränmuotoisen reitin, joka tarvittiin sähköilmiöiden aikaansaamiseksi. Toinen olennainen osa suljettua virtapiiriä, sähkö lähde (tai syy), oli itse asiassa koko Galvanin ja Voltan kiistan syy. Galvani piti preparatoitua sammakonraajaa ilmiöiden syynä, Voltan mukaan ilmiöt johtuivat Leidenin pullosta, kaksoismetalliparista ja myöhemmin myös Voltan parista.

Suljetun virtapiirin historiallisessa mallissa, kuten myös molemmissa muissa virtapiirin toimintaa kuvaavissa malleissa, sähköilmiöitä selitettiin sähköstatiikan tutkimuksen aikaisella teorialla sähkönestestä (kuvio 2). Sähköneste ajateltiin ainemaiseksi mikroskooppiseksi olioksi, joka sai aikaan havaitut makroskooppiset ilmiöt.

Voltan parilla tehtyjen kokeiden jälkeen suljetun virtapiirin malli täsmentyi. Piiriä avattiin ja suljettiin eri kohdista, jolloin havaittiin virtailmiön välitön loppuminen ja alkaminen. Piiristä myös poistettiin vuorotellen osia: vesi, metallijohtimet, kaksoismetallien kosketus huomattiin kaikki olennaisiksi virtapiirin toiminnan kannalta (Volta 1800, 298; Kallunki 2001, 51). Piirin välttämättömät osat olivat mallin mukaan sähkö lähde, sähköä kuljettava johdin ja virtailmiö.





KUVIO 6.
Suljetun virtapiirin
historiallinen malli

Jännitteen malli – kontaktisähkö

Voltan jännitettä kuvaava kontaktisähkömalli vuodelta 1792 oli yksi kolmesta kilpailevasta yrityksestä selittää tasavirtapiirin toimintaa ja erityisesti Voltan parinmerkitystä piirissä. Myös kilpailevat mallit, Galvanin eläinsähkömalli sekä Wollastonin ja Davyn kemiallinen malli, etsivät vastausta piirin toiminnan syy- ja seuraussuhteisiin. Voltan malli oli esitetyistä vahvin ja se säilyttikin asemansa kahden vuosikymmen ajan 1800-luvun alussa (Kragh 2003, 42; Kipnis 2003, 18, 21, 24).

Jännitemallin syy- ja seuraussuhteet ja teoreettinen selitys

Voltan alkuperäinen ajatuksenmukaan metalleilla on sähköjohtavuuden lisäksi myös toinen ominaisuus. Tämä ominaisuus ilmenee kahden eri metallikappaleen koskettaessa toisiaan, jolloin liitoskohta saa aikaan sähkövirran: *Metals should be regarded no longer as simple conductors, but as true motors of electricity, for with their mere contact they disrupt the equilibrium of the electrical fluid, remove it from its quiescent, inactive state, shift it, and carry it around.* (Pera 1992, 109–110)

Lainaus korostaa metalliparin aktiivista roolia siirtää sähköä paikasta toiseen ja selittää näin piirin toimintaa. Metallipari jämäyhemminmyösmikä tahansa pari erilaisia johteita (Pera 1992, 112) ymmärrettiin kykeneväksi virran synnyttämiseen. Syyksi virran synnyttämiseen Volta nimesi kahden erimetallin liitoksen: *it is the dissimilarity of metals that causes it* (Pera 1992, 108).

Jännitteen mallissa pariston toimintaa selitettiin teoreettisella tasolla sähköneteen epätasapainotilalla. Metallien ajateltiin sisältävän mikroskooppista sähkönetettä, joka on normaalisti passiivisessa tasapainotilassa. Kahden metallin kosketus rikkoo tasapainotilan ja saa aikaan virtailmiön (katso lainaus yllä).

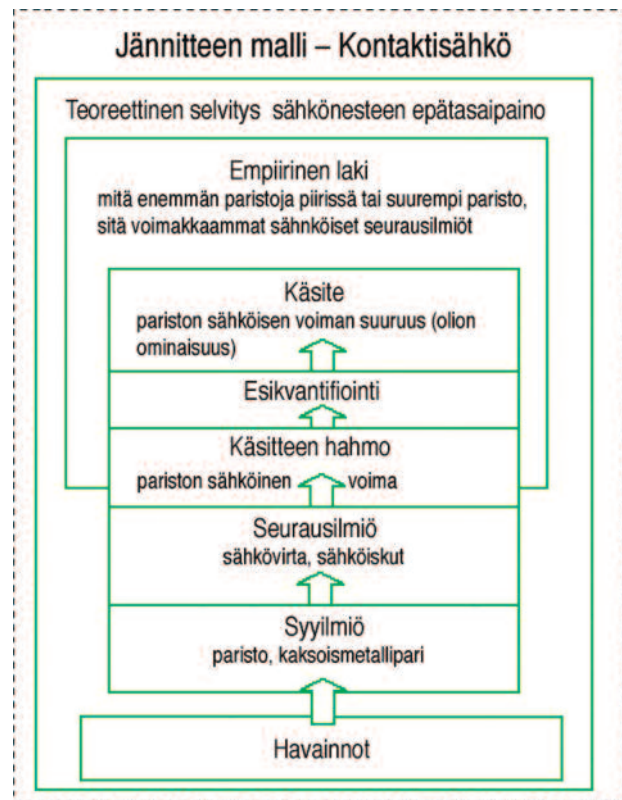
Uusi hahmo parin sähköinen voima, käsite ja empiirinen laki

Metalliparin tai pariston ominaisuutta synnyttää sähkövirtaa kutsuttiin sen "sähköä liikuttavaksi voimaksi" tai "sähköiseksi voimaksi". Paristojen lisäämiskokeilla tutkittiin sähköistä voimaa ja huomattiin sen kasvavan suhteessa paristojen määrään.

Voimistuminen havaittiin jälleen sähköiskuja vertailemalla. Empiirinen laki – mitä enemmän paristoja piirissä tai suurempi paristo sitä voimakkaammat sähköiset seurausilmiöt – määritteli uuden käsitteen pariston sähköisen voiman suuruus, joka on ensimmäinen versio pariston lähdejännitteestä.

Kuvio 7 kokoaa jännitteen historiallisen mallin, kontaktisähkön pääpiirteet. Mallinnuksen perustana ovat Voltan pari ja sillä tehdyt ensimmäiset kokeet.

KUVIO 7.
Kooste jännitteen
historiallisesta
mallista



Sähkövirran malli – sähköneste

Sähkövirran historiallinen malli sisältää tietoa Voltan parin aikaisista havainnoista, hahmottamisesta, havaituista syy- ja seuraussuhteista, hahmottuvasta käsitteestä ja käsitteen alustavasti määrittelevästä empiirisestä laista. Lisäksi malli antaa sähkövirralle ensimmäisen teoreettisen selityksen.

Teoreettinen selitys sähkövirralle

Sähkövirtamallin teoreettinen taso nojautuu sähkönesteen virtaukseen. Alla olevista Voltan kuvailuista ensimmäinen on staattiseen sähköilmiöön liittyvä 1770-luvulta ja toisella kuvataan sähkövirtaa 1790-luvulla: ... *an electrical fluid, copiously distributed in bodies to such a degree and in such a manner that all bodies possess it in a quantity commensurate with their capacity.* (VO, IV: 384; Pera 1992, 41)

When does the Electric fluid enter, when does it go out? Which of the two metals gives it to the tongue, which receives it? (VO, I: 203-204)

Voltan kuvailun perusteella sähkövirran malliin voidaan ajatella sisältyvän teoreettista tietoa sähkönesteestä, jolla on kyky liikkua jonkinlaisina paketteina paikasta toiseen.

Syy- ja seuraussuhteet sähkövirtamallissa

Sähkövirran mallinnuksessa Voltalla oli ilmeisen selkeä kuva ilmiöiden järjestyksestä: ... *the current of the electric fluid...excites not only contractions and spasms in the muscles ... it irritates also the organs of taste, sight, hearing, and feeling ...* (Volta 1800, 302). Viitauksesta ilmenee, että vaikka syyilmiöksi ymmärretty sähkövirta oli yhä luonteeltaan oliomainen toimija, se osattiin selkeästi erottaa havaituista seurausilmiöistään.

Kun Voltan käsitykset pariston toiminnasta yhdistetään hänen ajatuksiinsa sähkövirrasta, saadaan koko tasavirtapiiriin toimintaa kuvaava kausaalisuhteiden ketju:

- 1) sähkövirtailmiön aiheuttaa paristo
- 2) sähkövirta saa aikaan piirissä havaittavat ilmiöt kuten lihasten nytkähtelyt ja kuumenemisen

Käsitykset ilmenevät myös Voltan selostuksesta:

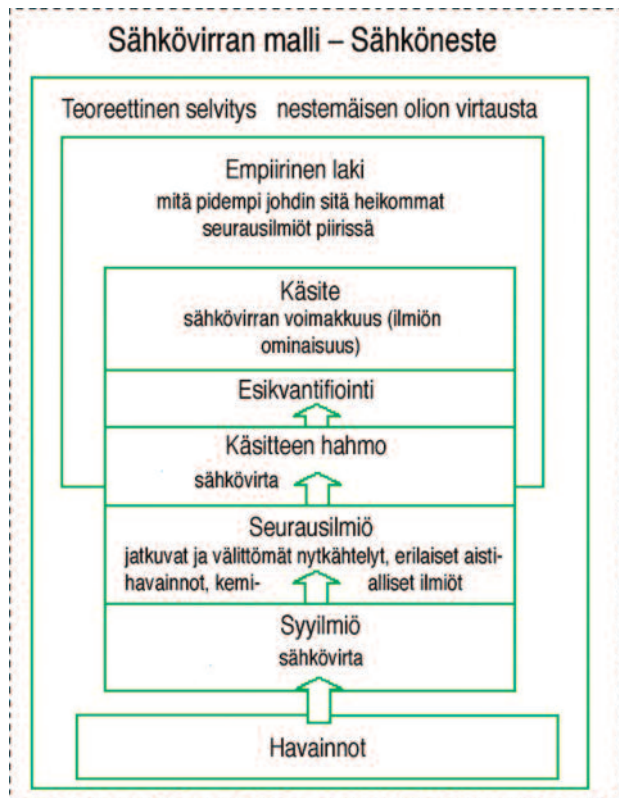
The current of the electrical fluid, impelled and excited by such a number and variety of different conductors, silver, zinc, and water, disposed alternately in the manner above described, excites not only contractions and spasms in the muscles ... (Volta 1800, 302).

Sähkövirtailmiön hahmottuminen käsitteeksi

Sähkövirtailmiön teoreettisen selityksen mukaan kyse on sähkönesteen virtauksesta "*the current of the electric fluid*" (Volta 1800, 302). Termi lyheni nopeasti muotoihin "*current of electricity*" (Volta 1800, 293) ja "*electrical current*" (VO, I: 58–60; Kallunki 2001, 35).

Kuvattujen Voltan ja Childrenin kokeiden perusteella muodostui käsite sähkövirran voimakkuus, joka määriteltiin empiirisellä lailla seuraavasti: mitä pitempi johdin piirissä sitä heikommat seurausilmiöt (sähköisku, kuumeneminen). Empiirinen lain mukaan voidaan siis kvalitatiivisesti päätellä johtimen pituutta muuttelemalla sähkövirran voimakkuus piirissä.

Kuviossa 8 esitetään yhteenvedona sähkövirran historiallinen malli Voltan parin keksimisen aikoihin. Malli voidaan ymmärtää myös ensimmäiseksi sähkövirran konsensusmalliksi.



KUVIO 8.
Sähkövirran
historiallinen malli

Johtopäätökset

Kuvatut sähköilmiöiden historialliset mallit kertovat tasavirtapiirin käsitteenmuodostuksen vaiheesta 1800-luvun alussa. Suljetun virtapiirin, sähkövirran ja jännitteen historiallisten mallien avulla muodostui selkeä, joskin nykyajasta käsin tarkasteltuna vielä puutteellinen kokonaiskäsitys tasavirtapiirin sähköilmiöistä. Suljetun virtapiirin mallin sisältämä informaatio piirin osista yhdessä mallinnettujen syy- ja seuraussuhteiden kanssa, sekä sähkövirran- ja jännitteen mallien sisältämät kvalitatiiviset käsitteet ja empiiriset lait kuvasivat virtapiirin toimintaa ymmärrettävästi.

Historiallisten mallien puutteet – pariston sähkökemiallisten reaktioiden tuntemattomuus tasavirtailmiön taustalla sekä sähkökenttäkäsitteen ja kvantitatiivisen tason tiedon puuttuminen – selittyvät paljolti tarkasteluajankohdan rajauksella. Tässä artikkelissa tarkastellut historialliset mallit kuvaavatkin nimenomaisesti rajatun aikakauden käsityksiä sähköilmiöistä. Tarkasteluajankohtaan liittyy myös mainittu kvantitatiivisen tiedon tason puuttuminen; käsitteiden kvantifioinnin vaatimat tarkemmat mittalaitteet olivat vielä kehittämättä, joten käsitteenmuodostusta ei voitu viedä seuraavalle tasolle.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tasavirtapiirin sähköilmiöiden historialliset mallit sisälsivät makroskooppisiin ilmiöihin perustuvaa kvalitatiivisen tason tietoa 1800-luvun alun virtapiireistä.

Lähteet

Children, J. G. 1808. An Account of some Experiments, performed with a View to ascertain the most advantageous Method of constructing a Voltaic Apparatus, for the Purposes of Chemical Research, *Phil. Trans.* 32–38.

Galili, I., & Hazan, A. 2000. The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *Physics Education Research: A Supplement to the American Journal of Physics*, 68(7). 3–15.

Gilbert, J.K., Justi, R. ja Ferreira, P. 2007. Modelling, visualization, and the development of an understanding of the levels of representation in chemical education. Artikkelit esitetyt ESERA 2007-konferenssissa, 21.–25.8. Malmö, Ruotsi.
[Saatavilla Internetissä: <http://195.178.227.107/esera/Files/153.doc>, 12.9.2007].

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. 1998. Learning Science Thought Models and Modelling. Kirjassa Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Toim.) *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. 53–66.

Gilbert, J.K., Boulter, C., & Elmer, R. 2000. Positioning models in science education and in design and technology education. Kirjassa J. Gilbert & C. Boulter (eds.), *Developing models in science education*. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 3–17.

Gill, S. 1976. A Voltaic Enigma and a Possible Solution to it. *Annals of Science*, 33. 351–370.

Hodson, D. 1992. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to intergration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14. 541–562.

Justi, R. S. & Gilbert, J. K. 2002. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modelers, *International Journal of Science Education*, 24(4). 369–387.

Justi R. 2000. Teaching with Historical Models, Kirjassa Gilbert J.K. (Toim.) *Developing Models in Science Education*. The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 209–226.

Kallunki, V. and Karhunen, L. 2007. Historical models of electricity as sources of innovation of teaching. Suullinen esitys ESERA 2003 -konferenssissa: Research and Quality of Science Education, 19.–23.8., Noordwijkerhout, Alankomaat. [Saatavilla Internetissä: <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/programme/pdf/217S.pdf>, 4.10.2006].

Kallunki V. 2000. The Birth of Electricity . Empirical Concept Formation in the History of Electrostatics. Kirjassa L. Aho ja J. Viiri (Toim.) *Undervisning in naturvetenskap ur kultur-, teknologi och miljöperspektiv, Rapport från det sjätte nordiska forskarsymposiet om undervisning i naturvetenskap i skolan Joensuu 12–16 juni 1999*. Joensuun yliopistopaino. Joensuu. 312–319.

Kallunki, V. 2001. From electrostatics to the circuits of the Pile: Experimentality and models in concept formation. Licentiate thesis. University of Helsinki.

Kipnis, N. 2003. Changing a Theory: The Case of Volta's Contact Electricity. Kirjassa F. Bevilacqua ja E. A. Giannetto (Toim.) *Volta and the History of Electricity*. Università degli studi di Pavia. Hoepli. Milano. 17–35.

Kragh H. 1987. An introduction to the historiography of science. Cambridge University Press. Cambridge/London/New York.

Kragh, H. 2000. Confusion and Controversy: Nineteenth-Century Theories of the Voltaic Pile. Kirjassa F. Bevilacqua ja E. A. Giannetto (Toim.) *Nuova Voltiana, Studies on Volta and his Times*, 1. Università degli studi di Pavia. Hoepli. Milano. 133–157.

Kragh, H. 2003. Volta's Apostle: Christoph Heinrich Pfaff, Champion of the Contact Theory. Kirjassa F. Bevilacqua ja E. A. Giannetto (Toim.) *Volta and the History of Electricity*. Università degli studi di Pavia. Hoepli. Milano. 37–50.

Kurki-Suonio, K. 1998. Products and Processes. Unpublished Farewell lecture.

Kurki-Suonio, R. & K. 1994. Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Helsinki, Limes ry.

Molteni, U. F. 1999. Alessandro Volta, Como e il Lario nel bicentenario dell'invenzione della Pila 1799–1999, Università Terza Età . A. Volta., Como.

Nersessian, N. J. 1999. Model-based reasoning in conceptual change. Kirjassa L., Magnani, N. J. Nersessian, & P., Thagard (Toim.) Model-Based Reasoning in Scientific Discovery. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. 5–22.

Nersessian, N. J. 2002. Maxwell and “the Method of Physical Analogy”: Model-based Reasoning, Generic Abstraction, and Conceptual Change. Kirjassa D.B., Malament (Toim.) Reading Natural Philosophy. Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics. Open Court. Chicago and La Salle. 129–160.

Nicholson, W. 1800. Account of the new Electrical or Galvanic Apparatus of Sig. ALEX. VOLTA, and Experiments performed with the same, Journal of natural philosophy, chemistry and the arts 4. 179–191.

Pera, M. 1992. (translated by Jonathan Mandelbaum) The Ambiguous Frog: The Galvani-Volta Controversy on Animal Electricity. Princeton, N.J., Princeton University Press.

Walker, W. C. 1937. Animal electricity before Galvan, Annals of Science, 2, 1. 84–113.

Viiri, J. 1996. Mallikäsitys fysiikassa ja opiskelijoiden käsityksiä malleista. Kirjassa M., Ahtee, J. Lavonen, ja V. Meisalo (Toim.) Opettajankoulutuksen uudet haasteet. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia 162. 83–90.

VO (Volta, A. 1918–29: Le Opere, 7 vols., Milan.)

Volta, A. 1800. On the Electricity excited by mere Contact of conducting Substances of different kinds, The Philosophical Magazine, 7, September 1800. 289–311.

,

Mielekästä kokeellisuutta kemian opetukseen

Judit Csikós

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Mielekäs tavoitteellinen kokeellisuus on olennaista kemian perusopetuksessa ja lukiossa. Tässä artikkelissa käsitellään perusopetukseen ja lukioon soveltuvia kokeellisia töitä, joissa tavoitteena on merkityksellinen ja mielekäs kemian oppiminen.

Avainsanat:

Kokeellisuus, merkityksellinen oppiminen, ajattelutaidot, perusopetus, lukio

Taustaa

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004 painottavat kokeellisuuden merkitystä opettamisessa ja oppimisessa: *"Opetus tukeutuu kokeelliseen lähestymistapaan, jossa lähtökohtana on elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen ja tutkiminen. Tästä edetään ilmiöiden tulkitsemiseen, selittämiseen ja kuvaamiseen sekä aineen rakenteen ja kemiallisten reaktioiden mallintamiseen kemian merkkikielellä."* Kemian lukio-opetukselle on perusteiden mukaisesti luonteenomaista *"kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely."*

Mielekkään kokeellisuuden avulla voidaan tukea merkityksellistä, syvälliseen ymmärtämiseen tähtäävää kemian oppimista. Sen avulla voidaan harjoittaa myös merkityksellisessä oppimisessa tärkeitä korkeamman tason ajattelutaitoja: soveltaa, analysoida ja arvioida että luoda uutta tietoa (Aksela 2005). Kokeellisuuden avulla voidaan rakentaa siltaa todellisten ja havaittavissa olevien ilmiöiden ja oppilaan käsitteiden välille (Lavonen & Meisalo 2007). Sopivien työtapojen lisäksi työohjeita sopivasti muotoilemalla voidaan ohjata merkityksellistä kemian oppimista (esim. Domin, 1999). Työohjeidenmuotoilussa suositellaan käytettäväksi sopivia verbejä (esim. analysoi, päätele, pohdi) sekä miksi ja miten-kysymyksiä.

Merkityksellinen kokeellisuus on huomioitu Helsingin yliopiston kemian laitoksen opettajankoulutuksessa Kokeellisuus kemian opetuksessa I & II-kursseilla (yht. 10 op). Yksi kurssin tavoitteista on kouluopetuksessa käytettävän merkityksellistä kemian oppimista tukeva kokeellisen työn suunnittelu ja toteutus. Kehitetyt työt esiteltiin kemian opettajille Kemian opetuksen päivillä maaliskuussa 2007 ja esitellään kootusti tässä artikkelissa.

Töiden esittely

Kurssilla kehitettiin kahdeksan perusopetukseen ja lukioon soveltuvaa työtä. Töiden lähteenä käytettiin olemassaolevia työohjeita tai työt ideoitiin itse. Kurssin opiskelijat saivat vapaasti valita perusopetukseen tai lukioon sopivan aiheen. Käytössä ole-



vat lähteet olivat pääosin suomen-, ruotsin- ja englanninkielisiä kirjoja, julkaisuja, oppikirjoja tai Internetsivuja. Esimerkiksi eräs töistä kehitettiin yhdistämällä ja muotoilemalla useita pienempiä töitä yhdeksi paketiksi (esim. Hankaniemi, H.; Piipponen, L. Turvallinen kemia), toiset työt taas syntyivät ilmiölähtöisesti opiskelijoiden itse ideoimina (esim. Kaksonen, K Onko määrällä väliä?). Kaikki työt opiskelijat tekivät laboratorioissa ja dokumentoivat, myös valokuvin (Kokeellisia työohjeita 2007).

Töitä suunniteltaessa on otettu huomioon mielekäs, merkityksellinen kemian oppiminen. Työohjeiden aiheet on pyritty valitsemaan nuoria kiinnostaviksi. Useimmat työohjeet ovat avoimia (ei keittokirjamaisia) ja tutkimuksellisia. Ne sisältävät oppilaan korkeamman tason ajattelua aktivoivia verbejä tai kysymyksiä. Esimerkiksi töissä Turvallinen kemia ja Verijäljet-työ oppilasta ohjeistetaan valmistautumaan työhön esimerkiksi verbillä pohdi tai miksi -kysymyksillä.

Perusopetukseen kehitetyt työt

Perusopetukseen sopivat työt on koottu allaolevaan taulukkoon 1. Taulukossa näkyy myös kyseisen työn käsittelemä aihe tai ilmiö, sen opetukselliset tavoitteet ja sen liittäminen opetussuunnitelman perusteisiin. Kohdassa ops-yhteys onmainittu sekä tavoitteelliset että sisällölliset kohdat. Jokaista työtä tarkastellaan myöhemmin yksityiskohtaise min.



TAULUKKO 1. Opiskelijoiden kehittämät uudet työohjeet perusopetukseen

Työn nimi	Tutkittava aihe	Opetukselliset tavoitteet	Ops-yhteys: Tavoitteet	Ops-yhteys: Sisällöt
1 Turvallinen kemia	Työturvallisuus	Työturvallisuustaitojen harjaannuttaminen ja aiheiden merkityksellinen opiskelu	Oppilas oppii työskentelemään turvallisesti ja noudattamaan ohjeita	Ilma ja vesi: aineiden paloherkkyys, palamisreaktio, sen kuvaaminen kemian merkkikielellä sekä palamistuotteiden ominaisuudet ja vaikutukset ympäristössä
2 Napojen kemiallista tutkintaa	Sähkökemialla, sähkökemiallinen pari	Sähkökemiallisen parin ja indikaattorin toiminnan merkityksellinen oppiminen	Oppilas oppii tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen sekä tulkitsemaan ja esittämään tuloksia, tuntemaan aineiden ominaisuuksia kuvaavia fysikaalisia ja kemiallisia käsitteitä ja käyttämään niitä, oppii kuvailemaan ja mallintamaan kemiallisia reaktioita reaktioyhtälöiden avulla	Raaka-aineet ja tuotteet: sähkökemiallisia ilmiöitä, sähköpari, elektrolyysi ja niiden sovellukset
3 Mento-skola	Fysikaalinen pintareaktio	Tutkivaan lähestymistapaan tutustuttaminen ja merkityksellinen oppiminen	Oppilas oppii tuntemaan aineiden ominaisuuksia kuvaavia fysikaalisia ja kemiallisia käsitteitä ja käyttämään niitä, aineen rakennetta ja kemiallisia sidoksia kuvaavia käsitteitä ja malleja	–
4 Verijäljet	Katalyytti, luminesenssi	Kemian kytkeminen biologiaan ja fysiikkaan, katalyytin merkityksellinen opettaminen	Oppilas oppii käyttämään luonnontieteellisen tiedonhankinnan kannalta tyypillisiä tutkimusmenetelmiä, myös tieto- ja viestintätekniikkaa, sekä arvioimaan tiedon luotettavuutta ja merkitystä	Raaka-aineet ja tuotteet: alkuaineiden ja yhdisteiden merkitseminen, luokittelu ja erottaminen sekä reaktionopeuksien vertailu
5 Lähtöaineiden määrä	Reaktionopeus ja siihen vaikuttavat seikat	Lähtöaineiden määrän vaikutus reaktionopeuteen, tiedon kerääminen ja sen analysoiminen	Oppilas oppii tekemään luonnontieteellisen tutkimuksen sekä tulkitsemaan ja esittämään tuloksia	Raaka-aineet ja tuotteet: alkuaineiden ja yhdisteiden merkitseminen, luokittelu ja erottaminen sekä reaktionopeuksien vertailu, reaktioyhtälöiden tulkitseminen sekä yksinkertaisten reaktioyhtälöiden tasapainottaminen
6 Sydän puhdasta metallia	Elektrolyysi, hapetus-pelkistysreaktio	Elektrolyysin toimintaperiaatteen kertaus	Oppilas oppii tuntemaan aineiden ominaisuuksia kuvaavia fysikaalisia ja kemiallisia käsitteitä ja käyttämään niitä, oppii kuvailemaan ja mallintamaan kemiallisia reaktioita reaktioyhtälöiden avulla, oppii soveltamaan omia tietojaan käytännön tilanteissa ja valinnoissa	Raaka-aineet ja tuotteet: sähkökemiallisia ilmiöitä, sähköpari, elektrolyysi ja niiden sovellukset

- Työ 1: Turvallinen kemia (Hankaniemi Hanna & Piipponen Laura)
"Työssä tehdään muutamia yksinkertaisia kokeellisia töitä ja demonstraatioita, joiden avulla oppilaille opetetaan kuinka laboratoriossa työskennellään turvallisesti ja havainnollistetaan, miksi turvallisuusohjeiden noudattaminen on erittäin tärkeää."



Työn kuvauksen mukaisesti työn tavoitteena on turvallisen laboratoriotyökentelyn perusteiden läpikäyminen ja sen merkityksen perusteleminen konkretisoimalla oppilaalle, mitä tapahtuu jos työturvallisuuteen ei kiinnitetä tarpeeksihuomiota. Oiva esimerkki tästä on ensimmäinen työ ”Happoa silmässä”, jossa ihmisen silmä korvataan munanvalkuaisella ja demonstroidaan, miten silmä tuhoutuu vahvan hapon vaikutuksesta peruuttamattomasti.

Työ on ensisijaisesti tarkoitettu perusopetukseen, mutta sitä voi käyttää myös lukiossa, esimerkiksi varmistamaan, että kaikilla opiskelijoilla on tarvittavat työturvallisuustaidot. Jos työtä käytetään lukiossa, sen teoriapohjaa voi laajentaa sopimaan tälle asteelle paremmin.

Työssä käydään läpi useita kemian käsitteitä, kuten hapot ja niiden vaikutus sekä palaminen. Työ antaa oppilaillemahdollisuuden tutustua ilmiöihin omin silmin. Oppiminen perustuu näin oppilaan omiin havaintoihin ja konkreettisiin tilanteisiin, jolloin prosessista tulee oppilaalle mielekästä.

- Työ 2: Napojen kemiallista tutkintaa (Kakkuri Helmi, Tähtinen Anna & Österman Kirsti)

”Indikaattoripaperilla voit tutkia pariston plus- ja miinuspäät. Kun asetat pariston navat indikaattoripaperia vasten, miinusnapa värjää paperin.”

Työssä tutkitaan paristoa ja havainnoidaan sen toimintaa indikaattorin ja suolaliuoksen avulla. Työn avulla voi alustaa tai kerrata koko joukon sähköopin keskeisiä käsitteitä, kuten anodin ja katodin toiminnan, hapettumisen ja pelkistymisen, puolireaktion käsitteen, suolasillan merkityksen, indikaattorin toiminnan, virran ja virtapiirin sekä sähkökemiallisen parin.

Tämä työ on suunnattu perusopetukseen, mutta sitä voi käyttää myös lukiossa ja silloin työn teoriapohjaa laajennetaan. Koska työssä esiintyy niin monta käsitettä, sen voi liittää useisiin eri kohtiin sekä perusopetuksen että lukion opetu suunnitelmassa.

- Työ 3: Kolamentos (Haatainen Outi & Saarni Jaana)

”Tässä työssä käytetään tutkivaa lähestymistapaa nuorille tuttuun ja kiinnostavaan ilmiöön, joka innostanee oppilaita kemian opiskeluun. Vaarattomilla, jokapäiväisillä ja edullisilla raaka-aineilla oppilaat pääsevät itse havaitsemaan ja tutkimaan miten ja miksi näyttävä efekti syntyy.”

Työssä tutkitaan colajuomien ja mentos-pastillien välistä reaktiota. Ennen työn aloittamista oppilailla on mahdollisuus tehdä hypoteesi siitä, mitä eri yhdistelmissä tapahtuu (sokeriton vs. sokerillinen cola tai mentos). Tämän jälkeen hypoteesit testataan tutkivaa lähestymistapaa käyttäen.

Työssä tulee hyvin esille ero fysikaalisen pintareaktion ja kemiallisen reaktion välillä. Aihepiiriltään työ on suunnattu perusopetukseen. Kuitenkin sen käyttö on mahdollistamyös lukiossa kannustamaan opiskelijoita käyttämään tutkivaa lähestymistapaa ja innostamaan heitä kemian opiskeluun ja tutkimiseen.

- Työ 4: Verijäljet (Bergström Jenny, Niskanen Ilmari, Pernaa Johannes, Savolainen Tapani)

"Työssä tutkitaan kemiakaalien avulla vaatekappaleista tahroja ja osoitetaan veritahrat muista tahroista. Työ perustuu kemialliseen luminesenssiin."

Verijäljet-työ antaa mahdollisuuden integroida kemian aiheisiin myös biologiaan ja fysiikkaan liittyviä asioita. Työssä veritahrat saadaan näkymään luminolin ja vetyperoksidin avulla. Tapahtuvassa hapetusreaktiossa katalyyttinä toimii veren hemoglobiinin rauta. Reaktiossa syntyy virittynyt lopputuote, joka purkaa virittyneen tilansa lähettämällä fotoneja eli valoa.

Opettaja voi käsitellä työtä hyvin monipuolisesti. Sitä voi käyttää peruskoulussa kiinnostuksen herättämiseksi sekä katalyytin tutkimiseen. Lukiossa teoriaosuutta voi laajentaa käsittämään edellisten lisäksi myös orbitaalit ja elektronin virittyminen. Virittymisestä päästään Bohrin atomimallin kumoamiseen sekä siihen, että reaktion aikana syntyvä energia ei välttämättä poistu systeemistä lämpönä, vaan tässä tapauksessa valona.

- Työ 5: Onko määrällä väliä? (Kaksonen Kai)

"Työn tarkoituksena on konkreettisesti osoittaa oppilaalle mikä on lähtöaineiden konsentraation merkitys reaktionopeuteen. Työn etuna on, että se selkeästi ja mitattavasti havainnollistaa ilmiötä, jota voi myös halutessaan tutkia graafisesti."

Työssä tutkitaan lähtöaineiden vaikutusta reaktionopeuteen. Työ toteutetaan mittaamalla, kuinka paljon kaasua syntyy natriumvetykarbonaatin ja happoliuoksen reagoidessa keskenään siten, kun happoliuoksen vahvuuttamuunnellaan. Koska reaktioyhtälön mukaan hiilidoksidikaasua syntyy samassa suhteessa kuin happoliuosta kuluu, oppilaalle voidaan havainnollistaa reaktionopeuden riippuvuutta lähtöaineiden määrästä.

Työhön voidaan liittää reaktionopeuden käsittelyn lisäksi myös laboratorio-taitojen läpikäynti. Jos opettaja ei tee erivahvuisia happoliuoksia oppilaille valmiiksi, voidaan tunnilla harjoitella tarkkaa mittausta, liuottamista ja laimentamista. Myös natriumvetykarbonaatti tulee punnita tarkasti, jotta sitä tulee jokaiseen happoliuokseen yhtä paljon.

- Työ 6: Sydän puhdasta metallia (Tuomisto Maiju)

"Elektrolyysilaitteisto on suljettu virtapiiri, jossa sähkö saa aikaan kemiallisia reaktioita. Virtalähde pitää yllä napojen välistä varauseroa eli jännitettä. Elektronit kulkevat johtimia pitkin positiiviselta navalta negatiiviselle."

Tämä elektrolyysityö havainnollistaa oppilaalle konkreettisesti elektrolyysin periaatteen. Työssä päällystetään metallilevy toisella metallilla suolaliuosta ja sähkövirtaa apuna käyttäen. Myös sähkö johtamisen ja eristämisen käsitteet tulevat tutuksi steariinihapon toimiessa eristeenä. Lopussa olevat kokoavat kysymykset sekä kaaviokuvan piirtäminen laitteistosta auttavat uusien havaintojen ymmärtämisessä.



Työ on opetuksellisen hyödyllisyytensä lisäksi myös hauska ja tarjoaa oppilaalle luonnollisen tilaisuuden havaita, että kemia on läsnä kaikkialla, niin laboratorioissa kuin arkisissa tapahtumissakin.

Lukioon sopivat työt

Molemmat taulukossa 2 esitetyt työt on tehty muokkaamalla olemassa olevia englanninkielisiä työohjeita. Työohjeet on suomennettu, testattu ja kehitetty edelleen suomalaiseseen opetukseen sopiviksi.

TAULUKKO 2. Uudet kokeelliset työt lukio-opetukseen

Työn nimi	Tutkittava aihe	Opetukselliset tavoitteet	Ops-yhteys: Tavoitteet	Ops-yhteys: Sisällöt
1 Happamat hedelmät	Hedelmien happamuus, pH, titraaminen	Happo-emäsreaktiot, titraus	Oppilas osaa tutkia kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita, tuntee erotus- ja tunnistamismenetelmiä sekä osaa valmistaa liuoksia (KE1)	Orgaanisia yhdisteryhmiä, kuten hiilivetyjä, orgaanisia happiyhdisteitä, orgaanisia typpiyhdisteitä sekä niiden ominaisuuksia ja sovelluksia (KE1), erilaiset seokset, ainemäärä, pitoisuus (KE1)
2 Rasvoissa on eroa	Rasvojen ominaisuudet ja reaktiot	Rasvojen tutkiminen, tyydyttyneisyys / tyydyttymättömyys, reaktiomekanismit, byretin käyttö	Oppilas osaa orgaanisten yhdisteiden rakenteita, niiden ominaisuuksia ja reaktioita sekä ymmärtää niiden merkityksen ihmiselle ja elinympäristölle (KE1), tuntee aineen rakenteen ja ominaisuuksien välisiä yhteyksiä (KE2)	Kemiallisen reaktion symbolinen ilmaisu (KE3), epäorgaanisia ja orgaanisia reaktiotyyppejä, mekanismeja sekä sovelluksia (KE3)

- Työ 1: Happamat hedelmät (Jäppinen Voitto, Stähle Ida, Tiala Heidi)
"Työssä on tarkoitus oppia tutkimaan kokeellisesti orgaanisten yhdisteiden ominaisuuksia ja reaktioita. Lisäksi opitaan käyttämään tunnistusmenetelmiä ja liuoksia."

Työssä tutkitaan eri hedelmien mehuja sekä näiden happopitoisuutta titraamalla mehut emäksellä. Titrauksen lisäksi työssä tutustutaan myös muihin laboratoriokäytäntöihin, kuten tarkkuuden merkitykseen, liuosten valmistamiseen, hypoteesin tekemiseen ja testaamiseen sekä tulosten luotettavuuteen. Koonnissa käydään läpi neutralointi sekä tehdään siihen liittyviä laskuja. Työhön liittyvät virittäytymistehtävät antavat hyvän pohjan työn suorittamiselle niin motivaation kuin taitojenkin suhteen.

Happamat hedelmät -työ on ensisijaisesti lukiossa tehtävä työ, mutta osittain yksinkertaistettuna se soveltuu myös peruskouluun. Hapot ja emäkset sekä niiden väliset reaktiot muodostavat yhden kemian peruspilareista, joten ne voidaan helposti liittää useaankin lukion kurssiin.

- Työ 2: Rasvoissa on eroa! (Sippel Klaus)
"Ravintoaineiden kemia on mielenkiintoista, motivoivaa ja ajankohtaista. Ravinnon määrällä ja laadulla on suuri merkitys hyvinvoinnille ja myös markkina-voimat tiedostavat tämän; elintarvikkeita muokataan terveellisemmiksi ja mainokset vilisevät kemian termejä muun muassa rasvoista. Tässä työssä perehdytään rasvojen tyydyttyneisyyteen ja siihen liittyvään kuluttajatietouteen."



Työn avulla on tarkoitus perehdyttää oppilaat rasvojenmaailmaan, niiden rakenteisiin ja eroavaisuuksiin. Työn suoritettuaan oppilas pystyy tulkitsemaan erilaisten tuotteiden rasvasisältöä tuoteselosteen perusteella. Työssä käydään läpi myös tyydyttyneisyyden ja tyydyttymättömyyden käsitteet sekä näiden ominaisuuksien vaikutus terveyteen.

Rasvojen kautta työssä käsitellään myös mm. orgaanisten yhdisteiden reaktioita, reaktioiden mekanismeja sekä elektrofiilistä additioreaktiota. Työn voi liittää esimerkiksi ensimmäiseen, toiseen tai kolmanteen kurssiin.

Loppusanat

Mielekäs kokeellisuus on olennaista merkityksellisen kemian oppimisen tukena. Oppilaat tarvitsevat mielekkäitä haasteita korkeamman tason ajattelutaitojen kehittämiseksi ja syvällisen kemian ymmärtämisen tueksi. On tärkeää antaa oppilaille vahva perusta sekä hyvät työkalut tulevaisuutta varten. Tulevaisuuden opettajat, tutkijat ja tietentekijät sekä eri ammattien osaajat aloittavat taipaleensa perusopetuksesta tai lukiosta!

Lähteet

Aksela, M. 2005. Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach. Doctoral dissertation. The Department of Chemistry, University of Helsinki. Ks.

<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/> (17.09.2007).

Domin, D. S. 1999. A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76. 543–547.

Kokeellisia työohjeita. 2007. Kemian opetuksen keskus. Ks.

<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/palvelut/opetusaineistot/kokeellisuus.htm> (17.9.2007)

Lavonen, J. & Meisalo, V. 2007. Kokeellisuus ja oppiminen

<http://www.edu.fi/pageLast.asp?path=498,1329,1520,21839,48358,48360> (17.9.2007)



Luova – nuorten luonnontiede verkkolehti

Veli-Matti Vesterinen
Maija Aksela
LUMA-keskus, Helsingin yliopisto

Suomen ensimmäinen nuorten luonnontiede verkkolehti Luova tarjoaa 13–18-vuotiaille nuorille mahdollisuuden tutustua luonnontieteisiin, tutkimukseen ja innovaatioihin liittyvään löytämisen, keksimisen ja luovuuden iloon. Päämääränä on tukea ja kasvattaa kiinnostusta sekä avata uusia näkökulmia luonnontieteisiin, matematiikkaan ja teknologiaan. Myös nuorten kiinnostusta kemiaan ja kemian opiskelua pyritään tukemaan lehdessä monipuolisesti. Luova avattiin syyskuun 20. päivä 2007. Lehti on otettu hyvin vastaan sekä nuorten että opettajien keskuudessa.

Avainsanat:

Nuoret, verkkolehti, informaali opetus

Johdanto

Nuoret tarvitsevat tukea luonnontieteiden, matematiikan ja teknologian mielekkäseen opiskeluun. PISA-tutkimuksen mukaan nuorten matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen on kansainvälisesti hyvällä tasolla, mutta he eivät toivotussamäärin valitse lukiossa näiden oppiaineiden kursseja eivätkä hakeudumatta matemaattis-luonnontieteellisille ja niitä soveltaville aloille lukion jälkeisiin opintoihin (Reinikainen 2002). Nuorten kiinnostus ko. aineita kohtaan on usein liian vähäistä. Kansainvälisen ROSE (The Relevance of Science Education) ja Tiedebarometri tutkimusten mukaan monet tieteeseen ja uusiin innovaatioihin liittyvät kysymykset kuitenkin kiinnostavat nuoria (ks. Lavonen ym. 2005; Tiedebarometri 2004). Nuorten luonnontiede verkkolehti -hanke syntyi ajatuksesta herättää ja tukea nuorten kiinnostusta sekä kasvattaa kiinnostusta matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian opiskelua kohtaan. Sen tavoitteena on tuoda esille erityisesti suomalaista luonnontieteiden osaamista sekä tiedottaa nuoria heille tarkoitetuista tapahtumista ja kursseista. Verkkolehti on ensimmäinen nuorille suunnattu luonnontieteellinen foorumi Suomessa.

Luova-verkkolehden missiona on tarjota 13–18-vuotiaille nuorille mahdollisuus tutustua luonnontieteisiin, matematiikkaan, tutkimukseen ja innovaatioihin liittyvään löytämisen, keksimisen ja luovuuden iloon. Päämääränä on tukea ja kasvattaa kiinnostusta sekä avata uusia näkökulmia luonnontieteisiin, matematiikkaan, tietotekniikkaan ja teknologiaan. Luovan tavoitteena on olla kehittyvä ja kiinnostava tutkijoiden, opettajien ja nuorten kohtauspaikka – nuorten omaa aktiivisuutta ja innostusta tukeva lähde, jonka kautta nuoret vuorovaikuttavat ja välittävät innostustaan eteenpäin. Verkkolehti välittää myös kuvaa eturivin tieteestä ja uudesta teknologiasta sekä niiden tuomistamahdollisuuksista. Tavoitteena on, että verkkolehti toimii kansainvälisesti esimerkkinä onnistuneesta tavasta tukea nuorten kiinnostusta.

Lehden julkaisija on valtakunnallinen LUMA-keskus, joka on Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan koordinoima sateenvarjo-organisaatio. LUMA-keskuksen tavoitteena on yhteistyössä eri tahojen kanssa tukea ja edistää luon-



nontieteiden, matematiikan ja teknologian opetusta ja oppimista kaikilla asteilla varhaiskasvatuksesta yliopistoon sekä lasten ja nuorten luonnontieteellistä, matemaattista ja teknologista harrastuneisuutta. Yhteistyötahoina ovat *Opetusministeriö, Opetushallitus, Helsingin kaupungin opetusvirasto* (edustaa Suomen kuntia), *Helsingin yliopiston kolme tiedekuntaa* (biotieteellinen, käyttäytymistieteellinen ja matemaattisluonnontieteellinen), *Teknillinen korkeakoulu* sekä koko *Suomen elinkeinoelämä* (Taloudellinen tiedotustoimisto ry, Kemianteollisuus ry, Metsäteollisuus ry ja Teknologiateollisuus ry). Lisäksi lehden yhteistyötahoina ovat mukana Suomen oppilaitokset ja korkeakoulut sekä muita tahoja kuten *Suomen Akatemia, Tekes, Ilmatieteen laitos, Kerhokeskus – koulutyön tuki ry, Matematiikkalehti Solmu, Merentutkimuslaitos, Tiedekeskus Heureka, Ursa ry ja WWF Suomi*. Yhteistyötä tehdään lisäksi *Matemaattisten aineiden opettajien liiton MAOL ry:n ja Biologian ja maantieteen opettajien liiton BMOL ry:n* kanssa.

Lehdestä julkaistaan myös ruotsinkielistä versiota yhteistyössä *Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan* -projektin kanssa. Projektissa ovat mukana Helsingin yliopiston lisäksi *Åbo Akademi, Arcada ja Svenska Yrkeshögskolan*.

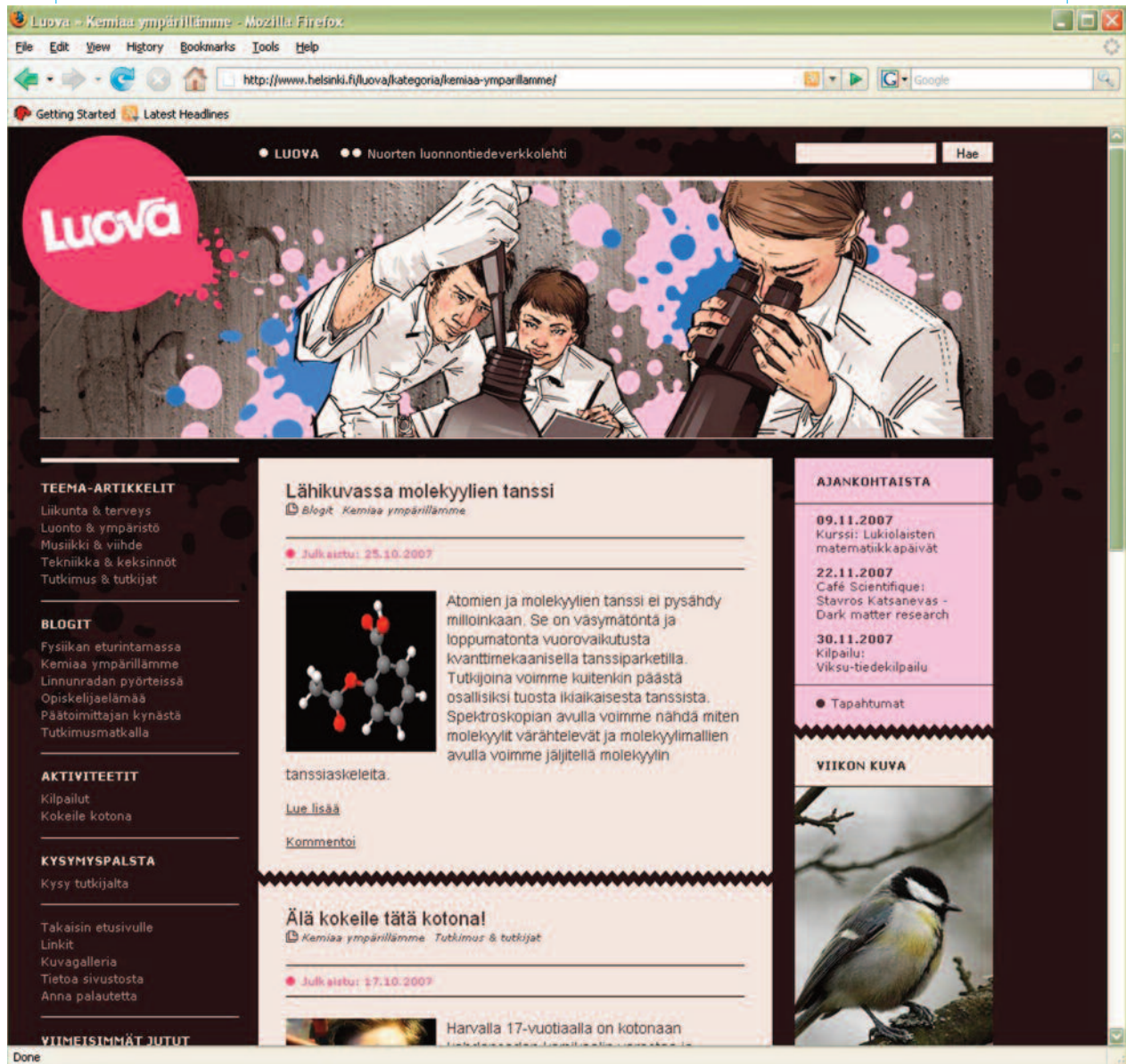
Julkaisuorganisaatio

Lehden julkaisusta vastaa päätoimittaja. Päätoimittajan työtä valvoo toimitusneuvosto, jokamäärittelee lehden linjaukset ja hyväksyy toiminta- ja taloussuunnitelmat. Julkaisuorganisaatiossa toimii kolme ryhmää, joiden toimintaa päätoimittaja koordinoi.

Toimittajaryhmä tuottaa artikkeleita jamuuta sisältöä (kuten kuvitusta, videoita ja interaktiivisia elementtejä). Osa toimitusryhmästä on sitoutunut tuottamaan artikkeleita säännöllisesti. Yliopistojen ja korkeakoulujen edustajat ovat usein mukana avustajina, jotka tuottavat omalta erikoisalaltaan yksittäisiä teema-artikkeleita pyynnöstä tai kiinnostuksensa mukaan. Uutta materiaalia tuotetaan sivustolle lähes päivittäin. Kaikki artikkelit tarkastetaan ja viimeistellään toimitussihteerin toimesta ennen julkaisua. Toimittajakuntaan kuuluu tutkijoiden, asiantuntijoiden, tiedekasvatustajien ja yliopisto-opiskelijoiden lisäksi kohderyhmään kuuluvia nuoria.

Julkaisutekniikan ryhmä toteuttaa verkkojulkaisemisen. Vuonna 2007 ryhmä on suunnitellut ja toteuttanut julkaisujärjestelmän käyttöönoton. Ryhmä on suunnitellut ja toteuttanut myös verkkolehden käyttöliittymän ja visuaalisen ulkoasun. Ryhmässä on asiantuntijoita Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen laitokselta ja Opetusteknologiakeskukselta sekä web-suunnittelija TAT-ryhmästä. Visuaalinen ilmeen on suunnitellut graafikko. Lehden ulkoasua ja käytettävyyttä kehitetään aktiivisesti huomioiden käyttäjien antama palaute.

Markkinointi- ja viestintäryhmä pohtii, kuinka lehti tavoittaa kohderyhmän. Tavoitteena on yksittäisten kävijöiden lisäksi luoda aktiivisten käyttäjien ryhmä, joka osallistuu aktiivisesti verkkofoorumin kehittämiseen. Verkkolehti toimii yhteistyössä esimerkiksi Helsingin yliopiston ja Helsingin kaupungin Helsinki.fi-portaalin kanssa. Markkinointi- ja viestintäryhmä kerää käyttäjiltä palautetta ja seuraa verkkolehden lukijamääriä.



KUVIO. Luova-verkkolehden etusivu. Lehden visuaalinen ilme on nuorekas, mutta ei unohda käytettävyyttä. Julkaisujärjestelmän ansiosta sitä pystytään helposti uudistamaan

Tavoitteena tukea ja kasvattaa kiinnostusta

Verkkolehti pyrkii sekä herättämään että tukemaan nuorten omaa kiinnostusta. Lehden panostaa vahvasti nuorten osallistamiseen ja itse tekemisen aktivointiin. Satunnainenkin kävijä voi antaa oman panoksensa vuorovaikutteisten elementtien, kuten galluppien, kilpailuiden ja kysymyspalstan kautta. Esimerkiksi mahdollisuus esittää tutkijoille kysymyksiä on koettu kansainvälisestikin hyväksi tavaksi tukea nuorten omaa kiinnostusta (Baram-Tsabari ym. 2006). Sivulla kerätään myös toivomuksia tulevista juttuaiheista, jotta löydetään nuoria kiinnostavat aiheet.

Sivulle kootaan myös ajankohtaisia tapahtumia, kilpailuita ja muuta matemaatiikkaan, teknologiaan ja luonnontieteisiin liittyvää toimintaa. Kahden kuukauden ai-



kana lehdessä on julkaistu useita blogeja, artikkeleita ja aktiviteetteja kemiaan liittyen, esimerkiksi *Molekyylien ikuinen tanssi*, *Vihreää kemiaa katalyyteillä*, *Älä kokeile tätä koton* (nuori kemian harrastaja kertoo harrastuksestaan), *Ihmelima ja Lähikuvassa molekyylien tanssi*. Videoiden ja kuvien avulla on pyritty elävöittämään ko. artikkeleita. Kuvia osastolla julkaistaan kuvia kemian tutkimusvälineistä, joita kouluista ei yleensä löydy.

Jo erilaista leiritoimintaa on erilaisten tiede-, teknologia-, luonto-, tähtitiede- ja matematiikkaleirienmuodossa niin valtavasti, että sitä on ollut lähesmahdoton seurata. Verkkolehti kokoaa kaiken kohderyhmälle tarjotun toiminnan yhteen paikkaan, jossa se on kaikkien kiinnostuneiden nähtävillä.

Toimittajakuntaan kuuluu tutkijoiden, tiedekasvattajien ja yliopisto-opiskelijoiden lisäksi kohderyhmään kuuluvia nuoria. Blogeista voi lukea esimerkiksi IB-opiskelusta ja kemian harrastamisesta. Toimitusryhmän nuoret tuottavat blogien lisäksi myös teema-artikkeleita teknologiasta ja tieteestä. Uusia nuoria etsitään aktiivisesti kaikilta koulutustasoilta ja koulutuspoluilta. Nuoria myös palkitaan kirjoittamisesta julkaisupalkkioilla.

Luova-lehti on jatkuvasti päivittyvä verkkofoorumi. Usein päivittyvä materiaali pitää mielenkiinnon yllä ja saa lukijat palaamaan verkkolehden usein. Lehdessä tuotetaan myös RSS- ja ATOM-syöte, jotka mahdollistavat uusien artikkelien välittämisen suoraan käyttäjän lukuohjelmaan ja helpottavat uutisten seuraamista.

Tarkoituksena on luoda verkkolehdestä nuorten aktiivisuutta tukeva foorumi, jonka kautta nuoret välittävät innostustaan eteenpäin. Tavoitteena on, että vuoteen 2009mennessä Luova on vakiinnuttanut asemansa kehittyvänä ja kiinnostavana tutkijoiden, opettajien ja nuorten kohtauspaikkana.

Palaute mukana kehitystyössä

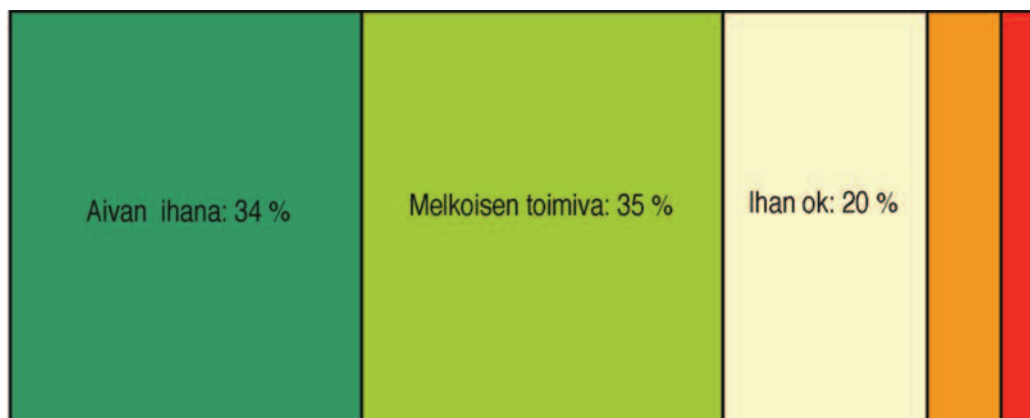
Nuorten verkkolehden kehittämisessä on alusta saakka pyritty huomioimaan nuorten antama palaute. Vapaan palautteen lisäksi käyttäjiä on pyydetty kyselytutkimuksella arvioimaan esimerkiksi lehden sisällön kiinnostavuutta.

Lehden kiinnostavimpana aihealueina pidettiin lukijakyselyssä (n=101) *luontoa* ja *ympäristöä* (39 % lukijoista) sekä *tekniikkaa* ja *keksintöjä* (25 %). Aihealueet tutkimus ja tutkijat (15 %), *kauneus* ja *terveys* (12 %) sekä *musiikki* ja *viihde* (9 %) kiinnostivat vähemmän.

Palaute on pääosin ollut positiivista, joka näkyy oheisessa taulukossa, johon on koottu lukijakyselyn (n=74) tulokset.



TAULUKKO. Nuorten mielipiteitä Luova-verkkolehdestä



Lehti opetuksen tukena

Lehti on informaali oppimisympäristö, jonka tavoitteena on tavoittaa nuori myös kouluajan ulkopuolella. Vaikka ensisijainen kohderyhmä ovat nuoret, myös opettajat ja heidän tarpeensa on pyritty huomioimaan. LUMA-keskuksen kotisivulle kerätään ohjeita ja ideoita siitä, kuinka lehteä voi käyttää tukemaan perus- ja lukioopetusta sekä ammatillista opetusta. Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden opetuksen lisäksi lehti tukee opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus 2003 ja 2004) mainittujen aihekokonaisuuksien, kuten ihminen ja teknologia sekä osallistuva kansalaisuus ja yrittäjyys, opettamista ja oppimista. Oivaltamisen iloa ja elämyksiä Luovasta!

Lähteet

Baram-Tsabari, A., Sethi R. J., Bry L., & Yarden, A. 2006. Using questions sent to an Ask-A-Scientist site to identify children's interests in science. *Science Education*, 90(6). 1 050–1 072.

Lavonen, J., Juuti, K., Meisalo, V., Uitto, A. & Byman, R. 2005. Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Teoksessa Manninen, A., Miettinen, K. & Kiviniemi, K. (Toim.), *Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education*. Technology Industries of Finland. Helsinki.

Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003. Opetushallitus. Helsinki.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Helsinki.

Reinikainen, P. 2002. Millaista on luonnontieteellinen osaaminen suomessa. Teoksessa Välijärvi, J. & Linnakylä, P. (toim.) *Tulevaisuuden osaajat: PISA 2000 Suomessa*. Koulutuksen tutkimuslaitos. Jyväskylä. 57–72.

Tiedebarometri 2004 – Tutkimus suomalaisten suhtautumisesta tieteeseen ja tieteellistekniseen kehitykseen. Tieteen tiedotus ry. Julkaistu verkossa osoitteessa (<http://www.sci.fi/~yhdys/tb2/tiedebaro2.htm>).

Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan

Bengt Stenlund
Markus Norrby
Åbo Academy

För att Finland skall kunna möta morgondagens utmaningar är vi beroende av innovativt tänkande och högtstående skolundervisning och högre utbildning. Lärarna är utan tvivel den viktigaste gruppen i vårt samhälle när det gäller att ge morgondagens arbetare och beslutsfattare förutsättningar för att bygga en hållbar framtid. Vi är många som håller med om det här, och därför har ett Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan startats från början av år 2007.

Vi inser betydelsen av alla lärare i alla ämnen på alla nivåer och beundrar den insats de gör. Men på senare år har intresset bland elever och studenter minskat tydligt inom naturvetenskapligt och tekniskt inriktade ämnen. Därför vill resurscentret speciellt uppmuntra lärarna och stöda undervisningen inom dessa ämnesområden. Resurscentret skall finnas till för hela Svenskfinland. Därför finns vi inte koncentrerade till en enda plats. Vi har personal i Vasa, Åbo och Helsingfors. Från dessa orter vill vi nå regionerna Österbotten, Åboland (inkluderande Åland) och Nyland. Och en speciell satsning görs för att stöda svenskspråkiga skolor på de huvudsakligen finskspråkiga orterna Björneborg, Tammerfors och Uleåborg. Under det första året inriktar vi oss mest på högstudier och gymnasier men efter hand kommer vi att satsa allt mer på lågstadierna. Vi är medvetna om att vi inte kan komma utifrån och lösa alla problem. Vi vet att det bara är lärarna som känner sina elever och deras förhållanden. Men vi vill arbeta för att ge lärarna mer ämnesfortbildning, hjälpa till att sälja fram intressant undervisningsmaterial och inte minst upprätta fysiska mötesplatser för lärarna där de kan umgås och utbyta idéer och erfarenheter. Vi vill dessutom arbeta för att göra kopplingen mellan skolundervisningen och arbetslivet tydligare och göra det vi kan bland eleverna för att matematik, fysik och kemi ska bli ämnen som fler tycker är intressanta, ämnen de gärna skulle läsa mer av. I Helsingfors finns vi i Arcada, med en del verksamhet vid Mattelandet, ett projekt som utvecklats av Helsingfors stad. Vid Åbo Akademi i Vasa finns redan Kemididaktiskt Resurscentrum. Detta kompletteras med fysikinriktad verksamhet med stöd från Svenska Yrkehögskolan. Projektet administreras av personal vid Åbo Akademis fortbildningscentral. En samlingspunkt i Åbo är Axelias bibliotek och den lokala verksamheten sker tillsammans med Tekniska fakulteten och Matematisk-naturvetenskapliga fakulteten.

Resurscentrets vision

Vi vill...

... skapa intresse för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan så att elevernas valmöjligheter i kommande utbildning breddas



... främja växelverkan mellan skolor, näringsliv och högre utbildning för att öka elevernas förståelse för naturvetenskapernas och teknologins betydelse för hållbar samhällsutveckling

... bidra till att stärka lärarnas ämneskunskaper och öka förutsättningarna för innovativ undervisning

Våra samarbetspartners

Resurscentret är ett treårsprojekt som startat på initiativ av Svenska tekniska vetenskapsakademien i Finland (STV). I första hand samarbetar vi med Åbo Akademi, yrkeshögskolan Arcada och Svenska yrkeshögskolan. Vi arbetar även tillsammans med Helsingfors universitets svenskspråkiga avdelningar och speciellt LUMA-centret. Vi samarbetar med många andra också, och listan på samarbetspartners växer hela tiden. Ett viktigt exempel är Nationella centret för matematikutbildning vid Göteborgs universitet.

Projektet finansieras från många olika håll, bland annat av Svenska kulturfonden, Teknologiindustrin rf:s 100-årsstiftelse, undervisningsministeriet, utbildningsstyrelsen, Walter Ahlströms stiftelse, Magnus Ehrnrooths stiftelse och STV.

Vår verksamhet

Ett exempel på centrets verksamhet i praktiken är de studiecirkelar som startat under våren 2007 på alla tre verksamhetsorter. Dessutom ordnas temakvällar och andra evenemang där lärare kan träffas, diskutera aktuella frågor och utveckla sina yrkeskunskaper. En viktig målsättning är att upprätta kontakter mellan svenskspråkiga skolor och näringslivet/industrin. För detta ändamål har st diecirkelverksamhet inletts under hösten 2007 såväl i Åbo som i Helsingfors.

Resurscentret engagerar sig i lågstadielärarnas fortbildning i fysik och kemi och publicerar informationsbrev till alla lärare inom centrets ämnesområden. Breven innehåller tips om enkla laborationer, bokrecensioner, information om konferenser och fortbildning och annan information som kan vara nyttig för lärarna.

Resurscentrets representanter besöker skolorna för att lyssna till lärarnas önskemål och behov gällande centrets verksamhet. Vi arbetar ivrigt med att utveckla industribesök och möjligheter att utföra skollaborationer vid högskolornas laboratorier.

Det är glädjande att LUMA-centret startat den nya webbpublikationen LUOVA som ger information om naturvetenskap och teknik till skolungdomar. För att informationen skall bli mera tillgänglig för svenskspråkiga skolelever har Resurscentret engagerat en svenskspråkig redaktör med uppgift att producera svenskspråkiga artiklar och editera svenskspråkigt material för webbtidningen.

Hemsidan www.skolresurs.fi är en av de viktigaste knutpunkterna för vårt arbete. Inget kan ersätta mänskliga kontakter, men vi arbetar kontinuerligt med att utveckla en webbplats som kan vara till största möjliga nytta för våra lärare.

