

TUNTOPALAUTE TIHEYDEN JA TASAPAINON TUTKIMISESSA

Tapaustutkimus tuntopalauteteknologian käyttöönottamisesta peruskoulun
fysiikan oppimisympäristössä

Erika Tanhua-Piiroinen

Tampereen yliopisto
Kasvatustieteiden yksikkö
Pro gradu -tutkielma
Aikuiskasvatus
Joulukuu 2012

Tampereen yliopisto
Kasvatustieteiden yksikkö
Elinikäisen oppimisen ja kasvatuksen koulutus
TANHUA-PIIROINEN ERIKA: Tuntopalaute tiheyden ja tasapainon tutkimisessa -
Tapaustutkimus tuntopalaute teknologian käyttöönottamisesta peruskoulun fysiikan
oppimisympäristössä
Pro gradu -tutkielma, 82 sivua, 2 liitesivua.
Aikuiskasvatus
Joulukuu 2012

TIIVISTELMÄ

Tuntoaistiin perustuvia tietokoneohjelmia on tutkittu erilaisissa virtuaalisissa oppimisympäristöissä, kuten näkövammaisten oppilaiden oppimisen tukena sekä lääketieteen opiskelussa. Kouluympäristössä ja tavallisessa luokkahuoneopetuksessa niiden käyttäminen on toistaiseksi kuitenkin ollut vähäistä.

Tässä pro gradu -tutkimuksessa tutkittiin peruskoulun 8. luokan oppilaiden ja heidän opettajansa kokemuksia tuntoaistia hyödyntävistä tietokonesovelluksista, jotka suunniteltiin ja toteutettiin fysiikan oppisisältöihin ”tiheys” sekä ”vipu ja tasapaino”. Miten tuntopalautesovellusten käyttäminen koettiin, toivatko ne ilmiöiden oppimiseen lisäarvoa, ja koettiinko niistä saatavan hyötyä oppimiseen? Vai oliko niistä kenties jotain haittaa? Tutkimus toteutettiin designtutkimusta soveltaen tapaustutkimuksena, jossa oppiminen määriteltiin sosiokulttuurisesta näkökulmasta oppilaiden aktiivisena tutkivana toimintana. Tutkimusaineistona käytettiin opettajan ja oppilaiden haastatteluja, oppilaiden kirjallisia vastauksia tutkijan esittämiin kysymyksiin, opettajan kirjoittamia kuvauksia kokemuksistaan ja ajatuksistaan sekä tutkijan havaintoja oppitunneilta.

Sekä oppilaat että opettaja ottivat ohjelmat innostuneesti käyttöön ja heidän arvionsa niiden toiminnasta olivat pääasiassa myönteisiä. Vaikka sovellukset olivat toiminnoiltaan yksinkertaisia ja niistä puuttuivat esimerkiksi pelilliset elementit, toivat ne sekä oppilaiden että opettajan mukaan oppimiseen jotain, mitä perinteisillä fysiikan luokan välineillä ei saavuteta. Vipu-ohjelman avulla oppilaille havainnollistui vivun liikuttamiseen tarvittavan voiman määrä tasapainotilan saavuttamiseksi, ja ilmiö ymmärrettiin ohjelmalla paremmin kuin perinteisillä välineillä. Myös opettaja havaitsi, että vasta tuntopalauteohjelman avulla ilmiö ymmärrettiin, vaikka oppilaat aikaisempina vuosinakin olivat oppineet tasapainoyhtälöön liittyviä tehtäviä mekaanisesti ratkaisemaan.

Tiheys-ohjelman selkeä lisäarvo oli sellaisten alkuaineiden tiheyden ja massan tutkiminen, joita ei voi tuoda luokkaan esimerkiksi niiden vaarallisuuden tai kalleuden vuoksi. Myös alkuaineiden massojen vertailu konkretisoitui ohjelman avulla. Uusi teknologia toi mukanaan tietysti myös haasteita. Opettajan oli muun muassa muutettava aiemmin käyttämiään tuntuunnetelmia ja oltava valmis sietämään epävarmuutta uudessa tilanteessa.

Avainsanat: fysiikan opiskelu, tuntopalaute, tutkiva oppiminen, tapaustutkimus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	OPPIMINEN SOSIOKULTTUURISESTA NÄKÖKULMASTA	8
2.1	Konstruktivistinen oppimiskäsitys	10
2.2	Kokemuksellinen oppiminen	11
2.3	Tutkiva oppiminen	12
3	TIETOTEKNIikka OPETUKSESSA JA OPPIMISESSA	15
3.1	Fysiikan ja kemian opiskelu tietotekniikan avulla	18
3.2	Tuntoaistiin perustuva vuorovaikutus ihmisen ja tietokoneen välillä	20
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	25
4.1	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset	25
4.2	Tutkimusmenetelmät	25
4.2.1	Designitutkimus	26
4.2.2	Tapaustutkimus	29
4.3	Tutkimusaineistot	31
4.4	Analyysimenetelmät	33
4.5	Fysiikan oppimisovellukset	34
4.5.1	Lähtökohta ja tavoitteet	35
4.5.2	Fysiikan oppisisällöt	36
4.5.3	Novint Falcon – tuntopalaute-laite	37
4.5.4	Prototyyppien suunnittelu	38
4.5.5	Prototyyppien arviointi	38
4.5.6	Valmiit prototyypit	41
5	TAPAUSTUTKIMUKSEN KUVAUS JA TULOKSET	44
5.1	Opettajan ajatuksia ennen tuntopalauteohjelmien käyttöä	44
5.1.1	Opettajan ammattitaito ja toimintatavat	44
5.1.2	Teknisen laitteen ja ohjelman ominaisuudet	45
5.1.3	Oppimisprosessi, oppimiskäsitys ja oppilaat	45

5.2	Ensimmäinen tavallinen oppitunti – ilman tuntopalautesovelluksia.....	46
5.3	Oppilaiden ennakkokäsityksiä ennen tuntopalautetunteja.....	48
5.4	Ensimmäinen tuntopalautetunti: Tiheys	49
5.4.1	Opettajan ajatuksia Tiheys-tunnin jälkeen	51
5.4.2	Oppilaiden kokemuksia Tiheys-tunnin jälkeen.....	53
5.5	Toinen tuntopalautetunti: Tasapaino	56
5.5.1	Opettajan ajatuksia Tasapaino-tunnin jälkeen.....	58
5.5.2	Oppilaiden kokemuksia Tasapaino-tunnin jälkeen.....	60
6	TULOSTEN YHTEENVETO	63
6.1	Opettajan ja oppilaiden kokemukset	63
6.2	Sovellusten tuottama lisäarvo	64
6.3	Sovellusten hyödyllisyys	64
6.4	Sovellusten haitat ja huonot puolet	65
6.5	Oppimiskäsitys	65
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	67
7.1	Tuntopalauteohjelmat osana fysiikan oppimisympäristöä.....	67
7.2	Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys.....	69
7.3	Jatkotutkimusmahdollisuudet.....	75
	LÄHTEET	77
	LIITE 1: Tiedote oppilaiden koteihin.....	83
	LIITE 2 Osallistumis- ja kuvauslupa	84

1 JOHDANTO

Tieto- ja viestintäteknikkaa on pyritty hyödyntämään opetuksessa ja oppimisessa niin kauan kuin siihen soveltuvaa tekniikkaa on ollut saatavilla. Tellan (1997) mukaan ainakin jo 1960–70-luvuilla oli olemassa käsite Computer-Based Education (CBE) ja ensimmäisiä tietotekniikan opetuskäytön vaikuttavuustutkimuksia on tehty 1970-luvun alkupuolella (Sinko & Lehtinen 1998, 39). Teknologian mahdollisuuksia on erityisesti alkuaikoina ylikorostettu ja jopa kuviteltu tietokoneiden syrjäyttävän osan opettajista (Tella 1997, 258–259). Erilaisia utopioita on kehitetty etenkin tekoälytutkimuksen tiimoilta (Järvelä, Häkkinen & Lehtinen 2006, 8–9). Opetusteknologian ja myöhemmin tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön kehityksen teknologiavetoisuus on kuitenkin nähty ongelmallisena vuosituhannen vaihteen molemmin puolin. Viimeisten parinkymmenen vuoden aikana oppimisympäristöjen oppimisteoreettinen tutkimus ja kehittäminen ovatkin saaneet tutkijoita liikkeelle, ja 1990-luvun puolivälistä alkaen teknologian kehityksen, koulutuksen, opetuksen ja oppimisen suhdetta on tutkittu intensiivisesti (Järvelä ym. 2006, 11).

Tietokonesovelluksissa hyödynnetään perinteisesti näkö- ja kuuloaistia ohjelman ja käyttäjän välisessä vuorovaikutuksessa. Näistä näköaisti on selkeästi dominoiva: monissa niin sanotuissa työvälineohjelmissa, kuten tekstinkäsittely- ja taulukkolaskentaohjelmassa tai sähköpostinlukuohjelmassa, ei ääntä käytetä kuin korkeintaan virheilmoitusten yhteydessä. Pelit ja muut viihdesovellukset sen sijaan toimivat paljolti äänen ja kuvan varassa. Peleissä käytetään myös jo jonkin verran tuntopalautetta tuottavia laitteita, kuten värinäohjaimet ja -ohjauspyörät tai uusimmat liikkeeseen perustuvat peliohjaimet, kuten Kinect-ohjain Microsoftin Xbox360-pelikonsoliin tai Nintendon Wii. Varsinaisia tuntoaistiin perustuvia sovelluksia on myös kehitetty, ja niiden käytettävyyttä ja soveltuvuutta esimerkiksi näkövammaisten lasten käyttöön on tutkittu (Raisamo, Hippula, Patomäki, Tuominen, Pasto & Hasu, 2006; Saarinen, Järvi, Raisamo, Tuominen, Kangassalo, Peltola & Salo 2006; Sallnäs, Moll & Severinson Eklundh 2007; Rasmus-Gröhn, Magnusson & Efring 2007).

Tuntopalautesovelluksia on aiemmin tutkittu oppimiskonteksteissa muun muassa ProAgents-tutkimushankkeessa (Saarinen ym. 2006) sekä MICOLE-hankkeessa (MICOLE), joka oli laaja kansainvälinen tutkimusprojekti. ProAgents-hankkeessa suunniteltiin ja toteutettiin

maapalloon ja aurinkokuntaan liittyvä oppimissovellus, joka on suunnattu erityisesti näkövammaisille lapsille. Ohjelma perustuu tutkivan oppimisen lähestymistapaan, ja tutkimusprojektin yhteydessä on tutkittu paitsi sovelluksen käyttökelpoisuutta sinänsä, myös muun muassa lasten käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä tietokoneavusteisessa oppimisympäristössä (Tuominen & Peltola 2004). MICOLE-hankkeessa tutkittiin näkevien ja näkövammaisten lasten yhteistoimintaa moniaistisessa oppimisympäristössä muun muassa piirtämiseen, geometrian opiskeluun ja avaruuteen liittyvien sovellusten parissa. (Rassmus-Gröhn ym. 2007; Sallnäs ym. 2007; Tanhua-Piiroinen, Pasto, Raisamo & Sallnäs 2008) Hankkeen aikana erilaisia sovelluksia testattiin myös kouluissa.

Moniaistisista vuorovaikutustekniikoista on todettu olevan hyötyä näkövammaisten lasten tietokoneohjelmien käytössä ja myös oppimisessa (Raisamo ym. 2006; Saarinen ym. 2006; Sallnäs ym. 2007; Rassmus-Gröhn ym. 2007). Näkövammaiset oppilaat opiskelevat kuitenkin useimmiten yhdessä näkevien kanssa ihan tavallisissa luokissa inklusion periaatteen mukaisesti. Tällöin on niin opettajalle kuin oppilaille luontevaa, että koko luokka voi käyttää samoja sovelluksia oppimisen tukena. Moniaistiset sovellukset voivat tukea myös oppilaiden erilaisia oppimistyyliä. Esimerkiksi aktiiviset oppijat, jotka oppivat parhaiten itse kokeilemalla ja tekemällä asioita hyötyisivät todennäköisesti tuntoaistia hyödyntävästä sovelluksesta täydentämässä muiden aistien käyttöä. Oppimistyyliä ja niihin soveltuvia opetustapoja ovat tutkineet muun muassa Felder ja Silverman (1988).

Jo MICOLE-hankkeessa aloitettua näkevien ja näkövammaisten oppilaiden yhteistoiminnan tutkimista jatkettiin Suomen Akatemian rahoittamassa VISCOLE-tutkimusprojektissa. Tässä tutkimushankkeessa suunniteltiin ja toteutettiin moniaistisia sovelluksia, joita myös näkövammaisten lasten olisi helpompi käyttää, sekä pyrittiin kehittämään menetelmiä, joilla voidaan paremmin tukea lasten yhteistoimintaa oppimistilanteissa. Tutkimukseen kuului olennaisena osana sovellusten testaaminen lasten luonnollisissa oppimisympäristöissä, kouluissa. Tutkimushankkeen alkuperäisinä tavoitteina oli saada 1) käytännön tietoa näkövammaisille ja sokeille lapsille soveltuvista moniaistisista sovelluksista, 2) tietoa menetelmistä, joilla näkevien ja näkövammaisten lasten yhteistoimintaa voidaan sovellusten avulla tukea, 3) menetelmätietämystä tutkimuksen suorittamisesta lasten autenttisissa oppimisympäristöissä sekä 4) tietoa lasten yhteistoiminnan ja oppimisen muodoista.

Käytännössä näitä tavoitteita jouduttiin muokkaamaan tutkimuksen saaman rahoituspäätöksen ja mukaan löytyneen uuden yhteistyökumppanin (Ylöjärven koulutoimi) tuomien reunaehtojen vuoksi. Rahoitus vaikutti tutkijaresursseihin ja toisaalta Ylöjärven kouluissa ei ollut näkövammaisia oppilaita pilotoimaan sovelluksia – toisin kuin alkuvaiheessa ajatellussa toisessa kaupungissa. Alkuhaastattelut kuitenkin tehtiin tuon suuremman kaupungin kolmelle opettajalle, joilla oli luokassaan näkövammaisen oppilas. Nämä haastattelut antoivat suuntaa sovellusten suunnittelulle, jotta niistä olisi hyötyä hankkeen alkuperäiselle kohderyhmälle ja erityisesti yhteistyön tukemiseen näkevien ja näkövammaisten oppilaiden välillä.

Tutkimusprojekti eteni designitutkimuksena, jossa aiempien tutkimustulosten, näkövammaisia lapsia opettaneiden opettajien haastatteluiden sekä pilotointiin osallistuneen koulun opettajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta suunniteltiin ja toteutettiin näkö- ja tuntopalautetta hyödyntäviä sovelluksia. Näitä sovelluksia testattiin tutkijoiden ja opettajien toimesta sekä kokeiltiin autenttisissa oppimistilanteissa, jonka jälkeen kokeilujen tulosten pohjalta voitiin suunnitella uusia sovelluksia tai parantaa edellisiä. Tutkimushankkeen tavoitteena oli siis löytää sellaisia moniaistisia vuorovaikutustapoja oppilaiden ja teknologian välille, jotka auttavat näkevien ja näkövammaisten lasten yhteistoimintaa ja oppimista. Tämän hankkeen ensimmäisessä vaiheessa suunniteltiin ja toteutettiin tuntopalautesovelluksia fysiikan opetukseen ja hankkeessa tehtiin yhteistyötä Ylöjärven Opetus 2.0 -hankkeen kanssa (Tanhua-Piironen, Pystynen & Raisamo 2010).

Tämä pro gradu -tutkimukseni koskee tuota edellä kuvatun VISCOLE -hankkeen ensimmäistä vaihetta, jossa tuntopalautetta hyödyntävää ohjelmaa kokeiltiin peruskoulun kahdeksannen luokan fysiikan opetuksessa, normaalisti näkevien oppilaiden parissa. Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia kokemuksia oppilaat ja opettaja saivat uudesta oppimisen apuvälineestä, koettiinko siitä olevan hyötyä oppimiselle ja minkälaista lisäarvoa se toi oppimistilanteisiin – vai oliko siitä jotain haittaa.

2 OPPIMINEN SOSIOKULTTUURISESTA NÄKÖKULMASTA

Oppimisteoreettisessa keskustelussa on viimeisten vuosikymmenien kuluessa siirrytty ulkoisesta ärsyke–reaktio–selitysmallista yksilön sisäisten kognitiivisten mallien kautta nykyisin vallalla olevaan sosiokulttuuriseen näkökulmaan. Oppiminen ei ole sosiokulttuurisen teorian mukaan vain yksilön sisäistä kehittymistä, vaan se nähdään yksilöä laajemmin yhteisöllisenä ja kontekstisidonnaisena toimintana. Oppiminen ei myöskään rajoitu pelkästään institutionaaliseen toimintaan, kouluihin ja muihin muodollisiin kasvatukseen ja oppimisympäristöihin. Suuri osa päivittäistä oppimista tapahtuu arkipäivän toimintaympäristöissä niin sanottuna non-formaalina oppimisena, joko tiedostamattomasti tai oppijan tietoisena ja tavoitteellisenakin toimintana (esimerkiksi Eraut 2000, 116).

Kognitiivisen vallankumouksen jälkeen 1990-luvulla ovat saaneet jalansijaa kaksi toisistaan poikkeavaa näkemystä ihmisen mielen tai tajunnan toiminnasta, joita voidaan Brunerin (1996) mukaan kutsua tietokone- ja kulttuurimetäforaksi. Nämä taustalla olevat ajattelumallit vaikuttavat siihen, miten oppimista tulkitaan ja selitetään. Tietokonemetäforan mukaan oppiminen on tiedon muokkaamista ja prosessointia. Tieto itsessään on ”koodattua” ja asettunut tiettyyn suhteeseen aiemman tiedon kanssa. Kulttuurisen metaforan mukaan oppimista sen sijaan tutkitaan merkitysten tuottamisen ja tulkinnan näkökulmasta. Sen mukaan mieli tai ajattelu ei voi olla olemassa ilman kytköksiä kulttuuriin. (Bruner 1996, 1–3.)

Kulttuurisen näkökulman mukaan todellisuus muotoutuu tiettyssä kulttuurisessa ympäristössä ihmisten välittämien yhteisesti jaettujen symbolien avulla (Bruner 1996, 3). Oppiminen on näin ollen aina kontekstisidonnaista. Se tapahtuu tiettyssä ympäristössä, tiettyissä olosuhteissa ja tiettyssä sosiaalisessa tilanteessa. Vaikka oppija toimisi yksinkin, hän on vuorovaikutuksessa aikaisemman tiedon kanssa sen jossain välittyneessä muodossa, kuten luokassa esillä olevat oppimateriaalit (kirjat, työvälineet, havainnollistamiseen käytettävät materiaalit jne.) tai esimerkiksi tietoverkkoihin tallennetut aineistot. Oppimiseen vaikuttavia tekijöitä ovat yksittäisen oppijan kognitiivisten prosessien lisäksi siis se sosiaalinen yhteisö, jossa oppiminen tapahtuu sekä ne kulttuuriset välineet, joiden avulla oppimista tapahtuu. Yksittäisten ihmisten ajattelumallit, asenteet, tavat ja heidän kehittämänsä fyysiset välineet muokkaavat ympäristöä, ja näin ollen voidaan ajatella oppimisen olevan kaksisuuntaista

vuoropuhelua ihmisten ja heitä ympäröivän kulttuurisen ympäristön välillä. Yksilöt myös muuttavat ympäröivää kulttuuria. Oppimisessa on kyse siitä, mitä ihmiset oppivat sosiaalisissa tilanteissa ja miten he tuota oppimaansa käyttävät tulevaisuudessa (Säljö 2001, 11). Kulttuuri ja siihen liittyvät henkiset ja fyysiset välineet muuttuvat ja muuntuvat ihmisten ajattelun ja toiminnan myötä.

Oppimista tapahtuu kaiken aikaa ja kaikkialla, missä ihmiset ovat vuorovaikutuksessa ympäristön ja toistensa kanssa. Oppiminen ei siis ole rajoittunut vain tilanteisiin, joissa joku tarkoituksellisesti opettaa toiselle jotakin, vaan itse asiassa suurin osa päivittäisestä oppimisesta tapahtuu muissa yhteyksissä. Vuorovaikutus, jossa oppimista tapahtuu, voi olla suoraa ja samanaikaista tai se voi olla, niin kuin useimmissa tapauksissa, ajallisesti eriaikaista ja erilaisten kulttuuristen käytäntöjen välittämää (Säljö 2001, 11). Oppimisessa on siis sosiokulttuurisen ajattelutavan mukaan kysymys siitä, miten toimimme kulttuurisessa ympäristössämme muiden kanssa vuorovaikutuksessa niin, että kulttuurin henkinen, sosiaalinen ja materiaallinen pääoma lisääntyy ja muuttaa muotoaan. Oppiessaan yksilö omaksuu kulttuuriinsa ja ympäristöönsä kuuluvia ajattelun ja käytännön toimenpiteiden suorittamisen keinoja (mts, 19) ja muokkaa niitä edelleen.

Ihminen ei biologisena olentona ole paljon muuttunut vuosituhansien saatossa, mutta ihmisen kehittämät välineet ovat saaneet aikaan huiman kehityksen jopa sadan viime vuoden aikana, mitä tulee ihmisen käytössä oleviin teknisiin ja ajattelun välineisiin. Kun oppimista lähestytään sosiokulttuurisesta näkökulmasta, on tutkittava älyllisten välineiden kehittämistä ja käyttöä, fyysisten välineiden kehittämistä ja käyttöä sekä viestintää ja niitä erilaisia tapoja, joilla yhteistyömuotoja on kehitetty erilaisissa yhteisöllisissä toiminnoissa (Säljö 2001, 20).

Nämä kulttuuriset välineet myös välittyvät sukupolvilta toisille ihmisten välisen vuorovaikutuksen seurauksena. Ne ovat edeltävien sukupolvien saavutuksia materiaalisessa muodossa, kuten Cole ja Wertsch (1996, 251) asian muotoilevat. Kulttuurisen tiedon välittyminen eli mediointi (Säljö 2001, 73; Lantolf 2000) onkin yksi sosiokulttuurisen lähestymistavan keskeisiä piirteitä. Mediointin kautta välittyviä kulttuurisia välineitä ovat ne fyysiset esineet, eli artefaktit tai tekot tuotteet (Säljö 2001, 27), joiden avulla toimimme yhteisössämme, sekä kaikki ne älylliset ja kielelliset keinot, joiden avulla välitämme tietoa ja kulttuurimme käytänteitä.

Esimerkiksi koulussa oppimisen välineinä edelleen pääasiassa käytettävät oppikirjat ovat kulttuurisia tekotuotteita. Oppikirjojen kirjoittajat ovat itse oppineet kirjoittamansa asiat tiedeyhteisöstään sekä edeltäviltä sukupolviltaan, joko teoreettisen opiskelun tai käytännön kokemusten kautta. Kirjojen avulla uudet sukupolvet tulevat tietoisiksi niistä opetuksista, joita he puolestaan tarvitsevat toimiakseen yhteiskunnassa, oppiakseen ammatin tulevaisuudessa ja kehittääkseen lisää uusia ja ajanmukaisempia kulttuurisia välineitä. Heidän kehittämänsä välineet taas välitetään uusille sukupolville, ja näin kulttuuri hiljalleen muuttuu ja kehittyy. Älyllisiä välineitä ovat esimerkiksi kieli, matematiikan ja fysiikan kaavat, erilaiset teoriat ja mallit sekä arkisessa toiminnassa vaikkapa ruokareseptit ja käyttöohjeet. Näiden kielellisten ja muiden symboleja käyttävien välineiden suurin merkitys on siis tiedon välittäminen, mutta tätä kielellisesti välittyntä tietoa hyödynnetään myös fyysisissä tekotuotteissa, joita ovat muun muassa kouluissakin käytettävät tekniset ja tietotekniset laitteet. Näiden kaikkien kulttuuristen välineiden avulla tietyssä sosiaalisessa ja kulttuurisessa tilanteessa syntynyt tai välittynyt tieto kulkee eteenpäin.

2.1 *Konstruktivistinen oppimiskäsitys*

Kun oppimista lähestytään sosiokulttuurisesta näkökulmasta katsoen, yksi keskeinen käsite on konstruktivistinen oppiminen. Konstruktivismi voidaan käsittää filosofiseksi tietoteoreettiseksi paradigmaksi, jolla on eri tieteenaloilla niiden omista lähtökohdista riippuvaisia tulkintoja (Tynjälä, Heikkinen & Huttunen 2005, 20). Myös tieteenalojen sisällä siitä voi olla olemassa erilaisia määrittelyitä. Kasvatustieteen piirissä konstruktivismiin voi jakaa karkeasti esimerkiksi kolmeen pääsuuntaukseen: kognitiiviseen konstruktivismiin, sosiokonstruktivistiseen oppimiseen ja pragmatismiin (Tynjälä ym. 2005, 24). Kognitiivinen konstruktivismi perustuu kognitiiviseen psykologiaan ja korostaa nimensä mukaisesti oppijan kognitiivisia prosesseja, joissa hän rakentaa aikaisemmin oppimiensa tietoeidustusten eli skeemojen varaan uutta tietämystä sekä muuttaen skeemoja että luoden uusia (Tynjälä ym. 2005, 24–25). Kognitiivinen konstruktivismi selittää oppimista yksilön näkökulmasta, vaikka sosiaalista vuorovaikutustakin korostetaan oppijan tietorakenteiden konstruoinnin välineenä. Rajanveto erilasten käsitteiden ja niiden määritelmien välillä ei ole yksiselitteistä, kuten edellä jo mainittiinkin. Niinpä esimerkiksi Tynjälä ym. (2005) jättävät kognitiivisen konstruktivistin sosiokulttuuristen oppimiskäsitysten ulkopuolelle. Sosiokonstruktivistisessa oppimisessä sen sijaan vuorovaikutus toisten oppijoiden kanssa on itse oppimistapahtumassa keskiössä ja se

luetaan näin sosiokulttuuristen oppimisteorioiden piiriin. (Tynjälä ym. 2005, 27.) Toisaalta, jotkut pitävät sosiokonstruktivistista oppimisteoriaa yläkäsitteenä, jonka alle sopivat niin konstruktivismi kuin sosiokulttuurinen oppiminenkin (Nevgi & Lindblom-Ylänne 2009). Tässä tutkimuksessa lähtökohtana ja yläkäsitteenä on kuitenkin sosiokulttuurinen teoria, jossa oppimisen taustalla nähdään kulttuurisidonnaisuus ja oppimisen yhteisöllinen luonne, sekä konstruktivismi ja sen sovelluksina kokemuksellinen ja tutkiva oppiminen.

Lev S. Vygotskya, joka mukaan ihmisen kehitys etenee jo varhaisessa vaiheessa puhtaasti biologisesta kehitysprosessista sosiohistorialliseksi prosessiksi, pidetään yhtenä sosiokulttuurisen oppimisen uranuurtajana (Nevgi & Lindblom-Ylänne 2009, 227). Syväallinen oppiminen ja ymmärtäminen vaativat oppijan aktiivista toimintaa ja tiedon rakentamista aiemmin opitusta ja ulkomaailmasta saaduista kokemuksista. Nämä oppijan aktiivisen toiminnan ja tiedon konstruoimisen eli rakentamisen periaatteet ovat yhteisiä erilaisille konstruktivistisen oppimiskäsityksen sovelluksille, kuten esimerkiksi kokemukselliselle oppimiselle, tutkivalle oppimiselle tai yhteistoiminnalliselle oppimiselle. Oppiminen nähdään oppijan aktiivisena toimintana, joko yksilön kognitiivista toimintaa, ryhmän kollektiivista tiedon rakentelua tai ympäröivän maailman ilmiöiden tutkimista painottaen.

2.2 Kokemuksellinen oppiminen

Kokemuksellisessa oppimisessa, jonka tunnetuin teoriankehittäjä on David A. Kolb (Nevgi & Lindblom-Ylänne 2009, 206) oppiminen nähdään kehämäisenä prosessina, jossa tietoa luodaan muuntamalla kokemus reflektiivisen havainnoinnin kautta teoreettiseksi rakennelmaksi, jota testataan, syvennetään ja uudelleen käsitteellistetään, tutkitaan ja kokeillaan (Kolb 1984, 40-42). Oppiminen on siis luonteeltaan syklistä toimintaa, jossa alkusysäys saadaan oppijan omakohtaisesta konkreettisesta kokemuksesta oppimisen kohteena olevasta asiasta. Kokemus on voitu tuottaa myös keinotekoisesti esimerkiksi simulaation tai näytellyn tilanteen keinoin (Nevgi & Lindblom-Ylänne 2009, 207). Seuraavaksi kokemusta reflektoidaan, usein yhdessä muiden oppijoiden kanssa, jonka jälkeen seuraa käsitteellistämisen vaihe. Kokemus käsitteellistetään ajattelun avulla ja ajattelumallia testataan käytännössä eli seuraavana vaiheena on aktiivisen kokeilun vaihe. Kokemuksellisen

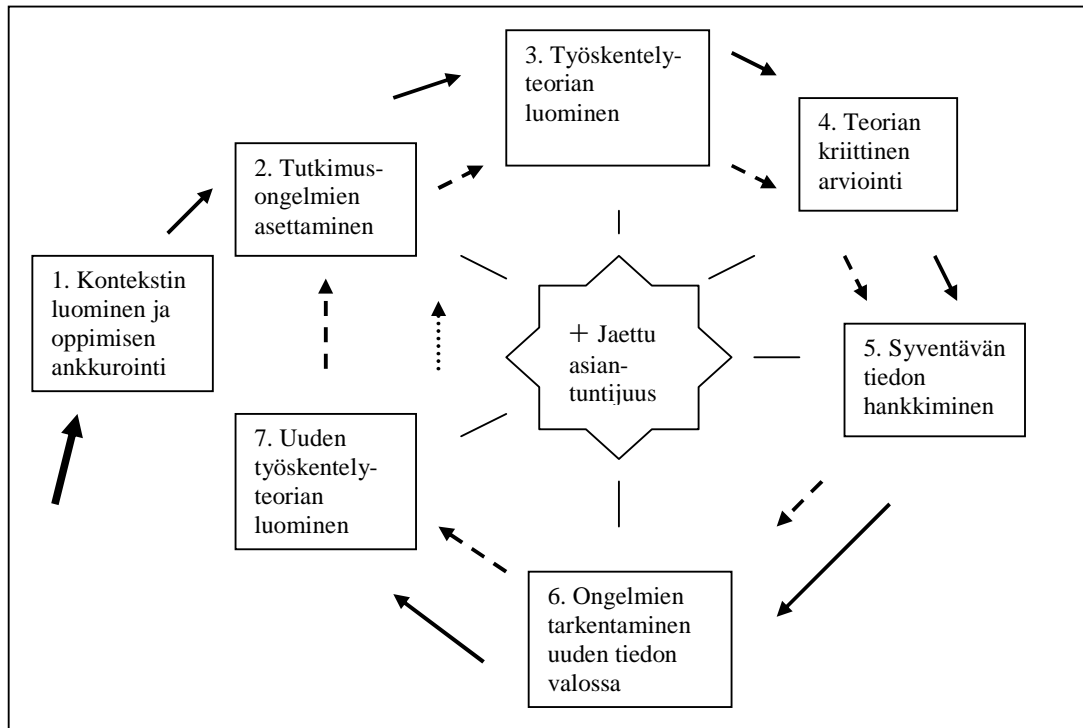
oppimisen malli on lähellä tutkivan oppimisen lähestymistapaa, jossa oppimisprosessi alkaa jonkin ilmiön tai asian ihmettelystä.

VISCOLE-tutkimushankkeessa haluttiin kehittää sellaisia sovelluksia, joiden avulla oppilaat voivat omatoimisesti tutkia oppimisen kohteena olevia ilmiöitä oppikirjojen ja konkreettisten mallien ohessa. Tavoitteena oli näin rikastaa fysiikan oppimisympäristöä ja tukea kokeilemista ja tutkimista myös niillä alueilla, joilla se ei perinteisillä välineillä ole mahdollista tai on huomattavan hankalaa. Näin ollen myös tässä osassa tutkimusprosessia, jota tämä opinnäytetyö koskee, on oppimissovellusten suunnittelun perustana ollut sekä kokemuksellinen että tutkiva oppiminen. Oppilaiden yhteistoimintaa ja yhteistoiminnallista oppimista pyrittiin lisäksi hankkeen myöhemmässä vaiheessa tukemaan sellaisilla sovelluksilla, joita kaksi oppilasta saattoi käyttää yhdessä, joko yhteisellä laitteella tai kumpikin yhtaikaa omalla laitteellaan samassa virtuaalitullassa liikkuen.

2.3 Tutkiva oppiminen

Tutkivan oppimisen perustana on ajatus, jonka mukaan aikaisemmin luodun tiedon ymmärtäminen on periaatteiltaan samanlainen prosessi kuin uuden tiedon luominen tieteessä, taiteessa tai keksimisessä (Lonka, Pyhältö & Lipponen 2009, 256). Aikaisempaa tietoa on siis tämän periaatteen mukaisesti mielekästä opiskella samankaltaisen prosessin avulla, kuin millä se on alun perin luotu. Tutkivassa oppimisessa oppimisprosessia tarkastellaankin oppimisen ja tiedonrakentamisen välisenä vuorovaikutuksena (Hakkarainen, Lonka & Lipponen 2004, 296) jossa pyritään jäljittelemään tieteelliselle tutkimusryhmälle tai asiantuntijaorganisaatiolle tyypillisiä toimintatapoja, kuten ajatusten ulkoista esittämistä, sosiaalista vuorovaikutusta ja älyllisen toiminnan työnjakoa (mts. 298–299).

Seuraavassa kuviossa (kuvio 1) on esitetty tutkivan oppimisen prosessin vaiheet: 1. Kontekstin luominen, 2. Ongelmien asettaminen, 3. Työskentelyteorian luominen, 4. Kriittinen arviointi, 5. Syventävän tiedon hankkiminen, 6. Tarkentuvan ongelman asettaminen 7. Uuden työskentelyteorian luominen sekä kaikkiin näihin osaprosesseihin olennaisesti liittyvä Jaetun asiantuntijuuden periaate (+) kuviossa keskellä.



KUVIO 1. Tutkivan oppimisen prosessin vaiheet Hakkaraisen ym. (2004, 300) mukaan.

Tutkivan oppimisen prosessi alkaa kontekstin luomisella (1), jolla tarkoitetaan oppimisen ankkuroimista oppilaiden aikaisempaan tietämykseen, kokemuksiin tai esimerkiksi johonkin oikeaan, asiantuntijoiden ratkaisemaan ongelmatapaukseen. Lähtökohtana ovat oppilaiden omat käsitykset tutkittavasta ilmiöstä ja ne kysymykset, joita herää heidän pyrkiessään selittämään ja ymmärtämään ilmiötä. Toisena vaiheena tutkivan oppimisen mallissa onkin ongelmien asettaminen (2), jossa oppilaat valitsevat itselleen merkitykselliset kysymykset, joihin he alkavat etsiä vastauksia. He antavat ilmiölle alustavia selityksiä omien ennakkokäsitystensä perusteella eli luovat niin sanottuja työskentelyteorioita tai työhypoteeseja (3). Seuraavissa vaiheissa työskentelyteorioita yhdessä kriittisesti arvioidaan (4) ja tutkitaan ilmiötä uuden tiedon hankkimisen ja luomisen avulla (5). Vastauksia etsiessään oppilaat voivat käyttää hyväksi monia erilaisia tietolähteitä, kuten kirjoja, verkkolähteitä tai ulkopuolisia asiantuntijoita. (Hakkarainen ym. 2004, 299–303.) Tutkivaan oppimiseen kuuluu myös sosiaalisten verkostojen rajojen rikkominen ja suhteiden luominen oppilaitoksen ulkopuolisiin asiantuntijakulttuureihin (mt., 305). Uuden tiedon valossa tarkistetaan ja syvennetään tutkimuskysymyksiä (6) ja luodaan jälleen uusia, tarkennettuja työskentelyteorioita (7). Kaikki osaprosessit voidaan jakaa oppimisyhteisön kesken ja

tutkivassa oppimisprosessissa onkin tyypillistä, että tiedon kehittyminen on koko yhteisön vastuulla. (Mts. 299–302.) Tutkivan oppimisen prosessissa ilmiötä siis tutkitaan oppimisyhteisön omista ihmettelynaiheista ja niistä määritellyistä tutkimuskysymyksistä lähtien, omia työskentelyteorioita uuden tiedon hankkimisen avulla jatkuvasti syventäen ja testaten.

Perinteisistä ryhmätöistä ja projektioppimisesta tutkiva oppiminen eroaa juuri tämän oppijälähtöisyytensä vuoksi. Opiskeltava aihe on tutkivassa oppimisessä usein opettajan esittämä ja koulussa se liittyy tavallisesti johonkin opetussuunnitelman määrittämään aihekokonaisuuteen tai ilmiöön. Mutta sen sijaan, että opettaja jakaisi oppilaille valmiit tutkielman aiheet, oppilaat luovat käsiteltävästä ilmiöstä itse pohtien ja keskustellen niitä kysymyksiä, joihin he haluavat etsiä vastauksia. Kysymyksiä myös tarkennetaan prosessin aikana, samalla kun uusia työskentelyteorioita ja hypoteeseja luodaan ja tietämys lisääntyy. Ja aivan kuin tieteellisen tutkimuksenkin tekemisessä, oikeiden kysymysten esittäminen on avain onnistuneeseen lopputulokseen.

Ihmettely ja uteliaisuus ovat ne tärkeät voimavarat (Lonka, Pyhältö & Lipponen 2009, 254), jotka pistävät prosessin käyntiin ja ylläpitävät sitä myös sen edetessä seuraaviin vaiheisiin. Opettajan yksi tärkeä tehtävä onkin tukea ja auttaa oppilaita tässä uteliaisuuden säilyttämisessä ja kannustaa heitä ihmettelyyn ja kysymysten esittämiseen. Olennaista tutkivassa oppimisessä on Hakkaraisen ym. (2004, 298–299) mukaan ”*tiedon käsittely toiminnan kohteena*” ja yhteisöllinen työskentely, jonka kehittäminen auttaa koko yhteisöä tiedon edistämässä.

3 TIETOTEKNIikka OPETUKSESSA JA OPPIMISESSA

Tutkimuksissa ja raporteissa lähdetään yleisesti siitä oletuksesta, että tietotekniikkaa kuuluu hyödyntää opetuksessa ja oppimisessa. Tätä lähtökohtaa ei kyseenalaisteta, johtuen muun muassa siitä, että nyky-yhteiskunnassa kaikilla aloilla joudutaan työtehtävissä tekemisiin tietotekniikan kanssa. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa edellytetäänkin lasten ja nuorten kasvattamista tietoyhteiskunnan jäseniksi (Opetushallitus 2004). Kouluilla on opetussuunnitelmien lisäksi kirjattuina myös tietostrategiat, joissa määritellään – tosin vaihtelevalla tasolla ja tarkkuudella (Haaparanta 2008, 182) – suunnitelmat koulun tieto- ja viestintätieteiden käytöstä.

1990-luvulta lähtien kunnissa on panostettu yhä enemmän teknologiaresursseihin ja opettajien tieto- ja viestintätieteiden koulutukseen. Alkuaikoina pääasiallisimmat syyt tieto- ja viestintätieteiden vähäiseen hyödyntämiseen opetuksessa olivat pula laitteista ja opettajien riittämättömät tietotekniset taidot (Sinko & Lehtinen 1998). Tuon yhdeksänkymmentäluvun lopun selvityksen jälkeen, kymmenen vuotta myöhemmin, laiteresurssit ja opettajien tieto- ja viestintätekniset taidot ovat jo huomattavasti parantuneet ja tietoteknisiä laitteita ja ohjelmistoja on hankittu kouluille (CICERO Learning 2008). Mutta jostain syystä niiden käyttö ei edelleenkaan ole niin tehokasta kuin olemassa oleviin resursseihin nähden olisi järkevää. Tietotekniikan opetuskäyttö on pikemmin vähentynyt kuin lisääntynyt (Haaparanta 2008; Ilomäki 2008; CICERO Learning 2008).

Ongelma ei voi olla pelkästään teknisissä resursseissa. Tieto- ja viestintätieteiden hyödyntävä pedagogiikka ei ole jostain syystä rantautunut käytännön koulutyöhön. Syynä voi olla muun muassa se, että hektisessä koulutyössä opettajilla ei ole aikaa päivittää aikaisemmin luotuja opetusrutiinejaan. Kuten Ilomäki ja Lakkala (2006, 185) toteavat, opettajilla voi olla sekä tietoisia pedagogisia teorioita että vähemmän tietoisia teorioita, joista jälkimmäisiä he sitten käyttävät omassa työssään. Silloin kun nämä julkisesti kannatetut teoriat ja käytännön pedagogiset teoriat ovat ristiriidassa, on mahdollista, että uuden teknologian käyttöönotto hankaloituu tavalla tai toisella.

Vaikka tietokoneavusteisesta opetuksesta on jo 1990-luvun loppupuolella siirrytty yhä enemmän verkostopohjaiseen oppimiseen (Tella 1997), käytetään tietokoneita yhä perinteisesti myös työvälineinä. Tätä työvälinekäyttöä rajoittaa kuitenkin - edelleen - jonkin verran tietokoneiden saatavuus. Vaikka opettajilla on jo lähes poikkeuksetta luokassaan tietokone käytössä (CICERO Learning 2008), joudutaan oppilaiden omaa käyttöä varten usein menemään tietokoneiluokkaan, jossa koneita on enemmän. Silti oppilaat joutuvat jakamaan saman koneen yhden tai useamman luokkatoverin kanssa.

Opetukseen suunnitellut sovellukset voivat parhaimmillaan aidosti tukea pedagogisia innovaatioita. Toisaalta toimintamahdollisuuksiltaan niukat oppimisaihiot eivät auttaneet Ilomäen ja Lakkalan tutkimuksissa tietokoneavusteisen opetuksen käyttäjänä melko kokematon opettaja toteuttamaan haasteellista tutkimustyyppistä työskentelyä. (Ilomäki ja Lakkala 2006, 189.) Oppimisen yhteydessä käytettävät tietotekniikkaohjelmat voivat näin toimia joko uudenlaista, tutkivampaa ja oppilaita aktivoivampaa opetusta edistävinä tai pahimmillaan jopa sitä estävinä tekijöinä. Erot opettajien ja oppilaiden tietoteknisissä valmiuksissa voivat myös olla eräs tekijä, joka aiheuttaa ongelmia teknologian monipuoliseen hyödyntämiseen opetuksessa. Sekä opettajien että oppilaiden tietoteknisten taitojen tulisikin olla vähintään käytettävän sovelluksen tasolla, jotta aikaa ei kuluisi teknisiltä valmiuksiltaan heikompien opastamiseen (Nokelainen 2004, 61).

Tilanne saattaa olla myös sellainen, että oppilaiden tietotekniset taidot ovat paremmat kuin opettajan, jolloin voidaan puhua ”Digital Natives versus Digital Immigrants” -ilmiöstä (Prensky 2001). Oppilaat ovat kasvaneet tieto- ja viestintäteknikan ympäröiminä, eivätkä sen moninaiset sovellukset suuremmin kummastuta heitä. Opettajista taas osa on joutunut opettelemaan tietotekniikan käyttöä aikuisiällä, jolloin kynnys uusien välineiden käyttöönottoon on helposti korkeampi. Opettajat eivät itse kuitenkaan koe tätä välttämättä kovin ongelmalliseksi, vaan voivat parhaimmillaan hyödyntää tällaisia oppilaita oppimistilanteissa, kuten Franssila ja Pehkonen (2004, 32–34) ovat tutkimuksessaan todenneet. Oppilasryhmät ovat joka tapauksessa heterogeenisiä: joukossa on niin heikompi-tasoisia oppilaita kuin erityislahjakkuuksia. Opettajat joutuvat suunnittelemaan opetustilanteita niin, että kaikkia oppilaita voitaisiin opettaa mahdollisimman hyvin heidän omat lähtökohtansa huomioonottaen.

Pedagogiikan ja koulukulttuurien uudistaminen on välttämätöntä (CICERO Learning 2008), jotta tieto- ja viestintätekniiikan käyttöä saadaan lisättyä kouluissa ja voidaan täyttää opetussuunnitelman (Opetushallitus 2004) edellyttämä tavoite kasvattaa lapsia ja nuoria nykyaikaisen tietoyhteiskunnan jäseniksi. Tietotekniikan avulla voidaan vaikuttaa oppimistilanteeseen ja oppimiseen eri tavoin. Tietokonetta voidaan käyttää apuna ensinnäkin harjaannuttamista ja toistoa vaativissa tehtävissä, kuten esimerkiksi kielten sanaston opettelussa tai matematiikan laskujen rutiinisuorituksissa. Tietokone jaksaa väsymättä tarjota uusia tehtäviä ja tarkistaa niiden oikeat ratkaisut. Teknologian avulla voidaan myös simuloida sellaisia tapahtumia, prosesseja tai ilmiöitä, joihin tutustuminen luonnossa on mahdotonta, kallista tai vaarallista. Sellaisia sovelluksia ovat muun muassa lentäjien harjoittelusimulaattorit tai lääkäreiden koulutuksessa käytettävät ”virtuaalileikkausten” suorittamiset teknologian avulla. Myös VISCOLE -hankkeen ensimmäiset sovellukset Vipu ja Tiheys, joita tässä pro gradu -tutkimuksessa on kuvattu, kuuluvat tähän kategoriaan.

Oppimiskäsityksen muutos on ilmeisesti vasta käynnistymässä koulujen arjessa, vaikka tutkimuspuolella oppijalähtöinen, yhteistoiminnallinen ja kontekstuaalinen oppimisenäkemys on ollut esillä jo pitkään (esimerkiksi Scardamalia & Bereiter 1994; Hakkarainen ym. 1999). Tutkimustulosten siirtyminen käytännön työssä toimiviksi periaatteiksi on usein hidasta. Eräs ratkaisu tähän tutkimustiedon ja käytännön välisen kuilun kaventamiseen on erilaisten toimintatutkimusten ja kehittämistutkimusten toteuttaminen. Toimintatutkimuksessa opettaja ja tutkija voivat olla samakin henkilö, mutta usein tutkimusta tehdään kuitenkin tiiminä, jossa opettaja(t) ja tutkija(t) toimivat vuorovaikutuksessa keskenään (Heikkinen, Rovio & Syrjälä 2006). Tutkimusryhmä suunnittelee halutun intervention, useimmiten yhdessä opettajan kanssa. Sitten opettaja toteuttaa luokassa suunnitellun muutoksen, jonka toteutumista tutkija havainnoi ja arvioi. Tutkija myös keskustelee lopputuloksista opettajan kanssa, joten loppupäätelmät tehdään opettajan ja tutkijan yhteistyönä.

Teknologiaa hyödyntäviä oppimisympäristöjä tutkittaessa lähtökohtana on usein yhteistoimintaa ja oppimisprosessin kontekstisidonnaisuutta painottava näkemys oppimisesta, kuten esimerkiksi tutkivassa oppimisessä (Hakkarainen ym. 1999; 2004). Teknologisia oppimisympäristöjä voidaan käyttää apuna, kun halutaan vaikuttaa oppilaiden arkikäsitteisiin ja muuttaa niitä tieteellisten käsitysten suuntaan. Teknologian avulla voidaan tukea yksilön metakognitiivisten taitojen kehittymistä esimerkiksi oppimisympäristöön sisältyvien vihjeiden tai asteittain vähenevien opastusten avulla. (Järvelä ym. 2006, 15–17.)

Teknologisia oppimisympäristöjä voidaan myös hyödyntää laajemminkin oppijan erilaisten oppimisstrategioiden käytön tukemisessa ja strategioiden parantamisessa (ks. Salovaara 2006, 113–116). Teknologiaa hyödyntävissä oppimisympäristöissä voi olla esimerkiksi välineitä, joiden avulla käsiteltävää tietoa luokitellaan niin, että se mahdollistaa tiedon syvemmän prosessoinnin. Oppijan toiminta voi myös tallentua oppimisympäristöön erilaisina lokitiedostoina tai kirjoituksina keskustelufoorumeille, jolloin käsiteltyihin asioihin voi palata myöhemmin uudestaan ja jatkaa asioiden prosessointia edelleen. (Mt. 113–116.)

Teknologiaa hyödyntävien oppimisympäristöjen käyttäminen ja niissä toimiminen vaatii oppilailta uudenlaisten oppimisstrategioiden käyttöönottoa. Esimerkiksi verkkoympäristöissä vastuu oppimisen ohjaamisesta siirtyy opettajalta enemmän oppijalle. (Salovaara 2006, 103.) Ilomäen (2008) mukaan oppilaiden saatavilla olevat tietotekniset resurssit ovat hyvät sekä kotona että koulussa, ja yleisesti ottaen oppilaat ovat motivoituneita ja taitavia tietotekniikan käyttäjiä. Vaikka nuo taidot saattavat olla laaja-alaiset, ovat ne karttuneet lähinnä kotona ja vapaa-ajalla eivätkä välttämättä ole koulukäyttöön täysin päteviä. (Ilomäki 2008, abstract.) Opettajien taidot voivat olla paljon heterogeenisemmät. Pääosalla opettajista on riittävät taidot jokapäiväiseen työhön ja rutiinitehtäviin, mutta monilla heistä on silti vaikeuksia löytää mielekästä pedagogista käyttöä teknologialle. (mt. abstract.) Uudenlaisen oppimisen apuvälineen käyttöönottoon voikin liittyä haasteita myös opettajalle. Teknologian tekninen käyttötaito ei vielä takaa sitä että opettaja käyttää teknologiaa pedagogisesti taitavasti (Haaparanta 2008, 60).

Etenkin pitkään työssään toimineelle opettajalle on vuosien saatossa kertynyt lukuisia pedagogisia käytäntöjä, joiden avulla oppitunnit sujuvat mukavasti rutiinilla. Kun opettaja alkaa toimia uudessa oppimisympäristössä tai ottaa käyttöön uudenlaisen oppimissovelluksen, eivät vanhat mallit välttämättä enää toimikaan yhtä hyvin. Eräs Ylöjärven Opetus 2.0 -hankkeen tavoitteista olikin saattaa koulujen hyvät tietotekniset resurssit pedagogisesti mielekkääseen käyttöön (Opetus 2.0 -hanke 2008).

3.1 Fysiikan ja kemian opiskelu tietotekniikan avulla

Tietotekniikan mahdollisuuksia erilaisten fysiikan ja kemian ilmiöiden oppimisessa on tutkittu paljon. Fysiikan ja muiden luonnontieteiden opetukseen on kehitetty simulaatioita ja

muita tietokoneavusteisia oppimissovelluksia sekä verkko-oppimisympäristöjä. On tutkittu muun muassa erilaisten fysiikan käsitteiden ymmärtämistä simulaatio-ohjelmien avulla ja etsitty virtuaalisten oppimisympäristöjen ja simulaatioiden suunnitteluperiaatteita (Jimoyiannis & Komis 2001; Malcolm, Moher, Bhatt, Uphoff & López Silva 2008; Cockburn & Greenberg 1995; Wollensak 2002). On myös kehitetty älykkäitä tutorointijärjestelmiä tukemaan fysiikan käsitteiden ymmärtämistä (Albacete & VanLehn 2000) sekä verkko-oppimisympäristöjä, kuten esimerkiksi Juutin (2005) fysiikan-, ja Akselan (2005) kemian oppimisympäristöt.

Tutkimusten mukaan oppilailla on hyvin yleisesti tieteellisistä teorioista poikkeavia, vaihtoehtoisia käsityksiä fysiikan ilmiöistä, ja näiden käsitysten muuttamiseksi perinteiset opettajalähtöiset opetusmenetelmät eivät ole aina osoittautuneet kovin tehokkaiksi (Jimoyiannis & Komis 2008). Niinpä erilaiset oppilaiden omiin kokeiluihin ja kokemuksiin perustuvat oppimistavat ovat erityisesti fysiikan opiskelussa paikallaan. Jimoyiannis ja Komis (2008) tutkivat koe- ja kontrolliryhmän avulla tietokonesimulaation vaikutusta oppilaiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymiseen. Aiheina olivat liikeopin peruskäsitteet nopeus ja kiihtyvyys maan painovoimakentässä. Molemmat ryhmät saivat ensin tavanomaista opetusta, mutta koeryhmä käytti sen lisäksi tietokonesimulaatio-ohjelmaa kahden oppitunnin ajan. Tutkimustulokset osoittivat, että vaikka molemmissa ryhmissä esiintyikin samankaltaisia tieteellisille käsityksille vieraita tai vaihtoehtoisia selityksiä, oli näitä merkittävästi vähemmän koeryhmän oppilailla. (Mt.) Tutkijat päättelivät tästä, että nimenomaan simulaation avustuksella koeryhmän oppilaat olivat päätyneet parempaan käsitteelliseen ymmärryksen ja lähemmäksi tieteellisiä selityksiä ilmiöille. He eivät kuitenkaan artikkelissaan pohtineet sitä, olisiko kahden tunnin lisäopiskelu perinteiselläkin tavalla saattanut parantaa koeryhmän tuloksia. Oppimistulosten arvioinnissa muiden vaikuttavien tekijöiden poissulkeminen onkin usein vaikeaa.

Kalle Juutin (2005) suomalaisessa kehittämistutkimuksessa kohteena oli fysiikan online-oppimisympäristö peruskoulun alaluokille. Tutkimuksen yksi päätuloksista oli itse nelivaiheinen kehittämisproseduuri: tarpeiden analysointi, tavoitteiden määrittely, materiaalin tuottaminen ja materiaalin arviointi. Toinen tutkimuksen päätulos oli kehitetty oppimisympäristö itse ja sen tärkeimmät ominaisuudet. Kyseessä oli iteratiivisesti etenevä kehittämistutkimus, jossa tehtiin useita osatutkimuksia tutkimusprosessin aikana. Alaluokkien fysiikan oppimisympäristön tulee Juutin tutkimuksen mukaan olla konkreettinen ja havainnollinen, oppilaita sekä kognitiivisesti että kokeelliseen työskentelyyn aktivoiva,

fysikaalisesti ja pedagogisesti mielekäs, sillä tulee olla selkeä rakenne ja helppo käyttöliittymä ja sen tulee tarjota mahdollisuus vertais- ja asiantuntijatukeen (Juuti 2005).

Maija Aksela (2005) on puolestaan kirjoittanut väitöskirjan kemian oppimisympäristön kehittämistä. Tutkimus oli laaja yhdeksänsäinen kehittämistutkimus, joka toteutui kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa suunniteltiin ja toteutettiin www-pohjainen oppimisympäristö, huomioiden kemian opettajien esiintuomat tarpeet, aiemmat tutkimustulokset sekä oppilaiden näkemykset ja arvioinnit. Toisessa vaiheessa arvioitiin toteutettujen interventioiden vaikutusta oppilaiden mielekkääseen oppimiseen ja sisältöalueen korkean asteen ajattelutaitojen kehittymiseen. Lisäksi toisessa vaiheessa tutkittiin oppilaiden näkemyksiä oppimisympäristöstä kemian oppituntien aikana. (Aksela 2005, 8.) Tutkimuksen perusteella hankkeessa kehitetty ”rikas” oppimisympäristö innosti oppilaat aktiivisesti keskustelemaan, kyselemään ja käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja (soveltamista, analysointia, arviointia ja uuden tiedon rakentamista) pienryhmissä, ja oppimisympäristön avulla oli mahdollista tukea lukiolaisopiskelijoiden korkeamman tason ajattelua ja kemiallisten reaktioiden ymmärtämistä (mts. 167–170).

Juutin (2005) tutkimuksen kohderyhmän olivat peruskoulun 5. ja 6. luokkalaiset eli iältään 11–12 -vuotiaat kun taas Aksela (2005) tutki lukioikäisten (17–18-vuotiaat) toimintaa tietokoneavusteisessa luonnontieteiden oppimisympäristössä. Jimoyiannis ja Komisin (2001) tutkimuksessa puolestaan oppilaat olivat 15–16 vuoden ikäisiä. Oman tutkimukseni kohderyhmä (14-vuotiaat) ei siis iältään täysin vastannut mitään esiteltyistä, joten tutkimukset eivät ole siltä osin aivan vertailukelpoisia. Toisaalta jokainen oppimisympäristö oli muutenkin omanlaisensa eikä designtutkimuksissa pyritäkään vertailemaan tutkimuksia ja niiden tuloksia suoraan toisiinsa tai yleistämään tuloksia koko perusjoukkoon kuten kokeellisissa kvantitatiivisissa tutkimuksissa.

3.2 Tuntoaistiin perustuva vuorovaikutus ihmisen ja tietokoneen välillä

Tuntoaisti on ihmisen ensisijaisia aisteja. Jo pieni vauva aistii ympäristöään suoraan kehollaan ja tämä ympäristöön tutustuminen tuntoaistin avulla on alkanut jo ennen syntymää. Tuntoaistin välityksellä ihminen voi vastaanottaa tietoa ympäröivän maailman esineistä ja

pinnoista suoraan, ilman toisen aistin tai kognitiivisen prosessoinnin tukea. Tuntoaisti toimii myös kehon asentojen ja jopa kehon sisäisten tilojen havainnoinnissa. Näköaistin avulla saadaan kokonaiskuva ympäröivästä tilasta, mutta kohteiden muodon ja pintarakenteen aistimiseen tarvitaan yleensä tuntoaistia. Näköhavainnotkin vaativat monesti jo aikaisempaa tietoa ja kokemusta vastaavista kohteista. Esimerkiksi kiiltävä ja heijastava pinta tiedetään sileäksi, koska sen näköistä pintaa koskettaessa on aikaisemmin aistittu sileyttä. Ympyrä, jonka toinen reuna on tummempi, mielletään kolmiulotteiseksi palloksi, koska tämän näköistä pyöreää esinettä on joskus pidetty kädessä ja näin aistittu sen muoto.

Tuntopalaute voi olla joko aktiivista tai passiivista (Klatzky & Lederman, 2002). Aktiivinen kosketus tarkoittaa sitä, että laite itse tuottaa tuntopalautteen käyttäjälle, ja passiivinen taas viittaa kohteen fyysisiin ominaisuuksiin, jotka käyttäjä aistii koskettaessaan kohdetta. Tuntoaisti lisää käytettävissä olevia oppimiskanavia mahdollistamalla kosketuksen. Siihen perustuvia tai sitä hyödyntäviä tietoteknisiä sovelluksia on kehitetty muun muassa lääketieteen opiskelun tarpeisiin sekä näkövammaisten lasten oppimisen tukemiseen. Seuraavaksi esittelen kolme tutkimusta, joissa suunniteltiin ja toteutettiin tuntopalauteohjelmia viimeksi mainitulle kohderyhmälle, eli oppimissovelluksia näkövammaisille lapsille tai nuorille.

Lundin yliopistossa tutkittiin tuntopalautteeseen perustuvaa piirustusohjelmaa maantiedon, matematiikan ja kirjallisuuden opiskelun yhteydessä sekä näkövammaisen oppilaan navigointiharjoittelussa oppituntien ulkopuolella (Rassmus-Gröhn, Magnusson & Efrting 2007), Tukholman teknillisessä korkeakoulussa toteutettiin ohjelmia geometrian opiskeluun (Sallnäs, Moll & Severinson Eklundh 2007) ja Tampereen yliopistossa puolestaan toteutettiin ja testattiin ohjelmaa avaruuteen liittyvien käsitteiden opiskeluun sekä näkövammaisten lasten yksin työskennellessä (Saarinen, Järvi, Raisamo, Tuominen, Kangassalo, Peltola & Salo 2006) että näkövammaisten ja näkevien lasten yhteistoiminnan tukemisessa (Tanhua-Piironen, Pasto, Raisamo & Sallnäs 2008).

Lundin yliopistossa kehitetyn AHEAD-sovelluksen (Rassmus-Gröhnin ym. 2007) oppimisympäristö koostui virtuaalisesta paperiarkista, joka oli sijoitettu pystyasentoon. Paperi näkyi tietokoneen näytöllä ja sitä voitiin tunnustella PHANTOM-laitteen (SensAble) avulla. Laitteistoon kuului siis tietokoneen tavanomaisen hiiren lisäksi PHANTOM-tuntopalautelaite, jonka kautta käyttäjän on mahdollista tuntea näytöllä näkyvän kohteen muoto ja pintarakenne

myös tuntoaistin avulla. Sovellusta voitiin käyttää sekä editointi- että tutkimismoodissa ja ohjelmaa saattoi käyttää yhdessä toisen oppilaan kanssa (jolloin toinen oppilas käytti tavallista tietokonehiirtä, mutta kumpikin liikkui samassa ohjelman tilassa). Tutkimismoodissa käyttäjät voivat tutkia tekstivihjeitä sisältäviä piirustuksia, jotka oli mahdollista esittää joko negatiivisina tai positiivisina reliefeinä. Editointimoodissa käyttäjät voivat itse luoda ja editoida piirustuksia. (Ohjelmasta ja sen ominaisuuksista lisää: Rasmus-Gröhn ym. 2007). AHEAD-ohjelman suunnittelussa ja arvioinnissa oli alusta lähtien mukana kohdeikäryhmään kuuluva viiden henkilön asiantuntijaryhmä (reference group), joka myös osallistui sovelluksen lopputestaukseen (Rasmus-Gröhn 2008). Tutkimustulokset osoittivat tämäntyyppisten sovellusten olevan hyödyllisiä näkövammaisille oppilaille täydentäen heidän käytössään olevien muiden oppimateriaalien valikoimaa (Rasmus-Gröhn ym.2007).

Sallnäs ym. (2007) tutkimuksessa suunniteltiin ja toteutettiin kaksi tunto- ja näköaistia hyödyntävää prototyyppiä geometrian käsitteiden opiskelua varten. Sovellukset oli tarkoitettu tukemaan yhteistoiminnallista oppimista näkevien ja näkövammaisten oppilaiden välillä. Ensimmäinen sovellus oli kolmiulotteinen virtuaalinen ympäristö, joka tuki avaruusgeometrian opiskelua ja toinen oli reliefityyppinen virtuaalinen ympäristö, jossa opeteltiin tunnistamaan ja erottamaan toisistaan erilaisia kulmia. Tuntopalautteen tuottamiseen käytettiin PHANTOM-tuntopalautelaitteita. Sovelluksia testattiin neljässä koulussa kolmen hengen pienryhmissä, joissa kussakin oli kaksi näkevää ja yksi näkövammaisen oppilas. Tutkimustulokset vahvistivat, että sovellukset auttoivat näkövammaisen toimimista ryhmässä sekä tukivat ryhmän yhteistoimintaa ja oppimista (Sallnäs ym. 2007).

Kolmannessa tutkimuksessa testattiin avaruuteen liittyvää simulaatio-ohjelmaa näkövammaisen ja näkevän lapsen yhteiskäytössä. Ohjelma perustui aikaisemmin ProAgents-tutkimushankkeessa (Saarinen ym. 2006) tehtyyn sovellukseen, jonka yhteen osioon lisättiin yhteistyötä tukevia ratkaisuja (Tanhua-Piironen ym. 2008). Myös tässä sovelluksessa käytettiin tuntopalautteen tuottamiseen PHANTOM-laitetta. Uudessa sovelluksessa saattoi kirjoittaa ja kuunnella muistiinpanoja sekä opastaa PHANTOMin käyttäjää tavallisen tietokonehiiren avulla. Tutkimus suoritettiin kouluympäristössä, mutta opettajana toimi tutkija eikä luokassa ollut muita oppilaita samaan aikaan. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin Sallnäs ja muiden (2007) tutkimuksessa, mutta tässä tutkimuksessa huomattiin käytettävien laitteiden aiheuttavan dominanssia: PHANTOMia käyttävä oppilas dominoi yhteistyön

tekemisessä samoin kuin muistiinpanoja näppäimistöllä kirjoittava oppilas (Tanhua-Piironen ym. 2008).

Jonkin verran on myös tutkittu tuntopalautetta hyödyntäviä sovelluksia näkevien oppilaiden oppimisen tukena. Näitä tutkimuksia arvioitaessa ja vertaillaessa edellisiin, on hyvä muistaa, että näkevien henkilöiden tuntoaisti ei ole samalla tavalla kehittynyt tai herkistynyt kuin näkövammaisten, jotka kompensoivat tuntoaistilla puuttuvaa tai puutteellista näköaistiaan. Tämän ottivat huomioon esimerkiksi Minogue, Jones, Broadwell ja Oppewal (2006) perusteellisessa tutkimuksessaan, johon palaan tässä luvussa myöhemmin hieman tarkemmin.

Williams, Chen ja Seaton (2003) kehittivät ohjelmia, joissa yksinkertaista kaupallista tuntopalautepeliohjainta käytettiin mekaniikan ilmiöiden mallintamiseen kahdessa peruskoululuokassa. Tutkijat eivät olleet itse läsnä luokassa, vaan oppilailta kerättiin jälkeinpäin palautetta ohjelmien käytöstä. Vaikka tässä pilottitutkimuksessa ei vielä etsittykään vastauksia tuntopalautteen hyödyllisyyteen oppimisessa, oppilaiden palaute oli rohkaisevaa ja heidän tutkimuksensa perusteella tämän tyyppisten opetusvälineiden kehittämistä kannatti jatkaa. Myös edullisen, itse valmistetun tuntopalautelaitteen käyttöä on tutkittu erilaisten fysiikan ilmiöiden opiskelussa muun muassa korkeakouluopiskelijoiden parissa (Grow, Verner & Okamura 2007). Tässä tutkimuksessa arvioitiin laitteen käyttöä sekä kokeissa menestymisen perusteella että laadullisesti arvioiden. Koetulosten perusteella laitteen avulla suoritettavat harjoitukset paransivat merkittävästi kurssimateriaalien ymmärtämistä, ja opettajien mukaan (laadullisin menetelmin arvioiden) monet opiskelijat ymmärsivät käsitteiden merkityksen ensimmäisen kerran täysin vasta laitteen avulla.

Edellisiä esimerkkejä vielä perusteellisemmassa tutkimuksessa tutkittiin, miten tuntopalautteen lisääminen virtuaaliseen oppimisympäristöön vaikutti oppilaiden muodostamiin käsityksiin eläinsolujen rakenteesta ja toiminnasta (Minogue, Jones, Broadwell & Oppewal 2006). Tässä tutkimuksessa käytettiin alku- ja lopputestauksia sekä kontrolliryhmää tutkittaessa muun muassa, oliko tuntopalautteen lisäämisellä vaikutusta solujen osien tunnistamiseen ja niiden toiminnan ymmärtämiseen. Tulosten perusteella sekä koe- että kontrolliryhmissä oppimistulokset paranivat tilastollisesti merkittävästi. Vaikka tilastollisesti merkittäviä oppimiseroja ei tutkimuksessa havaittukaan koe- ja kontrolliryhmän välillä, toteavat tutkijat opetusohjelman lisänneen merkittävästi kummankin ryhmän oppilaiden ymmärrystä opittavasta asiasta. Heidän tutkimuksensa vahvisti myös

tuntopalautteen mukanaan tuomaa positiivista vaikutusta oppilaiden asenteisiin ja mielenkiintoon opittavaa aihetta kohtaan, vaikka kognitiiviset vaikutukset jäivätkin vaatimattomiksi. (Minogue ym. 2006.)

Minogue ja Jones julkaisivat samana vuonna myös perusteellisen katsauksen tuntopalautteeseen ja oppimiseen liittyvään tutkimuskirjallisuuteen halutessaan selvittää, onko tuntoaistin avulla mahdollista ymmärtää asioita täydellisemmin kuin ilman tuntopalautteen hyödyntämistä (Minogue & Jones 2006). Heidän mukaansa asiaan liittyy monia epävarmuustekijöitä ja rajoituksia, mutta haptiikan eli tuntopalautteen hyödyntämisen oppimisessa he näkevät tärkeäksi tutkimuskohteeksi. Tuntopalautteen mahdollisiin kognitiivisiin vaikutuksiin paneutuvaa tutkimusta kaivataan kuitenkin lisää, esimerkiksi siitä, miten oppilaat havaitsevat, prosessoivat, säilyttävät ja käyttävät tuntoaistiin perustuvaa tietoa vaihtelevissa oppimisen konteksteissa ja asetelmissä (Minogue & Jones 2006).

Vaikka tutkimuksia on tehty laboratorioiden lisäksi myös kouluympäristössä, ei testitilanne sielläkään koskaan vastaa normaalia oppituntia (esimerkiksi Tanhua-Piiroinen ym. 2008). Kun halutaan selvittää uuden sosiokulttuurisen artefaktin, eli tässä tapauksessa uuden tyyppisen oppimissovelluksen vastaanottoa oppimistilanteessa, onkin sen vuoksi tärkeää tutkia sen käyttöä sellaisessa luokkatilanteessa, jossa luokka toimii opettajan johdolla ja tuntopalauteohjelma on yhtenä lisäresurssina muuten tavanomaisella tunnilla.

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämä pro gradu -tutkimukseni koskee edellä kuvatun VISCOLE -hankkeen ensimmäistä vaihetta, jossa tuntopalautetta hyödyntäviä ohjelmia kokeiltiin peruskoulun kahdeksannen luokan fysiikan opetuksessa, normaalisti näkevien oppilaiden parissa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokemuksia tuntoaistia hyödyntävien fysiikan oppimissovellusten käyttämisestä peruskoulun fysiikan opetuksessa. Tulosten perusteella jatkettiin moniaististen sovellusten kehittämistä oppilaiden yhteistoimintaa tukevaksi ja erilaisia oppijoita huomioivaksi oppimisympäristöksi. (Jatkotutkimuksesta, jossa testattiin tällaista kahden oppilaan yhteiskäyttöistä rakentelusovellusta, ei ole toistaiseksi kuitenkaan julkaistuja tuloksia.) Tutkimukseni tarkoituksena oli siis selvittää sekä opettajan että oppilaiden ensimmäisiä kokemuksia tällaisen uuden oppimisvälineen käytöstä.

Tutkimuskysymykset:

1. Miten opettaja ja oppilaat kokivat tuntopalauteohjelman käyttämisen fysiikan ilmiöiden opiskelussa?
2. Toivatko sovellukset jotain lisäarvoa oppimistilanteeseen?
3. Oliko sovelluksista opettajan ja oppilaiden kokemuksen perusteella hyötyä opiskelussa?
4. Koettiinko sovelluksista olevan haittaa opiskelussa?

4.2 Tutkimusmenetelmät

Kehittämis- ja toimintatutkimukset ovat luontevia lähestymistapoja monimuotoisten ja etukäteen jäsentymättömien kokonaisuuksien, kuten koulu yhteisössä tapahtuvan oppimisen ja oppimisympäristöjen tutkimiseen. Luokkahuonetutkimuksissa mielenkiinnon kohteena on usein jokin ilmiö, jota halutaan selvittää nimenomaan kyseisessä ympäristössä ja

mahdollisimman autenttisesti, juuri niin kuin se luonnollisesti tapahtuu. Myös tässä tutkimuksessa tutkimuskohteena oli etukäteen tuntematon ja monimuotoinen ilmiö - tuntopalautekologia peruskoulun fysiikan oppimisessa - jota haluttiin tutkia mahdollisimman häiriöttömästi luonnollisessa toimintaympäristössä, eli luokassa. Niinpä metodologiset valinnat kohdistuivat kehittämistutkimukseen, jossa tehtiin kaksi tapaustutkimusta. Ensimmäinen oli tässä tutkielmassa kuvaamani fysiikan opetusryhmä, joka kokeili kahta erilaista tuntopalautesovellusta oppitunneillaan. Sen lisäksi tutkimushankkeessa kokeiltiin myöhemmin kehitettyä avaruusgeometrian ohjelmaan hieman nuorempien oppilaiden kanssa.

4.2.1 Designtutkimus

Kehittämistutkimuksesta käytetään myös kansainvälisempää nimitystä designtutkimus. Designtutkimusta käytetään monilla tieteenaloilla, kun suunnitellaan ja toteutetaan sekä arvioidaan jotakin käyttäjälähtöisesti. Sitä sovelletaan esimerkiksi esineiden, laitteiden ja palveluiden muotoilussa (Miettinen 2011), tietoteknisten sovellusten suunnittelussa (Järvinen & Järvinen 2004, 103–131) sekä kasvatustieteissäkin jo 90-luvun alusta lähtien (Collins 1990, 4). Vaikka lähestymistavalla on erilaisia nimiä tieteenalasta riippuen, tarkoitetaan sillä pohjimmiltaan samaa asiaa: esineiden, palveluiden, sovellusten tai toimintatapojen kehittämistoimintaa, jossa käyttäjät osallistuvat kehitystyöhön – eivät ainoastaan kohteina vain itse toimijoina – ja jossa toimitaan aidoissa ympäristöissä, joita on systemaattisesti kehitetty ja muutettu tutkijain toimesta (esim. Barab 2006, 153; Design-Based-Research Collective 2003, 5; vrt. Miettinen 2011).

Kasvatustieteessä designtutkimuksella tarkoitetaan iteratiivista kasvatustieteellistä tutkimusotetta, jossa kehitetään sekä oppimisen käytäntöä että teoriaa. Se pyrkii vastaamaan kysymyksiin miten, milloin ja miksi kasvatustieteelliset innovaatiot toimivat käytännössä (The Design-Based Research Collective 2003). Iteratiivisuus tarkoittaa sitä, että tiettyjä vaiheita toistetaan useita kertoja peräkkäin siten, että uudet vaiheet perustuvat aina edeltävien vaiheiden analysoinnin avulla tehtyihin parannuksiin. Tutkimuksessa siis tietyt tutkimusvaiheet seuraavat toisiaan useita kertoja tutkimuksen edetessä.

Englanninkielisessä tutkimuskirjallisuudessa designtutkimuksesta käytetään erilaisia termejä, kuten Design research, Design-Based Research tai Design Experiment. Suomenkieleen tuntuu myös vakiintuneen käsite kehittämistutkimus (ks. esim. Juuti 2005; Aksela 2005). Järvelän ym. mukaan tällainen lähestymistapa on kehittynyt toimintatutkimuksen rinnalle vähentämään tutkimuksen ja käytännön luokkahuonetapahtumien välistä etäisyyttä Monimutkaisia ongelmia tutkitaan niiden todellisissa yhteyksissä, ja tavoitteena on kehittää sekä käytäntöä että teoriaa. (Järvelä, Häkkinen & Lehtinen 2006, 10.) Design-tutkimus on siis syntynyt tarpeeseen kuroa umpeen kuilua tutkimuksen ja käytännön välillä, tuoden myös käyttäjien äänen mukaan tutkimus- ja kehitysprosessiin. Lisäksi design-tutkimuksen määrittelyssä eräs oleellinen tekijä on käytännön toiminnan muuttaminen joko uuden konkreettisen artefaktin tai jonkin abstraktimman innovaation avulla. Tuo innovaatio voi olla esimerkiksi uusi tapa järjestää opetus, kuten aikanaan oli yhteistoiminnallinen oppiminen perinteisen opettajajohtoisen toiminnan sijaan (ks. Brown 1992). Designtutkimuksen avulla voidaan siis saada uutta tietoa itse kehittämisprosessista ja sen menetelmistä, kehittämisen kohteena olevan oppimisympäristön ominaisuuksista sekä myös itse oppimisesta tuossa oppimisympäristössä (Aksela 2005, 12).

Designperusteisen tutkimuksen kollektiivin (The Design-Based research Collective 2003) mukaan hyvä designtutkimus täyttää ainakin seuraavat reunaehdot: 1) oppimisympäristön kehittämisen keskeiset tavoitteet ja oppimisteorioiden kehittäminen ovat tiukasti yhteen kietoutuneet, 2) kehittäminen ja tutkimus noudattavat syklejä, joissa vuorottelevat suunnittelu, toiminta, analyysi ja uudelleensuunnittelu, 3) tutkimuksen tulee johtaa jaettavaan teorioihin, jotka ovat muiden ammattilaisten sovellettavissa, niin käytäntöön kuin tutkimukseen, 4) tutkimuksen tulee selittää, miten suunniteltu ”design” toimii autenttisessa ympäristössä ja 5) tällaisten selitysten pitää nojautua metodeihin, joilla kyetään raportoimaan ja yhdistämään toteutusprosessit saatuihin kiinnostaviin tuloksiin (The Design-Based Research Collective 2003, 5). Tutkimuksessa siis yhdistetään käytännön toiminnan ja teorioiden kehittäminen. Tutkimustoiminta noudattaa toistuvia syklejä autenttisessa oppimisympäristössä ja tutkimuksen tuloksena saadaan sekä yleistettäviä teorioita että käytännön toimintamalleja, jotka kyetään raportoimaan luotettavasti.

Designtutkimuksella voidaan etsiä vastauksia monenlaisiin tutkimuskysymyksiin. Kohdetta voidaan Josephin (2004) mukaan lähestyä etnografisin kysymyksiin, kuten minkälaisia normeja paikalliseen kulttuuriin kuuluu tai miten valtaa käsitellään tai jaetaan. Voidaan myös

kysyä kognitiivisia kysymyksiä, kuten mitä ihmiset oppivat tässä kontekstissa ja mitkä mekanismit tukevat tätä oppimista (Joseph 2004, 236). Edelleen voidaan kysyä muita psykologisia kysymyksiä, kuten miten oppijan motivaatio toimii tässä asetelmassa tai minkälaisia affektiivisiä malleja esiintyy. Erityisen kriittisiä ovat suunnittelukysymykset (design questions): miten suunnitellut artefaktit toimivat, miten ne vaikuttavat oppimiseen ja missä suhteessa ne epäonnistuvat. (Mts. 236.)

Aineiston kerääminen tapahtuu design tutkimuksessa monin eri tavoin, jotta tapauksesta ja sen perättäisistä variaatioista saataisiin mahdollisimman kattava kuva. Design tutkimuksessa voidaan käyttää sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia menetelmiä aineistoa kerätessä ja analysoitaessa. Tyypillisiä menetelmiä ovat osallistuva, tarkkaileva tai osallistava havainnointi (Grönfors 2010; Vilkkä 2006), haastattelut, alku- ja lopputestaukset sekä tilanteiden videointi ja videoiden analysointi (esim. Juuti 2005; Aksela 2005; Orrill 2001). Tutkimuksen kulku on hyvä raportoida mahdollisimman tarkkaan, niin onnistumiset kuin epäonnistumisetkin, jotta lukija voi tehdä johtopäätöksensä tutkimuksen oikeellisuudesta ja täsmällisyydestä (Ks. esim. Juuti 2005, 136–137). Design tutkimuksen vaikuttavuutta voidaan arvioida esimerkiksi selvittämällä sen kestäviä vaikutuksia ja sitä, miten sen tuloksia voidaan soveltaa laajemmalle käyttäjäjoukolle (Heikkinen, Kontinen & Häkkinen 2006, 71).

Tutkimustapa, jossa yhdistetään suunnittelu (design) ja tutkimus, soveltuu selkeimmin erilaisiin teknologiaa hyödyntäviin oppimisympäristötutkimuksiin, mutta mikään ehdoton edellytys ei teknologian mukanaolo ole. Kehittämisen kohde voi olla myös esimerkiksi uusi opetusmenetelmä tai opetussuunnitelma. Oppimisympäristö on kuitenkin yksi keskeisin käsite, kun mietitään design-tutkimuksen käyttökohteita.

Oppimisympäristö voidaan Mannisen (2000) mukaan määritellä paikaksi, tilaksi, yhteisöksi tai toimintakäytännöksi, jonka tarkoituksena on edistää oppimista. Oppimisympäristöön kuuluu sosiaalinen, fyysinen, tekninen ja didaktinen ulottuvuus. Sosiaalinen (ryhmän rooli, vuorovaikutus, ilmapiiri), fyysinen (huonekalujen sijoittelu, valaistus ym.) ja tekninen (välineiden helppokäyttöisyys, luotettavuus, edullisuus ym.) ulottuvuus löytyvät melkein mistä tahansa työskentely-ympäristöstä, mutta vasta didaktiset käytännöt ja periaatteet tekevät ympäristöstä oppimisympäristön. (Manninen 2000, 29–30.)

Tämän määritelmän mukaisesti niitä kohteita, joiden tutkimiseen design tutkimus on vartenotettava lähestymistapa, voivat olla erilaiset ryhmät, oppilaiden – tai opettajan ja

oppilaiden – välinen vuorovaikutus, uudet teknologiset välineet tai uusi didaktinen toimintatapa. Esimerkkejä suomalaisista designtutkimuksista ovat muun muassa Juutin (2005) ja Akselan (2005) väitöstudiot. Niissä tutkimuksen kohteina olivat kemian (Aksela) ja fysiikan (Juuti) oppimisympäristöjen kehittämistyö, joissa lähdettiin kehittämistarpeiden analysoinnista ja edettiin kehittämissuorituksen ja oppimisympäristön ominaisuuksien kuvaamisen kautta oppimistuloksiin. Molemmista tutkimuksista suunniteltiin tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntävä oppimisympäristö.

4.2.2 Tapaustutkimus

Tapaustutkimuksella tarkoitetaan tutkimustapaa, jossa tutkimuksen kohdetta lähestytään yhden tai useamman yksittäisen tapauksen kautta ja aineistoa kerätään useilla tutkimusmenetelmillä (Laine, Bamberg & Jokinen 2007, 9). Tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä pyritään näin saamaan mahdollisimman monipuolinen ja moniulotteinen kuva. Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää sekä laadullisia että tilastollisia metodeja, vaikka tutkimusstrategia kokonaisuudessaan kuuluukin laadullisen tutkimuksen piiriin. Tapaus käsitetään tässä tutkimustavassa kuitenkin toisin kuin tilastollisessa tutkimuksessa, jossa tapaus on tilastollinen yksikkö (mts. 9). Tapaustutkimuksessa sen sijaan tutkitaan jotain ilmiötä, prosessia tai toimintaa, jota kutsutaan tapaukseksi. Tutkimuksessa ei pyritä yleistämiseen samassa merkityksessä kuin tilastollisessa tutkimuksessa ja kerätty aineisto on yleensä niin pieni (esimerkiksi 5 teemahaastattelua tai muutaman oppitunnin havainnointimuistiinpanot) ettei siitä voida tehdä tilastollisia laskelmia ja päätelmiä. Toisaalta aineistoa on kokonaisuudessaan usein hyvin runsaasti, koska tapaustutkimuksissa halutaan tutkia mahdollisimman perusteellisesti ja monesta näkökulmasta jokin suppeahko ilmiö tai prosessi. Tilastollisessa tutkimuksessa taas aineistoa kerätään mahdollisimman suurelta otosjoukolta, mutta tyydytään suhteellisen pinnalliseen käsittelytapaan. Toisin sanoen laadullisessa tapaustutkimuksessa tutkitaan vähästä paljon kun taas kvantitatiivisin menetelmin paljosta vähän.

Tapaustutkimus voidaan aloittaa periaatteessa kahdella tavalla: Voidaan lähteä liikkeelle kiinnostavasta tapauksesta ja miettiä sitten, minkä käsitteiden avulla sitä voidaan tutkia ja mikä näin ollen olisi tutkimuksen kohde. Toisessa lähestymistavassa tutkimuksen kohde on selvillä ja etsitään sen tutkimiseksi parhaiten soveltuva tapaus. (Laine, Bamberg & Jokinen

2007, 11.) Käytännössä tapaustutkimus on kuitenkin jotain näiden kahden ääripään väliltä, eli käsitteet vaikuttavat tapaukseen, ja tapaus vaikuttaa käsitteiden valintaan (mts.11).

Designtutkimukset ovat monesti luonteeltaan juuri tapaustutkimuksia, koska niissä ei pyritä yleistämään tutkimustuloksia perinteisellä tavalla johonkin suureen perusjoukkoon eikä etukäteen aseteta tutkimushypoteeseja, vaan kehitetään uutta toimintatapaa tai uusia teknologisia artefakteja yhdessä tutkimuksen kohderyhmän kanssa. Designtutkimus on ainutkertainen juuri kulloinkin valitussa ympäristössä ja ryhmässä, vaikka sen tuloksia voidaan hyödyntää muissa vastaavanlaisissa ympäristöissä ja tilanteissa.

Tässä tuntopalauteteknologian ensimmäisten käyttökokemusten tutkimuksessa tutkimuksen kohde oli selvillä ja yhdessä hankkeen opettajien kanssa mietittiin, mikä olisi sopivin fysiikan oppisisältö ja oppilasryhmä tutkimuskohteen tutkimiseksi. Edettiin siis tuolla jälkimmäisellä tavalla ja lähdettiin pohtimaan niitä oppisisältöjä, joissa oppiminen kirjojen tai fyysisten mallien avulla oli hankalaa ja joissa tuntopalautetta hyödyntävästä teknologiasta olisi eniten hyötyä. Sopiva ryhmä puolestaan valittiin hankkeessa mukana olevan fysiikan opettajan toimesta. Valintaperusteina oli löytää sellainen ryhmä, jonka opettaja jo tunsi entuudestaan ja joille oli opetussuunnitelman mukaan tulossa edellä mainittuja oppisisältöjä. Tapaukseksi valittiin näin peruskoulun 8. luokka, jota opettaja oli opettanut jo edellisellä vuonna ja joille oli syksyn kuluessa tulossa tiheyden ja vivun oppisisällöt fysiikassa.

Tämä tapaustutkimus noudatti designtutkimuksen metodologiaa soveltuvin osin: Opettajien ja tutkijoiden yhteissuunnittelun tuloksena kehitettiin kolme erilaista ohjelmaprototyyppiä, joista kahta kokeiltiin koululuokassa fysiikan tunneilla, mutta yksittäistä prototyyppiä ei tämän tutkimuksen puitteissa testattu useita kertoja. Iteratiivisuus toteutui sen sijaan tutkimusryhmän palaverien kautta: ohjelmaa suunniteltiin ja toteutettiin useiden tapaamisten avulla. Jokaisessa tapaamisessa opettajat kokeilivat prototyyppien uusia ominaisuuksia ja kertoivat havaitsemistaan muutostarpeista. Sovelsimme näin myös fokusryhmien (Parviainen 2005) käyttöä sovellussuunnittelun menetelmänä – tosin emme aivan niin strukturoidusti, kuin Parviainen (2005, 56–59) kuvaa. Valmiit prototyypit vietiin sitten oppitunneille, joissa oppilaat käyttivät niitä muiden opetusmateriaalien rinnalla. Sekä opettajan että oppilaiden toimintaa havainnoitiin.

Kyseessä oli siis tapaustutkimus, jossa oppimissovellusten prototyyppisiä järjestelmällisesti arvioitiin ja parannettiin kehittämisprosessin aikana ja jossa niitä kokeiltiin autenttisisessa tilanteessa fysiikan tunnilla (vrt. esim. The Design-Based Research Collective 2003, 5).

Tutkimuksen aikana suunniteltiin ja toteutettiin tuntopalautetta hyödyntävät oppimissovellukset fysiikan kahteen oppisisältöön. Nämä oppisisällöt tai opittavat käsitteet olivat aineiden tiheys sekä vipu ja tasapaino. Fysiikanopettaja oli alusta alkaen mukana kehittämässä sovelluksia. Opettaja toimi luokassa normaalisti opettajana, tutkijan rooliin kuului havaintojen tekeminen tunnilla sekä tilanteiden nauhoittaminen ja videoiminen. Oppilaat vastasivat heti tunnin jälkeen muutama kysymyksiin liittyen tunnin kulkuun ja siellä käytettyyn ohjelmaan. Tutkija myös haastatteli oppilaita. Opettaja kirjoitti omasta näkökulmastaan päiväkirjaa kokemuksistaan ja tutkija keskusteli opettajan kanssa sekä ennen että jälkeen tuntien.

4.3 Tutkimusaineistot

Tutkimusaineisto muodostui tutkijan havainnointimuistiinpanoista ja tutkimuspäiväkirjasta, opettajan ja oppilaiden haastatteluista, oppilaiden kirjallisista vastauksista haastattelukysymyksiin sekä opettajan kirjoittamasta kokemuspäiväkirjasta. Havainnointi luokassa tapahtui ensimmäisellä tunnilla vapaasti, tutkijan toimiessa tarkkailevana havainnoijana (Vilka 2006, 43). Jälkimmäisellä tunnilla tutkijan havainnoinnin apuna oli yksinkertainen taulukko. Taulukossa oli kuusi saraketta: opettajan ja oppilaiden puheelle ja toiminnalle tilanteessa omansa sekä laitteen tai ohjelman toiminnoille ja tutkijan omille tulkinnoille omansa. Havaintoja kirjoitettiin siis alustavan luokittelun perusteella, mutta luokittelu liittyi ainoastaan siihen, kenen puheesta tai toiminnasta oli kysymys. Varsinaisesta systemaattisesta tai jäsennellystä havainnoinnista (Vilka 2006, 38–39) ei näin ollen voi puhua.

Tutkijan muistiinpanojen lisäksi opetustilanteita nauhoitettiin ja kerättiin näin sekä ääni- että videomateriaalia. Oppilaiden vanhemmilta pyydettiin luvat niin oppilaiden tutkimukseen osallistumista varten kuin nauhoitusten tekemiseen ja valokuvaukseenkin. Havaintomateriaalia kertyi yhteensä kolmelta oppitunnilta, joista ensimmäiseltä on aineistona ainoastaan tutkijan muistiinpanot, mutta kahdelta jälkimmäiseltä on tallennettu äänitiedostoja.

Ensimmäisellä tuntopalautetunnilla oppilaiden ja opettajan puheet nauhoitettiin Minidisc-soittimella, joka oli sijoitettu erillisen mikrofonin kanssa lähelle tietokonetta ja tuntopalautelaitetta. Mikrofoni oli kaksisuuntainen ja tallensi hyvin kaikki opettajan puheet oli hän sitten missä päin luokkaa tahansa. Oppilaat kuitenkin puhuivat melko hiljaa. Kun he kävivät vuorotellen kokeilemassa laitetta, kuului taustalla samaan aikaan aika paljon puhetta toisten oppilaiden odottaessa vuoroaan. Tuntopalautelaitetta käyttävien oppilaiden puheita ei tämän vuoksi kovin hyvin kuulunut nauhalta. Seuraavalle tuntopalautetunnille päätin ottaa tämän vuoksi mukaan videokameran, ja sen lisäksi irrallisen mikrofonin, joiden avulla oli tarkoitus saada paremmin talteen tärkeät kommentit ja myös ilmeet ja eleet. Videointia varten jouduin pyytämään vielä uudet luvat oppilaiden vanhemmilta, koska aiemmissa luvissa oli puhuttu vain valokuvaamisesta ja ääninauhoituksista.

Ennen ensimmäistä tuntopalauteoppituntia oppilaat kirjoittivat tuntopalauteteknologian käyttämiseen liittyvistä ennako-odotuksistaan paperilapuille ja heti tunnin jälkeen he vastasivat muutamaa tuntopalautesovelluksen käyttämiseen liittyvään kysymykseen. Toisen tuntopalautetunnin lopussa neljää oppilasta haastateltiin, mutta tässä tilanteessa myös opettaja oli läsnä ja haastattelusta muodostuikin enemmän keskustelutilanne liittyen tuntopalautesovelluksiin. Tämä keskustelu on tallennettuna videolle. Toisen tuntopalautetunnin jälkeen tutkija myös haastatteli luokan oppilaita lyhyesti ennen kuin opettaja tuli luokkaan ja nämä haastattelut on tallennettu äänitiedostoksi.

Opettaja kirjoitti lyhyet esseet ennen ja jälkeen ensimmäisen tuntopalautetunnin sekä toisen tuntopalautetunnin jälkeen. Tutkija pyysi etukäteen opettajaa kirjoittamaan ajatuksiaan muistiin koko tutkimusprosessin ajan, mutta käytännössä opettaja kirjoitti ainoastaan ennen tuntopalautesovellusten käyttöä ja näiden tuntien jälkeen. Tutkimusaineistoon kuuluvat myös keskustelut opettajan kanssa sekä tapaamiset tutkimusryhmän kanssa. Muistiinpanot näistä tapaamisista on tallennettu tutkijan tutkimuspäiväkirjaan.

Koska oppilashaastattelut eivät onnistuneet aivan suunnitelmien mukaisesti toisen tuntopalautetunnin lopussa, pyysin opettajaa vielä myöhemmin, seuraavana keväänä, keräämään oppilaiden kokemuksia samoista tuntopalauteohjelmista kirjoitustehtävän avulla. Tällä pyrin varmistamaan sen, että saisin oppilaiden kokemuksia mahdollisimman aitoina mukaan aineistooni. Opettaja oli siis jatkanut tuntopalauteohjelmien käyttöä seuraavana vuonna uusien kahdeksansien luokkien kanssa, ja vaikka oppilaat olivat eri luokilta kuin

havainnoimillani tunneilla, käsittelen tätä aineistoa alkuperäisen aineiston tukena tässä tutkimuksessani. Oppilaiden tehtävänä oli jatkaa antamiani lauseita omien käyttökokemustensa mukaisesti.

Lauseet olivat seuraavat:

1. Ennen kuin itse kokeilin tuntopalautelaitetta, ajattelin että...
2. Tiheysohjelman käyttäminen tuntui _____, koska...
3. Kun olin käyttänyt Tiheysohjelmaa, ajattelin että opin...
4. Vipuhjelman käyttäminen tuntui _____, koska...
5. Kun olin käyttänyt vipuhjelmaa, ajattelin että opin...
6. Tuntopalautelaitetta käyttäessäni minusta tuntui, että...

4.4 Analyysimenetelmät

Oppimistilanteet on kuvailtu tutkijan havainnointimuistiinpanojen sekä nauhoitusten perusteella. Nauhoitetusta ja kirjallisesta aineistosta on etsitty oppimissovellusten käyttökokemuksiin ja oppilaiden ja opettajien ajatuksiin liittyviä ilmauksia, joita ryhmittelemällä ja yhdistelemällä on etsitty vastauksia tutkimuskysymyksiin. Oppilaiden haastattelut on kirjoitettu ensin sanatarkasti auki tekstimuotoon, koodattu ja luokiteltu sitten aineistolähtöisesti tutkimuskysymysten ohjaamana ja sen jälkeen on luokkia yhdistellen muodostettu teemoja.

Oppilaiden jatkamia lauseita on analysoitu taulukoimalla lauseet ensin alkuperäisessä muodossaan ja sen jälkeen pelkistetty niiden sisältöä yksinkertaisemmiksi ilmauksiksi. Näihin pelkistettyihin ilmauksiin on otettu mukaan oppilaiden tuottamat ilmaukset, vaikka rakenteellisesti niissä on mukana myös alkuperäisiä lauseen osia – niitä jotka oli valmiiksi tutkijan toimesta annettu – ja näin ollen ovat samat kaikkien oppilaiden vastauksissa. Näitä yksinkertaisia, pelkistettyjä ilmauksia on lopuksi yhdistetty ja muodostettu yläkäsitteitä tai -luokkia, joita on sitten kuvattu tutkimustuloksia esiteltäessä. Analyysi etenee näin aineistolähtöisen sisällönanalyysin periaatteella (ks. Tuomi & Sarajärvi 2002, 111). Opettajan kirjoittamat esseet on teemoiteltu myös aineistolähtöisesti hakien vastauksia tutkimuskysymysten aiheisiin. Esimerkki tässä tutkimuksessa käytetystä sisällönanalyysin toteuttamisesta on kuvattu seuraavassa taulukossa (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Ote sisällönanalyysistä. Oppilaiden vastauksia tasapainotunnin jälkeen.

Pelkistetyt ilmaukset	Yläkategoriat
Vaihtoehto kynälle ja paperille vaihtelua, uuden kokeilemistä	<i>Vaihtelua ja uutuusnäkökulma</i>
Laite aluksi vähän erikoinen Laitteeseen kuitenkin tottui nopeasti	<i>Helposti opittava</i>
Kätevä Hyvä tuntokokemus Positiivinen kokemus uudesta laitteesta Periaatteessa hyvä idea Laitteessa ei mitään erityisen monimutkaista	<i>Positiivisia kokemuksia, helppo käyttää</i>
Konkreettinen kokemus Oma kokemus tarvittavista voimista Oma tekeminen ja kokemus	<i>Oma kokemus oppimisessa</i>
Ei pelkästään kahden punnuksen tasapainoon saattamista Auttoi hahmottamaan minkä tyyppinen aine kyseessä Monia aineita voi kokeilla ohjelman avulla Radioaktiivisten aineiden kokeilemiseen ei yleensä koulussa mahdollisuutta muuten Pudotus kaasujen ja muidenkin aineiden kohdalla tuo uuden ulottuvuuden	<i>Lisäarvoa aiheen opettelulle</i>
Ohjelma helpompi kuin perinteiset välineet Ohjelmalla tuntee paremmin eron Turvallisempi /helpompi käyttää Ohjelmalla mieluummin kuin perinteisillä välineillä	<i>Ohjelma parempi kuin perinteiset</i>

4.5 Fysiikan oppimissovellukset

Yhteistyö Ylöjärven koulutoimen kanssa alkoi vuoden 2008 alkupuolella. Ensimmäinen yhteinen palaveri pidettiin opettajien kanssa Ylöjärvellä Opetus 2.0-hankkeen tiimoilta 18. helmikuuta 2008. Tapaamisessa tutustuttiin tuohon hankkeeseen kokonaisuutena sekä siinä mukana oleviin osapuoliin. Opetus 2.0 - hankkeessa oli tavoitteena saada aikaan muun muassa koko kaupungin yhteinen eOPS eli sähköinen opetussuunnitelma, joka olisi verkossa helposti saatavilla. Myös oppimateriaalit olivat hankkeessa kehittämisen kohteena, ja siksi aloitettiin tutkimusyhteistyö tuntopalautetta hyödyntävien ohjelmien suunnittelemiseksi Ylöjärven koulujen käyttöön. Tutkijat ja opettajat kokoontuivat tämän jälkeen vuoron perään koululla ja yliopistolla, ja näissä tapaamisissa kartoitettiin alustavia ideoita, koulun tarpeita ja myöhemmässä vaiheessa arvioitiin käyttöliittymiä ja ohjelmien toiminnallisuutta sekä niiden muutostarpeita.

4.5.1 Lähtökohta ja tavoitteet

Tuntopalautetta hyödyntävien sovellusten suunnittelun lähtökohtana oli opetussuunnitelma. Siitä pyrittiin löytämään aihealueita, joissa tuntopalautteesta olisi kaikkein eniten hyötyä aiheen havainnollistamiselle ja sen myötä kokemukselliselle oppimiselle. Fysiikassa luokkatilanteessa vaikeasti demonstroitavia aiheita olivat esimerkiksi noste ja aineen tiheys. Suunnittelupalaverissa opettajat miettivät, miten esimerkiksi elohopean ominaisuuksia voisi esitellä tai muiden aineiden, joilla on erilaiset tiheydet. Myös vedenpaine ja ilmanpaine nousivat esille keskustelussa. Matematiikassa haasteellisia oppisisältöjä olivat kappaleiden tilavuuksiin ja niiden leikkauspintoihin liittyvät laskut. Opettajat pohtivat myös karttojen ja korkeuskäyrien havainnollistamista sekä kemiassa molekyylimalleja, joita voisi tutkia tunnustelemalla. Sovittiin, että joitain demoja tehtäisiin kesäkuuhun 2008 mennessä edellä mainituista aihepiireistä.

Kahden viikon kuluttua ensimmäisestä tapaamisesta Ylöjärven opettajat vierailivat yliopistolla ja pääsivät kokeilemaan Sensablen PHANTOM Desktop -tuntopalautelaitetta (Sensable 2012) käytännössä. Tällä laitteella on mahdollista tuntea tietokoneen ruudulla näkyvät kohteet kynän tapaisen tikun avulla, joka on kiinnitetty nivelletyllä varrella itse laitteeseen (kuva ja tiedot laitteesta löytyvät Sensablen www-sivulta: Sensable 2012). Omakohtainen kokemus vauhditti opettajien mielikuvitusta ja sähköpostilla saimme tarkempia ehdotuksia ensimmäisten prototyyppien aiheiksi. Sovittiin, että prototyypejä tai demoja kokeillaan piloteissa fysiikan ja kemian luokassa ja että koululle pyritään hankkimaan myös omia laitteita. Palaverissa keskusteltiin myös tutkivasta oppimisesta ja siitä, miten tuntopalautesovellus tulisi olemaan vain yksi väline muiden joukossa. Tarkoituksena ei siis ollut lähteä suunnittelemaan laajaa tietokoneavusteista oppimisympäristöä, vaan erillisiä ohjelmia, joita voidaan käyttää oppitunnilla muiden opiskeluvälineiden ohessa fyysisinä artefakteina eli tekotuotteina (Säljö 2001, 73).

Ohjelmaa ei ollut tarkoitus vain *testata* kouluympäristössä, vaan sitä käytettäisiin oikeassa aidossa opetustilanteessa. Opettaja kertoi erilaisista oppilaiden arkikäsitteistä ja mietittiin, miten opitun soveltamista näissä arkitilanteissa voisi tukea. Seuraavana syksynä 8. luokkalaisilla oli fysiikassa mekaniikkaa, ja tuolloin koululle sovittiin toimitettavan kokeiltavaksi siihen liittyviä prototyypejä. Palaverissa oli mukana myös musiikinopettaja,

joka mielti haptiikan (eli tuntopalautteen) yhdistämistä orkesterin johtamiseen: nuottien kestot ja voimakkuus voitaisiin esittää jollain tavalla haptisesti. Myös äänen taajuuden ”tunteminen” voisi olla sovellusalueena. Jatkossa kuitenkin päätimme keskittyä fysiikan oppisisältöihin, koska oli tarkoituksenmukaista kokeilla ensin yhtä tai kahta sovellusta, jonka jälkeen niiden käyttökelpoisuutta arvioitaisiin ja voitaisiin myöhemmin mahdollisesti jatkaa muihin aihepiireihin.

4.5.2 Fysiikan oppisisällöt

Luonnontieteiden opiskelussa samaa ilmiötä opiskellaan eri vuosiluokilla, aihetta vuosi vuodelta syventäen. Peruskoulun opetussuunnitelman mukaan vuosiluokilla 1–4 opiskellaan ympäristö- ja luonnontietoa ja luokilla 5–9 vastaavia oppisisältöjä syvennetään fysiikan, kemian, biologian sekä maantiedon tunneilla. Luokilla 5–6 noita oppiaineita opiskellaan fysiikan ja kemian sekä biologian ja maantiedon yhteistunneilla, 7–9 -luokilla kaikki neljä ovat omina oppiaineinaan. Oppimisympäristön tulisi vastaavasti sallia ilmiöiden opiskelu ensin yksinkertaisesti perusasioita tutkien ja kokeillen ja sitten vähitellen tietämystä syventäen. Oppimisympäristön tulee myös tukea oppilaiden kehitystä nykyaikaisen tietoyhteiskunnan jäseneksi ja mahdollistaa tieto- ja viestintätekniikan käyttö oppimisen välineenä (Opetushallitus 2004, 18). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden taustalla on oppimiskäsitys, jonka mukaan oppiminen on yksilöllinen ja yhteisöllinen tietojen ja taitojen rakennusprosessi ja ”seurausta oppilaan aktiivisesta tavoitteellisesta toiminnasta, jossa hän aiempien tietorakenteidensa pohjalta käsittelee ja tulkitsee opittavaa ainesta.” (Mts., 18.) Oma kokemus on ensiarvoisen tärkeä, kun tutkitaan reaali maailman ilmiöitä ja pyritään ymmärtämään niiden ominaisuuksia.

Toukokuussa 2008 päätimme yhteisten suunnittelupalaverien perusteella ottaa tarkemman suunnittelun kohteeksi oppisisällöt Kalteva taso, Vipu, Tiheys ja Noste. Näistä toteutettaisiin samana vuonna yksittäisiä demoja. Kaltevaa tasoa suunniteltiin toteutettavaksi niin, että ensin toteutettaisiin kitkaton kalteva taso ja seuraavaksi otettaisiin siihen sitten kitka mukaan, jotta sen vaikutuksia voidaan tutkia. Kuvaan haluttaisiin myös näkyviin voimavektorit, jotta ilmiön teoreettinen perustelu saisi myös tukea. Käytännössä, lähinnä resurssien vuoksi, tässä tutkimushankkeessa näistä suunnitelluista demoista kuitenkin toteutettiin vain Vipu ja Tiheys.

4.5.3 Novint Falcon – tuntopalaute-laite

Prototyyppejä suunniteltiin ja toteutettiin käytettäväksi erityisellä tietokoneeseen liitetyllä, tuntopalaute-tuottavalla laitteella, Novint Falconilla (kuvio 2) (Novint 2012a). Laite on peliohjain, jonka avulla tietokonetta voi ohjata kolmiulotteisesti (katso Novint 2012b). Sen avulla käyttäjä voi dynaamisesti tunnustella tietokoneohjelman kohteiden pintaa, muotoa, massaa ja ulottuvuuksia. Se on ensimmäinen tämäntyyppinen kaupallinen tuntopalaute-laite, joka on hankintahinnaltaan kuluttajaystävällinen ja näin ollen helpommin tavallisten kuluttajien saatavilla. Kauemmin markkinoilla olleet vastaavat laitteet ovat niin kalliita (n. 30 000–40 000 euroa), ettei niitä juurikaan käytetä muihin kuin tutkimustarkoituksiin. Falcon sen sijaan on kohtuuhintainen eli hieman alle 200 euroa (hintatieto marraskuussa 2012) käytettäväksi niin kouluissa kuin kotonakin.

Laitteen toiminta perustuu sähkömoottoreiden ja niiden liikuttamien vaijereiden avulla tuotettuun voimapalautteeseen, jonka käyttäjä tuntee pitäessään laitteen kahvasta kiinni. Laitteen tuottama voima siis vastustaa käyttäjän liikettä sen mukaan, minkälainen kohde ohjelmassa on kyseessä. Voimapalautteella voidaan tuottaa aistittavaa tietoa sekä tunnusteltavan kohteen muodosta että pintarakenteesta. Parhaan käsityksen laitteen toiminnasta saa vain itse kokeilemalla, mutta myös videon avulla voi kuvitella, miten tietokoneella näkyvää kaksiulotteista kuvaa voi laitteen kahvan avulla tunnustella. Videoita löytyy niin valmistajan kotisivuilta (Novint 2012a) kuin esimerkiksi Youtube-palvelusta hakusanalla Novint Falcon (Youtube).



KUVIO 2. Novint Falcon -tuntopalaute-laite (Novint 2012a).

4.5.4 Prototyyppien suunnittelu

Prototyyppejä suunnitteli ja toteutti alkuvaiheessa kolme tutkijaa. Itse vastasin pääasiassa suunnittelusta ja kaksi ohjelmoijaa toteutti suunnitelmia. Suunnittelussa olivat mukana myös yhteistyökoulun opettajat.

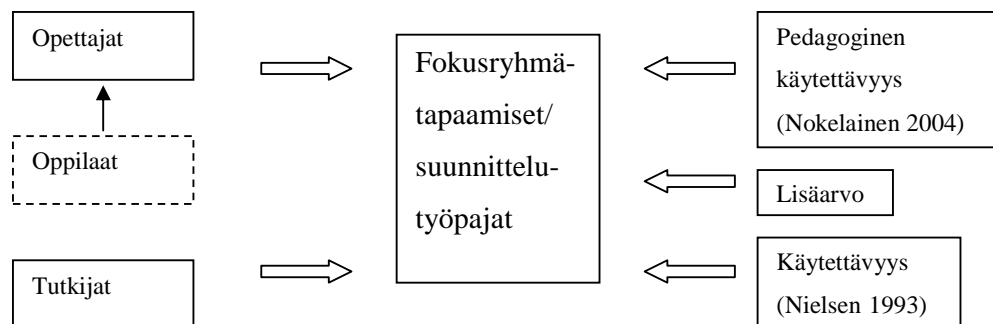
Ensimmäiset valmiit prototyypit olivat Tiheys, Vipu ja Kalteva taso. Käyttöliittymiä ja toimintoja suunniteltiin pitäen mielessä asteittain vaikeutuva, syventyvä materiaali jotta materiaalia voisivat käyttää eri-ikäiset tai erilaisessa oppimisvaiheessa olevat oppilaat. Muun muassa valikkojen piti olla sekä näkevien että näkövammaisten käytettävissä, joten tuntopalautteen ja äänen tulisi olla mukana kuvakkeissa. Kuitenkin, koska testiryhmässä ei ollut mukana lainkaan näkövammaisia oppilaita, näiden prototyyppien käyttöliittymät päätettiin toteuttaa resurssien säästämiseksi ainoastaan näkö- ja tuntopalautetta käyttäen.

4.5.5 Prototyyppien arviointi

Tietokonesovelluksia suunnitellessa on tärkeää heti alusta lähtien ajatella tulevan sovelluksen käyttökelpoisuutta ja hyvää käytettävyyttä. Käytettävyydelle ei ole olemassa vain yhtä, yleispätevää määrittelyä, mutta tunnetuin ja käytetyin lienee Jacob Nielsenin jako käytettävyyden osatekijöihin, jotka ovat opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheettömyys ja miellyttävyyys (Nielsen 1993, 25; Ovaska, Aula & Majaranta 2005, 3). Käytettävyyys on Nielsenin mukaan osa sovelluksen hyödyllisyyttä ja eri asia kuin sovelluksen käyttökelpoisuus, jota ei voi arvioida ennen kuin sovelluksen käyttötilanteessa (mt., 3). Käytettävyyttä sen sijaan voidaan arvioida ja testata jo sovelluksen kehittämissivaiheessa ja viimeistään silloin kun ohjelma tai prototyyppi on valmis otettavaksi käyttöön. Erityisesti oppimissovelluksia arvioitaessa on syytä miettiä sovelluksen käyttämistä ja sen hyödyllisyyttä myös pedagogisesta näkökulmasta. Pedagoginen käytettävyyys tarkoittaa Nokelaisen (2004) mukaan sovelluksen arviointia juuri tästä näkökulmasta ja siihen liittyviä arvioinnin kohteita ovat: toiminta oppijan ehdoilla, oppijan aktiivisuus, yhteistoiminnallinen oppiminen, tavoitteellisuus, soveltavuus, lisäarvo, motivaatio, aiemman tietämyksen arvostus, joustavuus ja palaute (Nokelainen 2004, 58).

Käytettävyyden arviointimenetelmiä on lukuisia. Niihin kuuluvat esimerkiksi kenttätutkimukset, käyttäjävaatimusten analyysi, iteratiivinen suunnittelu, tehtäväanalyysi, muodollinen heuristinen arviointi, fokusryhmät, haastattelut, kyselyt jne. (esimerkiksi Kosonen 2005, 317). Sopivan menetelmän valinta riippuu muun muassa siitä, missä prosessin vaiheessa arviointia suoritetaan. Menetelmät voidaan jakaa tarkistusmenetelmiin ja testausmenetelmiin sen mukaan, ovatko käyttäjät mukana arvioinnissa vai eivät (Ovaska ym. 2005, 6). Jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat varsinaiset käyttäjätestaukset, joissa käyttäjät ovat mukana testaajina. Sovelluksen tulevien käyttäjien kannalta parhaaseen lopputulokseen päästään, mikäli heitä on mahdollista kuulla suunnittelun alusta lähtien. Nykyisin pyritään yleensä niin sanottuun osallistavaan suunnitteluun (participatory design), jossa käyttäjät ovat mukana suunnitteluprosessissa aktiivisina toimijoina – eivät vain palautteen tai ideoiden antajina (mts. 7).

Tässä tutkimushankkeessa käytettiin sovelletusti fokusryhmää (kuvio 3). Ryhmässä oli ainoastaan opettajien edustajia ohjelmien tulevista käyttäjäryhmistä. Oppilaita ei siis ollut mukana suunnitteluvaiheessa. Toisaalta opettajat tuntevat oppilaansa ja heidän tarpeensa melko hyvin ja pystyvät näin ollen miettimään ohjelmien toimintaa myös heidän näkökulmastaan. Oppilaat on otettu sen vuoksi ”himmeänä laatikkona” mukaan kuvioon.



KUVIO 3. Prototyyppien suunnittelu. Yhteisissä suunnittelutyöpajoissa opettajat ja tutkijat pohtivat sovelluksia käytettävyyden, pedagogisen käytettävyyden ja sovellusten mahdollisen oppimistilanteelle tuottaman lisäarvon näkökulmasta.

Laboratoriotestauksen sijaan pidimme opettajien ja tutkijoiden kesken säännöllisesti palaverreja, joissa käytiin läpi prototyyppjeä sekä käytännössä kokeilemalla että

keskustelemalla tarvittavista muutoksista. Esimerkiksi lokakuussa 2008 pidetyssä palaverissa käytiin läpi tiheys- ja vipudemoja:

”Opettajat olivat tyytyväisiä näkemäänsä ja kokemaansa, mutta toki parannusehdotuksiakin tehtiin. Tiheys-ohjelmassa alkuaineet on toteutettu niin, että käyttöliittymän vasemmassa laidassa näkyy aina kerrallaan kolmen aineen tiedot (ruutu, jossa lyhenne). Keskimmäinen ruutu näyttää kulloinkin aktiivisena olevan (siis tunnusteltavan) ja ylempi näyttää järjestysluvultaan edellisen ja alin aktiivista seuraavan alkuaineen. Aktiivisen aineen koko nimi näkyy aina ruudun vieressä, ja näytön oikeassa reunassa näkyvät ko. aineen tilavuus, tiheys ja massa omista ruuduissaan.

Fokusryhmästä saatiin joitain parannusehdotuksia tähän sovellukseen:

- 1. Olisi hyvä tarjota mahdollisuus hakea alkuaine myös kirjoittamalla sen nimen alku. Tämä on tavallinen tapa monissa hakujärjestelmissä. Näin ei tarvitsisi selata nuolinäppäimillä kymmeniä aineita päästäkseen haluamaansa. Toinen vaihtoehto olisi toteuttaa käyttöliittymä niin kuin sitä alun perin mietittiin: koko jaksollinen järjestelmä näkyvissä näytöllä koko ajan, mutta osin läpinäkyvänä, ja aineen aktivointi klikkaamalla ko. ruutua.*
- 2. Tiheysarvoissa oli jonkin verran eroja opettajan käytössä olevaan jaksollisen järjestelmän versioon nähden, joten sovittiin, että arvot tarkistetaan MAOL:n taulukon mukaisiksi.*
- 3. Musta teksti sinisellä pohjalla ei erottunut kovin hyvin tietokentissä oikealla, joten tarvittiin näkyvämpi teksti.*
- 4. Tiheysarvojen tarkkuutta päätettiin korjata tarkemmiksi: kolme desimaalia näytölle.*
- 5. Ohjelmassa oli käytetty massoja, joista ilman vaikutus oli poistettu, näitä massoja ei voi kuitenkaan tulostaa näkyviin, kuten nyt oli tehty, koska miinusmerkkiset massat ovat luonnollisesti todellisuudelle vieraita.*

Vipu-ohjelman käyttöliittymä oli kohentunut edellisestä tapaamiskerrasta. Nyt mukana oli näytön oikeassa reunassa olevat tiedot vivun toimintaperiaatteesta sekä dynaamisesti toimiva tasapainoyhtälö. Kaikki tekstit on kirjoitettu valkoisella/vaalean harmaalla fontilla ja ne erottuvat hyvin mustalta pohjalta. Vipuvartta oli hieman pidennetty ja kuorman kokoa pienennetty näytöllä. Mietimme opettajien kanssa

tasapainoyhtälön toteutusta. Tekstikentässä vilisti nyt kolmen desimaalin tarkkuudella voiman suuruus, kun vipua liikuteltiin. Päätimme tutkia, olisiko parempi päivittää kenttää esimerkiksi vain joka sadannella kerralla kun voima muuttuu. Keskustelimme myös värikoodauksesta: kun vipu on lähes tasapainossa, voisi yhtälön esityksessä tulla vihreä väri näkyviin esimerkiksi numeroiden fontissa.” (Ote tutkimuspäiväkirjasta)

Suunnittelu eteni näiden parannusehdotusten myötä kohti toimivampaa toteutusta ja sovittiin, että vipuohjelmaa kokeillaan syysloman jälkeen koululla ja voin tulla luokkaan mukaan tekemään havaintoja. Sovittiin myös, että lukiota varten tehdään oma ohjelmaversio, jossa myös tukipisteen sijaintia voidaan muuttaa. Näin voidaan tutkia momenttiin liittyviä asioita. Ohjelmia ei kuitenkaan nimetä minkään luokka- tai koulutason mukaisesti, jotta opettajat voivat harkintansa mukaan käyttää opetuksessaan yksinkertaisempaa tai monimutkaisempaa sovellusta. Näin opetusta voidaan tarvittaessa eriyttää ohjelman avulla tukien erilaisia oppijoita luokissa.

4.5.6 Valmiit prototyypit

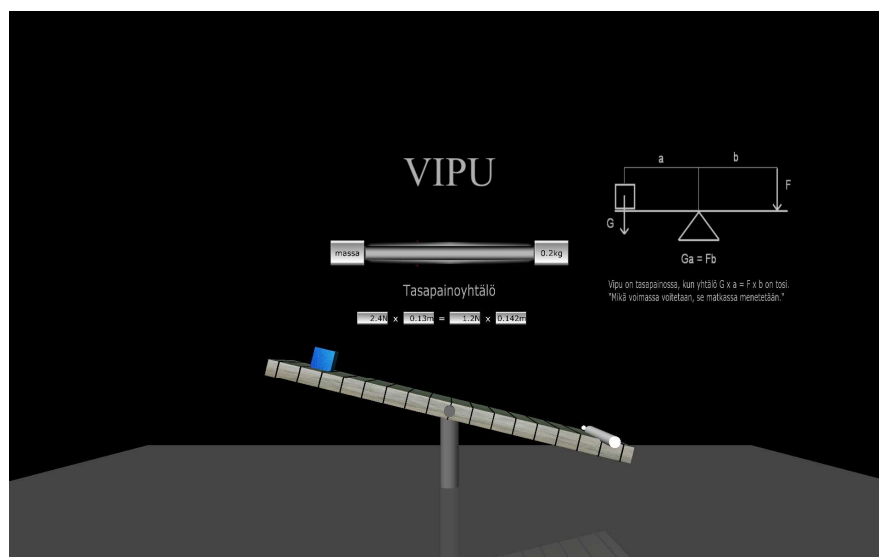
Tiheys- ja Vipu-sovellus päätettiin siis toteuttaa valmiiksi prototyypeiksi, joita sitten kokeiltiin myöhemmin oppitunneilla.

Vipu

Ohjelman tuntopalautekäyttöliittymässä on vipuvarsi, tukipalikka sekä kappale, jonka massaa voidaan muuttaa. Vipubarren pituutta voidaan säätää muuttamalla tukipalikan sijaintia tietokoneen nuolinäppäimillä. Käyttöliittymään kuuluu myös liukusäädin, jota käytetään Falconin kahvan avulla. Liukusäätimellä voidaan vaihtaa kuorman massa vipubarren päällä. Lisäksi graafiseen käyttöliittymään kuuluu vipubarren, tukipalikan sekä muunneltavan kappaleen lisäksi dynaaminen tasapainoyhtälö ($G_b = F_a$), jonka kentissä näytetään vipu- ja kuormavarren pituus sekä vipuun kullakin hetkellä vaikuttavat voimat (kuvio 4).

Ohjelmalla voidaan tutkia vipun toimintaa tuntopalauteen avulla. Kun kuorman massaa lisätään, vipubarren pituutta on lyhennettävä, jotta vipu pysyy tasapainossa. Vipua voidaan

painaa vipuvarren eri kohdista. Ohjelmassa oli käytetty massoja, joista ilman vaikutus oli poistettu, näitä massoja ei voi kuitenkaan tulostaa näkyviin, kuten nyt oli tehty, koska miinusmerkkiset massat ovat luonnollisesti todellisuudelle vieraita.

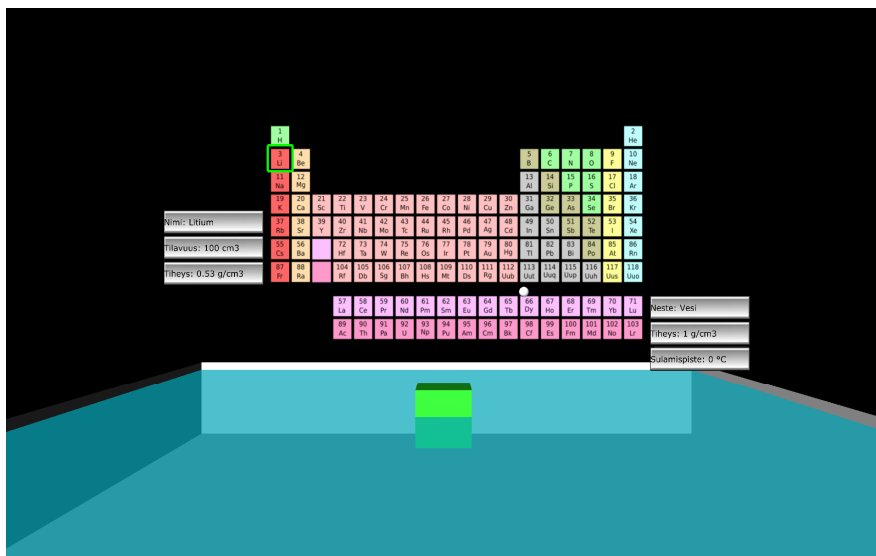


KUVIO 4. Vipu-ohjelman visuaalinen käyttöliittymä.

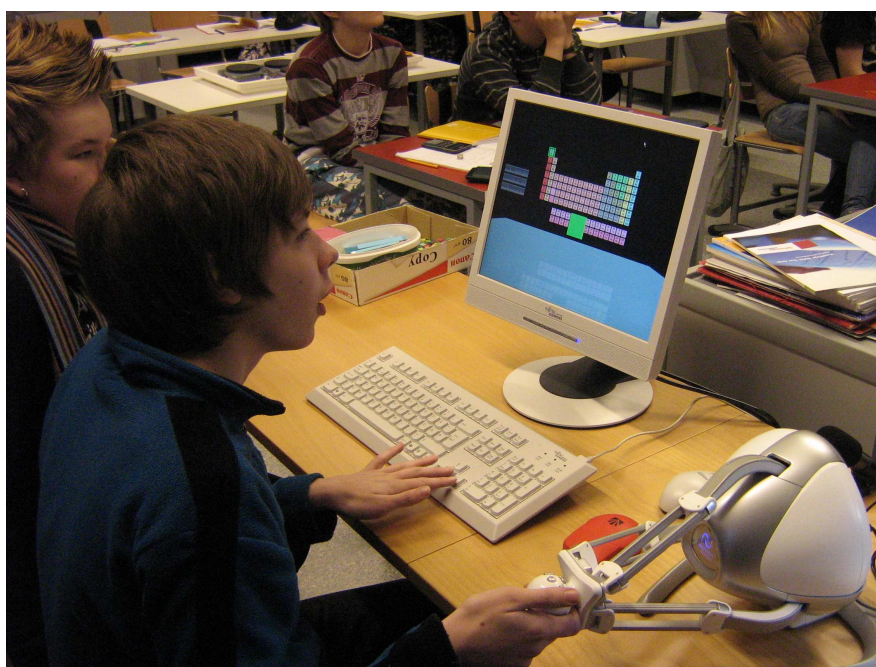
Tiheys

Tiheyssovelluksen visuaalisessa käyttöliittymässä on kuvattuna alkuaineiden jaksollinen järjestelmä, allas sekä kuutio (kuvio 5). Sovelluksessa oppilas valitsee tietokoneen normaalinäppäimistön nuolinäppäimiä käyttäen jaksollisesta järjestelmästä alkuaineen (kuvio 6), jolloin ruudun keskellä oleva kuutio saa tiheydekseen valitun aineen tiheyden. Jaksollisen järjestelmän vasemmalla puolella näkyvät tiedot valitusta alkuaineesta (nimi, tilavuus ja tiheys) ja oikealla puolella altaassa olevan nesteen tiedot (neste, tiheys ja sulamispiste) (kuvio 5). Tuntopalauslaitteen kahvassa olevaa painiketta painamalla kuutiota voi liikuttaa ja sen painon voi tuntea kahvan avulla kädessään. Kuution voi myös päästää irti laitteen hallinnasta painamalla uudelleen samaa painiketta, jonka seurauksena kappale joko nousee ilmaan, jää altaassa olevan nesteen (vesi tai elohopea) varaan tai vajoaa nesteeseen, aina valitun aineen tiheyden mukaan. Tutkimuksessa havainnoidulla oppitunnilla käytetyssä ohjelmassa nesteeseen pudottaminen ei ollut kuitenkaan vielä toiminnassa. Toisella tuntopalauslaitteella

(Vipu-ohjelmaa käytettäessä) tämäkin ohjelma oli jo päivitetty uuteen versioon, jolloin osa oppilaista kokeili myös tätä sovellusta ja arvioi myös sitä vastatessaan tutkijan kysymyksiin.



KUVIO 5. Tiheys-ohjelman visuaalinen käyttöliittymä. Jaksollinen järjestelmä toimii valikkona, vihreä neliönmuotoinen kehys osoittaa valitun alkuaineen ja etualalla näkyy allas, johon kuutio on kuvan tilanteessa puoliksi upponnut.



KUVIO 6. Tiheysohjelman käyttötilanne fysiikan tunnilla. Vasemmalla kädellään oppilas valitsee alkuaineen nuolinäppäinten avulla ja tuntee saman tien alkuaineen tiheyden mukaisesti kuution massan muuttumisen oikealla kädellään tuntopalautelaitteen kautta. (Tässä kuvatussa sovellusversiossa ei vielä näy altaan nesteen tietoja jaksollisen järjestelmän oikealla puolella)

5 TAPAUSTUTKIMUKSEN KUVAUS JA TULOKSET

5.1 Opettajan ajatuksia ennen tuntopalauteohjelmien käyttöä

Ennen ensimmäistä tuntopalautetuntia opettaja kirjoitti muistiin ajatuksiaan ja ennakkoodotuksiaan. Olen poiminut näistä ajatuksista ilmauksia, jotka olen luokitellut eri teemojen alle sen mukaan, liittyvätkö ne 1) opettajan ammattitaitoon ja toimintaan, 2) teknisen laitteen ja sovelluksen ominaisuuksiin vai 3) oppimisprosessin, oppilaiden ja oppimiskäsityksen kuvaamiseen. Nämä teemat liittyivät tutkimuskysymyksiin, joita pidin mielessäni lukiessani opettajan kirjoituksia. Teemat siis eivät olleet ennalta – teorialähtöisesti – mietittyjä, vaan löyhästi teoriaohjaavasti aineistosta nostettuja. Viimeisen kategorian ilmauksista vain kaksi liittyi suoraan oppilaiden ominaisuuksiin, joten yhdistin ne tuohon oppimisprosessiryhmään. Eniten opettaja oli pohtinut kirjoituksessaan opettajan ammattitaitoon ja toimintaan liittyviä asioita.

5.1.1 Opettajan ammattitaito ja toimintatavat

Opettajan mukaan on tärkeää, suorastaan pakollista, että opettaja haluaa oppia koko ajan uutta. Näin toimiessaan hän innostaa myös oppilaita kokeilemaan ja kokemaan uusia asioita. Pysyminen ajan tasalla uusissa asioissa ja ilmiöissä takaa hänen mukaansa myös monipuolisen opetuksen oppilaille. Toinen ominaisuus, jonka opettaja toi esille, on rehellisyys. Opettaja ei aina osaa kaikkea etukäteen, mutta on valmis kokeilemaan. Tämän hän kertoo myös oppilaille, jotka ovat mielissään, kun ei opettajakaan aina tiedä, mitä tulee mahdollisesti tapahtumaan. Esimerkillään hän haluaa myös rohkaista etenkin tyttöjä uskaltamaan erilaisia asioita elämässä. Uuden oppimisen opettaja itse kokee paremminkin mahdollisuutena kuin pakkona.

Vaikka opettaja on valmis kokeilemaan uutta, hän tuo kirjoituksessaan esille myös kriittisyytensä uusien teknisten mahdollisuuksien suhteen. Hyväkään tekninen ympäristö ei korvaa pätevää opettajaa, jonka on pystyttävä vastaamaan oppilaille herääviin kysymyksiin.

Hän tarkentaa vielä, että oppilaiden kysyessä on opettajan tehtävänä esittää ne oikeat kysymykset, joihin vastaamalla oppilas oikeastaan itse vastaa kysymykseensä.

Opettaja pitää tärkeänä kokeilla uusia teknologisia ratkaisuja sellaisessa ryhmässä, johon on jo syntynyt tietty luottamuksen ja oppimisen ilmapiiri, koska uusi tekniikka tuo aina mukanaan myös epävarmuutta ja riskejä. Uuden ryhmän kanssa katastrofaaliset tilanteet rikkoisivat oppimistilanteen, kun taas tutun ryhmän kanssa virheistäkin voi oppia. Opettaja haluaa oppia tuntemaan oppilaansa ja saavuttaa luottamuksen, jotta jokainen tilanne opetettavan aiheen parissa voisi opettaa jotain. Omat tuntisuunnitelmansa (tai käsikirjoituksensa, kuten hän itse luonnehtii) opettaja pitää mahdollisimman yksinkertaisina, jotta opetettava ilmiö tulisi hyvin esille.

5.1.2 Teknisen laitteen ja ohjelman ominaisuudet

Opettajan mukaan myös sovellusten tulisi tarkastella oppimisen kohteena olevaa asiaa riittävän rajatusti, jotta tutkittava ilmiö ei hämärtyisi. Hän pitää tärkeänä, että tekniikka tukee oppimista ja että se on oppilaiden ymmärryksen tasolla. Pelkkä tekniikka sen itsensä vuoksi ei siis ole peruste tekniikan tuomiselle oppimisympäristöön. Tekniikan täytyy tarjota selkeästi lisäarvoa oppimiselle. Olisi parasta, että tekniikka kytkeytyisi myös oppilaiden arkeen. Esimerkiksi Tiheys-ohjelmassa virtuaalisten kappaleiden koon tulisi olla sama kuin konkreettisten palikoiden, joita oppilaat tutkivat. Hyvin suunnitellut ja toteutetut tekniset sovellukset antavat oppilaille mahdollisuuden tutustua fysiikan ja kemian ilmiöihin muuallakin kuin laboratorioympäristössä. Tekniikkaan liittyy kuitenkin aina riskejä ja sen käyttö luo myös epävarmuutta opetustilanteeseen.

5.1.3 Oppimisprosessi, oppimiskäsitys ja oppilaat

Oppiminen on opettajan mukaan prosessi, jota opettaja vain ohjaa. Oppilailla on opittavasta asiasta jonkinlainen ennakkokäsitys, josta voidaan lähteä liikkeelle. Opetuskeskustelussa pohdinnan tarkoituksena on saada oppilaat miettimään asioita ja keksimään ratkaisuja opettajan esittämiin kysymyksiin. Ajattelun ja miettimisen kautta oppiminen tapahtuu oppilaan päässä. Opettaja toteaa, että luokassa on aina yhtä monta erilaista oppijaa kuin on

oppilaita. Kun käytössä on useampia tapoja lähestyä opittavaa asiaa, on mahdollista saada useampi oppilas miettimään asioita. Mitä useampi asia tukee tutkittavaa asiaa, sitä vakuuttuneempia oppilaat voivat myös olla asian todenmukaisuudesta.

5.2 Ensimmäinen tavallinen oppitunti – ilman tuntopalautesovelluksia

Olin ensin seuraamassa opetusta normaalilla oppitunnilla, jossa ei vielä käytetty tuntopalautesovelluksia. Sen jälkeen varsinaisia tuntopalaute-tunteja oli kaksi. Pidin tärkeänä käydä havainnoimassa opetusta ennen tuntopalauteohjelmien luokkaan tuloa, jotta voin päätellä jotain uuden laitteen ja ohjelmien vaikutuksesta luokan käytäntöihin. Havainnoinnin kuvaus perustuu havainnointimuistiinpanoihin, tutkimuspäiväkirjaan sekä tuntopalaute-tuntien osalta tunneilla tehtyjen nauhoitusten tarkasteluun.

Luokassa ei vielä käytetty tuntopalaute-laitteita, vaan tarkoitukseni oli tutustua fysiikan opiskeluun perinteisin menetelmin, eli aikaisemmin totutulla tavalla. Menin koululle vajaa kymmenen minuuttia ennen tunnin alkua, Opettaja oli tullut juuri hetkeä aiemmin.

Oppilaat odottelivat luokan edessä ja luokkaan mentiin sisälle vasta opettajan mukana. Oppilaita oli 17, yksi tyttö oli poissa koulusta. Tytöt istuivat pareittain omissa pöydissään ja pojat omina pareinaan. Pöydät olivat kolmessa rivissä, neljä pöytää peräkkäin. Keskimmaisessä rivissä oli edessä tyhjää.

Tunnin alussa opettaja kyseli edellisen tunnin läksyä, joka liittyi liikkeen käsitteeseen. Oppilaista muutama poika viittasi. Edellisellä tunnilla oli käsitelty tasaista ja mutkittelevaa liikettä sekä kolmantena akselinsa ympäri pyörivää liikettä. Tätä opettaja havainnollisti myös itse kehollaan, kun näitä asioita palautettiin mieleen.

Seuraavaksi tarkastettiin kotitehtävät. Ensimmäiseen tehtävään lähes kaikki viittasivat. Kyseessä oli nopeuden kirjaintunnus ja yksikkö. Toiseen tehtävään viittasi neljä poikaa. Tehtävässä kysyttiin, mitä tarkoittaa kun juoksijan keskinopeus on 6,2 km/h? Yksi pojista vastasi sen tarkoittavan juoksijan nopeutta, mutta opettaja tarkensi, että kyseessä oli juoksijan juoksema matka tunnin aikana. Tehtävien tarkistus sujui näin eteenpäin. Kun eräässä tehtävässä piti kuvata tasaista, kiihtyvää ja hidastuvaa liikettä, yksi pojista piirsi nopeasti

vihkoon koko sivun mittaisen viivan, jossa oli tasaisin välein poikkiviivoja. Näin hän näytti opettajalle miten havainnollisti tasaista liikettä. Samoin hän piirsi havaintokuvan vihkoon myös hidastuvasta liikkeestä. Vaikka tuo kuva ei ollutkaan aivan oikein, vaan kuvasi paremminkin kiihtyvää liikettä, oli oppilaan tapa kuvata liikettä visuaalisesti kuitenkin mielenkiintoinen osoitus oppimisen kohteena olevan asian itsenäisestä prosessoinnista.

Seuraavaksi opettajan johdolla käytiin läpi kuvaajaa, jossa oli erilaisia kaltevuuksia. Kahden pisteen välillä käyrä oli vaakasuora eli tietyllä aikavälillä matka ei kasvanut. Tämä aiheutti oppilaiden keskuudessa hämmennystä: joku ehdotti, että liike jatkuu tasaisella nopeudella. Oikeastihan liike oli pysähdyksissä. Yksi kotitehtävien kysymys tuntui oudolta ja vaikealtakin. Kysymys kuului: mitä kappaleen hitaus kuvaa? Yksi oppilas kertoi ensin omin sanoin, ja toinen oppilas tarkensi kysyen, voiko lukea vihosta, miten oli määritelty. Niin hän luki sitten määritelmän vihosta. Opettaja näytti vielä tuolin avulla, miten tuoli haluaa vastustaa liikettä, eli pysyy paikallaan. Hitaus on siis tuolin ominaisuus ja opettajan tarvitsi käyttää voimaa saadakseen tuolin liikkeelle. Laskutehtävät käytiin yhdessä läpi taululla. Kun kaikki laskut oli tarkastettu, opettaja kysyi: ”Oliko ihan hirveän vaikeata?” Lopuksi hän kiteytti vielä laskujen periaatteen: ”Näin toimitaan fysiikan laskuissa: [kun] tiedetään kaksi, niin voidaan laskea kolmas.”

Kaksoistunnin toisella osuudella menttiin uuteen asiaan, joka oli putoamiskiihtyvyys. Tähän ilmiöön tutustuttiin Näsinneula-esimerkin avulla. Omenan putoamista tuosta Tampereella sijaitsevasta näkötorjasta pohdittiin piirtämällä ja laskemalla taululle (opettaja) ja vihkoihin (oppilaat). Opettaja aloitti esimerkin sanomalla, että kun nyt ollaan tamperelaisia tms. mikä oli yllättävää, koska oltiin kuitenkin ylöjärveläisessä koulussa. Opettaja oli joskus aiemmin toiminut tamperelaisessa koulussa, ja mietinkin, että tuliko johdanto ikään kuin ”selkäytimestä”, juuri tämän aiheen opettamiseen kuuluvana rutiinina.

Opettajan johdolla tehtiin vihkomuistiinpanoja putoamiskiihtyvyydestä. Opettaja myös kiersi luokassa, ilmeisesti katsomassa, että vihkoihin syntyy kuva oikealla tavalla. Ensin opettaja demonstroi putoamista kahdella suunnilleen samankokoisella paperilla, joista toisen hän rypisti palloksi. Opettaja kysyi: ”Miten putoavat?” Eli hän pyysi oppilailta ennakkokäsityksiä. Oppilas kuvaili ja juuri niin tapahtui: rypistetty paperi putosi melko suoraan ja rypistämätön leijaili sinne tänne. Joku oppilas totesi, että tyhjiössä höyhen ja vasara putoavat yhtä nopeasti. Opettaja kysyi, onko oppilas nähnyt itse (ei ollut) ja kertoi että hän itse on nähnyt

Tampereella eräässä koulussa. Opettaja myös totesi, että vaikka ilmiön oli nähnyt jo jonkun kerran, niin aina se hämmästytti.

Opettaja jatkoi opetuskeskustelua putoamiskiihtyvyydestä, ja aiheesta kirjoitettiin myös vihkoihin. Jälleen opettaja kirjoitti taululle ja oppilaat kopioivat vihkoon. Kaksoistunnin toisella puoliskolla opettaja sanoi ensimmäisen kerran jotain kurinpitoon liittyvää, pääasiassa oppilaat seurasivat hiljaa opetusta ja viittasivat, kun heillä oli asiaa (Näin toimi myös se yksi poika, joka kommentoi välillä kaikenlaisia asiaan kuulumattomiakin, kuten ”mun tekisi mieli syödä se omena” ym.) Lopputunnilla tehtiin itsenäisesti laskuja, mutta aivan lopuksi opettaja vielä kirjoitutti vihkoon tunnilla opitut uudet suureet ja yksiköt. Näin oli tapana koota kaikki fysiikassa opitut suureet yksiköineen samaan listaan tai taulukkoon. Tunti loppui kellon soidessa ja menimme opettajan kanssa opettajainhuoneeseen keskustelemaan. Opettajalla oli sopivasti kaksi hyppy tuntia, joten ehdimme keskustella kuluneen tunnin jälkeen jatkotoimista.

Sovittiin, että kirjoitan tiedotteen (liite 1) ja tutkimukseen osallistumisluvan (liite 2) koteihin jaettavaksi. Sovittiin myös palaveri seuraavalle viikolle opettajien ja tutkijoiden kesken. Koululle tilatuista Falcon-laitteista yksi päätettiin asentaa fysiikan luokkaan ja kolme niin sanotun resurssikeskuksen opetustilaan. Tiheys-tunti, jolla siis ensimmäinen tuntopalauteohjelma olisi käytössä, sovittiin pidettäväksi kahden viikon päästä ja vipu-tunti oppilaiden kokeen jälkeen joulukuussa.

5.3 Oppilaiden ennakkokäsityksiä ennen tuntopalaute tunteja

Ennen ensimmäistä tuntia, jolla oli käytössä uusi laite ja ohjelma, kysyttiin oppilailta heidän ennako-odotuksiaan tulevan tutkimustunnin suhteen. Opettaja luki kysymyksen oppilaille, ja he vastasivat kysymykseen kirjoittamalla vastaukset pienille lapuille. Opettajan muotoilemana kysymys kuului:

Minkälaisia ennako-odotuksia sinulla on tällaisen tuntopalauteohjelmien käytön suhteen. Eli nyt jos tietokoneen tietoa voisi tuntea, niin mitä odotatte?

Oppilaista viisi ei osannut sanoa tai mainitsi, ettei ole mitään erikoisia odotuksia. Kolme oppilasta suhtautui hieman epäröiden käyttäen sanontoja ”ei niin mahtavat”, ”hieman omituista” ja ”ehkä hieman epäilyttäviä”. Loput kirjoittivat konkreettisista toimenpiteistä,

joita odottivat tulevan eteen tai kertoivat odottavansa mielenkiinnolla tulevaa tuntia. Esimerkiksi tähän tapaan:

”Odotan mielenkiinnolla”

”En oikeen mitää erikoista ja jotain mielenkiintosta.”

”Ihan normaalia tuntia, paitsi kai jotain haastatteluja ja niitä kuvien ottoja. En tiedä mitä pitäisi odottaa.”

Jos tietokoneen ohjelmat voisi tuntea, niin varmasti ne tuntuisivat tietokoneelliselta.

Tai bittimäiseltä. Tai ATK-tunnilta. Voisi olla lystiä.

Kaksi tyttöä oli sellaisessa käsityksessä, että alkavalla tunnilla tutkitaan aivokäyriä laittamalla jokin laite päähän. Jotkut kertoivat odottavansa, että käytetään jotain laitetta ja kokeillaan joitain outoja tutkimusvälineitä tai tehdään erilaisia testejä tai kokeita. Yksi tyttö odotti muuten normaalia tuntia, mutta tunnilla haastateltaisiin oppilaita ja otettaisiin kuvia. Noita kahta aivokäyrätutkimuksia odottavaa tyttöä lukuun ottamatta odotukset olivat melko varovaisia. Voi olla myös, että oppilaat eivät olleet tottuneita tällaisiin kysymyksiin luokassa, ja vastasivat siksi hieman varovaisesti. Tuntopalautelaite oli ollut fysiikan luokassa jo jonkin aikaa, vaikka sitä ei ollut vielä opetuksessa käytetty. Itse laite ei siis enää ollut oppilaille täysin tuntematon.

5.4 Ensimmäinen tuntopalautetunti: Tiheys

Ensimmäinen näistä varsinaisista tuntopalautetunneista oli marraskuussa 2008. Aiheena oli, aivan alun perin suunnitellusta poiketen, tiheys, ja Falcon-laitetta ja Tiheys-ohjelmaa käytettiin tuolloin ensimmäisen kerran oppitunnilla. Tiheys otettiin aiheeksi ensin, koska se sopi paremmin luokan opetusaikatauluun. Oppilaat olivat selvästi vähän jännittyneitä ja odottivat, milloin pääsevät itse kokeilemaan laitetta. Tietokoneella olevan asian ”tunteminen” oli jotain täysin uutta ja outoa ja näkyi oppilaiden ilmeissäkin.

Tunnin kulku oli hyvin samantyyppinen kuin edellisenkin havainnoimani oppitunnin. Opettaja ei ollut muuttanut toimintatapaansa ainakaan tälle ensimmäiselle tuntopalautetunnille vaan opetusmenetelmänä oli aluksi uuteen aiheeseen perehtyminen opetuskeskustelun avulla. Oppilaat olivat mukana, kuten edelliselläkin tunnilla. Tiheyttä lähestyttiin konkreettisten

mallien, palikoiden, avulla. Siinä vaiheessa, kun opettajan antamat fyysiset mallit oli tutkittu, opettaja otti vasta esille mahdollisuuden tutkia myös muita aineita kuin niitä, joita oli luokassa saatavilla. Oppilaat saivat mennä pareittain tietokoneelle, jossa tiheys-ohjelman avulla kokeilivat tiheyden muutoksen vaikutusta aineiden massaun.

Oppilaat olivat malttamattomia ja halusivat päästä tietokoneelle kokeilemaan tuntuhiirtä. Opettaja kuitenkin rauhallisesti vielä pohjusti tietokoneohjelman käyttöä:

”... tekniikkahan tulee sitten tällasessa tilanteessa monesti meille apuun kun aine on joko liian vaarallinen, liian harvinainen, liian kallis, liian... ihan mitä vaan. Eli mull on kuus oikeaa ainetta, mutta sitten, jos me halutaan tutustua enemmän tiheyksiin, niin me voidaan ottaa tekniikka hyödyksi...”

Tietokoneella eri tiheysiset palikat olivat kooltaan satakertaisia verrattuna reaali maailman pulikoihin, joten opettaja selvitti vielä tämän eroavuuden oppilaille konkreettisten pahvimallien avulla.¹

Opettaja pyysi kahta poikaa esittelemään laitetta ja ohjelmaa. Nämä pojat olivat esitelleet ohjelmia uuden koulun vihkiäistilaisuudessa mm. opetusministerille ja olivat saaneet tutustua ohjelmiin näin jo niiden varhaisemmissa kehitysvaiheissa. Niinpä toinen pojista kyselikin ominaisuuksista, joita oli aiemmin vasta suunniteltu ohjelmaan, kuten pulikan pudottaminen nesteeseen ja sen aiheuttaman nosteen havainnoiminen. (Ominaisuus oli jo toteutettu, mutta jostain syystä koululla ei ollut päivitetty ohjelmaan sen viimeisintä versiota ja siksi tämä ominaisuus vielä puuttui.)

Oppilaat kävivät vuorotellen kokeilemassa ohjelmaa, vaihtaen alkuainetta nuolinäppäimillä vasemmalla kädellä ja pitäen toisessa kädessä Falconin kahvaa. Massojen muutokset huomattiin, kun tiheydeltään suurempia ja pienempiä aineita kokeiltiin vuoronperään. Muuten oppilaiden kommentit olivat ohjelman suhteen melko vähäisiä. Joku oppilaista kysyi toiselta, että haluaisiko tämä samanlaisen omaan tietokoneeseen ja yksi tytöistä sanoi etukäteen

¹ Alun perin oli tarkoitus, että ohjelmassa on tilavuudeltaan samankokoinen kappale kuin luokan reaali mallitkin. Tiheyserot eri alkuaineilla ovat kuitenkin niin pieniä, ettei 10 cm³:n kappaleilla olisi ollut mahdollista erottaa eri massoja riittävän hyvin tuntopalautteen avulla. Siksi virtuaalikappaleiden massat laskettiin suuremmiksi.

luulleensa, että kyseessä on ”joku masiina joka pistetään päähän ”, mihin myös toinen tyttö kommentoi luulleensa samoin.

Vaikka ohjelmassa on alkuainetaulukon vasemmalla puolella kentät, joissa lukee kulloinkin valitun alkuaineen nimi ja muita tietoja, ei esim. toinen aikaisemmin ohjelmaa käyttäneistä pojista huomannut näitä tietoja heti hyödyntää. Tunnin lopuksi koko luokka meni vielä viereiseen atk-luokkaan, jossa he vastasivat ohjelman käyttöä koskeviin kysymyksiin koulun Peda.net - www-sivustolla.

Tunnin jälkeen keskustelin opettajan kanssa, ja hän muun muassa kertoi oppilaista sen verran kuin oli tarpeen tunnin kulun kannalta: kuinka aktiivisia he yleensä ovat ja oliko joku erityisesti kiinnostunut fysiikasta tai luonnontieteistä ym. Opettajan mukaan oppilaat oivalsivat juuri päättyneellä tunnilla ohjelman mukanaan tuomat mahdollisuudet. Opettaja myös selitti omia opetusperiaatteitaan. Hänen ideanaan oli, että oppiminen olisi eräänlainen jatkumo, jossa ajattelun taidot kehittyisivät eikä siirryttäisi satunnaisesti asiasta toiseen. Tämä oli huomioitu myös tiheys-oppitunnin suunnittelussa ja toteutuksessa. Tilavuus oli hänen mielestään haastava asia, koska ohjelmassa ja luonnossa palikoilla oli eri tilavuudet. Koulumaailman realiteetit tulivat tunnilla myös hyvin ilmi, kuten opettaja totesi. Tunnin kulkua voivat häiritä niin yllättävät vierailijat kuin sairastuvat oppilaatkin. Opettaja myös totesi olevansa enemmän kasvattaja kuin opettaja.

5.4.1 Opettajan ajatuksia Tiheys-tunnin jälkeen

Opettaja jatkoi kokemuspäiväkirjassaan tiheystunnin jälkeen tuntopalautesovellusten käyttämiseen liittyvää pohdintaa ja opetuksensa reflektointia. Aluksi hän pohti tiheyssovelluksen tarpeellisuutta aiheen käsittelyssä seuraavasti:

”Tuntopalaute on yksi tapa aistia ja ymmärtää hankalia käsitteitä, kuten tiheys. Koulussa on eri tiheyksisiä kappaleita, joiden tilavuudet ja massat mittaamalla määritetään niiden erilaiset tiheydet. Todetaan, että kun aineella on erilainen tiheys, samaan tilavuuteen mahtuu eri määrä massaa. Todellisia aineita on kuitenkin vain kuusi, joten koko jaksollisen järjestelmän aineiden tuominen mukaan antaa roimasti lisäarvoa. Osa aineista on kalliita, kulta ja platina, osa

taas vaarallisia, kuten uraani, monet melko harvinaisia. Toisaalta jaksollinen järjestelmä on yleensä paperinen juliste, nyt sen aineet saattoi tuntea.”

Opettajan mukaan tuntopalaute antaa lisämahdollisuuden opittavan kokonaisuuden ymmärtämiselle ja ottaa näin samalla huomioon erilaiset oppijat luokassa. Kuitenkaan kokonaista tuntia tai edes yhtä asiaa tai käsitettä ei hänen mukaansa voi rakentaa pelkän tuntopalauteohjelman varaan, ainakaan vielä näiden ohjelmien avulla. Ohjelman tuoma selkeä lisäarvo sen sijaan on yhden uuden aistin mukaan saaminen opittavan asian ymmärtämiseksi.

Tuntokokemus aineiden erilaisista tiheyksistä oli opettaja kirjoittaman mukaan tärkeä. Hän kirjoitti:

” Yksi kahdeksannen luokan oppilas meni heti ensimmäisen kosketuksen jälkeen etsimään alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä tiheimmän aineen. Aineet kun eivät ole jaksollisessa järjestelmässä tiheyden mukaan, vaan kasvavan atomimassan mukaisessa järjestyksessä. Tuntokokemus tiheimmästä aineesta oli tärkeä.”

Kun oppilaat pääsevät itse kokeilemaan alkuaineiden tiheyden aiheuttamaa muutosta samankokoisissa kappaleissa, on näistä kokemuksista helppo yhdessä keskustella. Näin tiheyden muutoksista syntyvistä kokemuksista syntyy yhteinen ja jaettu kokemus, vaikka itse ohjelman käyttö vastaakin opettajan mielestä pääasiassa opettajan esitystä opittavasta asiasta:

”Tuntopalauteohjelmien tulee tukea opetussuunnitelman perusteiden sisältöjä ja tavoitteiden saavuttamista. Tuntotutkimusten arvo vastaa lähinnä opettajan tekemän demonstraation tasoa, jota yksi oppilas kerrallaan pääsee kokeilemaan. Tuntemus on kuitenkin oma kokemus, josta voi keskustella.”

Viimeisenä huomionaan opettaja mainitsi uutuusnäkökulman. Oppilaat saavat tällaisten uusien tekniikoiden mukana kokemuksen siitä, ettei maailma ole vielä ”valmis” vaan uusia keksintöjä ja sovelluksia tulee jatkuvasti osaksi arkipäivää. Uusien asioiden oppimisen pitää myös olla mielenkiintoista ja jopa hauskaa.

5.4.2 Oppilaiden kokemuksia Tiheys-tunnin jälkeen

Tiheystunnin jälkeen oppilaat vastasivat kirjallisesti kuuteen kysymykseen, jotka olivat:

1. Minkälaista oli käyttää tuntopalautelaitetta?
2. Mikä oli helppoa laitteen tai ohjelman käytössä?
3. Mikä oli hankalaa tai vaikeata laitteen tai ohjelman käytössä?
4. Mitä parannus- tai kehittämisehdotuksia sinulle tulee mieleen ohjelman suhteen? (puuttuiko jotain, oliko jotain turhaa, toimiko jokin huonosti, jotain muuta?)
5. Yleisiä kommentteja tunnin suhteen?
6. Mihin muihin oppiaineisiin tuntopalautelaite voisi sopia ja miksi?

Vastausten perusteella sekä ohjelman että tuntopalautelaitteen käyttö oli kaikkien oppilaiden mielestä helppoa. Laitetta käytettäessä kahvaa pidettiin kädessä ja näppäimistön nuolinäppäimillä vaihdettiin tutkittavaa alkuainetta. Tätä oppilaat kommentoivat yksinkertaiseksi tavaksi valita alkuaineita ja käyttää laitetta:

”Ohjelman käyttö oli tosi helppoa, jokainen oppisi varmasti käyttämään sitä.”

”laitetta oli helppo käyttää koska siinä vain pidettiin laitetta ja liikkuttiin nuolilla”

”Helppoa oli vaihdella alkuaineita nuolinäppäinten avulla. Yksinkertaista ja toimivaa.”

Ainoastaan kolme oppilasta mainitsi jotain hankalaa ohjelmassa: pienen nykimisen laitteen kahvassa alkuainetta vaihtaessa ja kahvassa olevat painikkeet. Toisen painikkeita koskevan vastauksen muotoilusta päätellen itse painikkeet fyysisinä esineinä häiritsivät hieman kahvassa: *”Vähän hankala oli, koska oli nappeja [ja] nippeleitä pitimessä.”* Painikkeita ei Tiheys-tunnilla käytetyssä sovelluksessa myöskään käytetty lainkaan, joten toisen oppilaan kommentti painikkeiden muistamisen vaikeudesta liittyi ehkä aikaisempaan kokemukseen tasapaino-ohjelmasta. Kyseinen oppilas oli nimittäin esitellyt ohjelmaa ja tutustunut siihen jo aikaisemmin. Ainoastaan kappaleen pudottaminen nesteeseen tapahtui Falconin kahvassa olevilla painikkeilla, mutta tämä ominaisuus ei ollut kyseisellä tunnilla käytössä.

Parannus- ja kehittämisehdotuksista pääosa koski alkuainetaulukon loppujen aineiden lisäämistä tunnusteltaviksi. Kokeillussa versiossa oli toteutettuna vasta 80 alkuainetta. Muita

ohjelmaan liittyviä parannusehdotuksia olivat pudotustoiminnon toteuttaminen sekä alkuaineiden massan muuttamismahdollisuus.

”No jostain pudottamisesta on kokoajan puhuttu niin sitä voisi siihen kehittää ja tietenkin päivittää ohjelmaan loputkin alkuaineet.”

”Toimiva pudotustoiminto olisi mukava, ja myös alkuaineiden massan vaihtelemisen mahdollisuus.”

Massan muuttamisella oppilas tarkoitti kuitenkin kappaleen koon muuttamista, sillä sama oppilas vastasi seuraavalla viikolla kysymykseen ”Auttoiko Falcon ymmärtämään, että aineilla on hyvinkin erilaisia tiheyksiä?” seuraavasti:

”Kyllä auttoi, reilusti. Se kyllä harmitti, että aineiden tilavuutta ei voinut vaihtaa. Jos tilavuutta voisi vaihtaa, pääsisi myös kokeilemaan eri kokoisten ainemäärien massoja.”

Massahan juuri muuttui aina, kun valittava alkuainekin muuttui. Mutta jos samaa alkuainetta olevan kappaleen massaa muutetaan, silloin muutettaisiin nimenomaan kappaleen tilavuutta eli kokoa.

Joitain hieman radikaalimpiakin ehdotuksia oli joukossa, kuten ajatus siitä, että tunnusteltavan aineen pintarakenteen pystyisi jollain lailla tuntemaan laitteen kahvassa, kun laitetta käyttää. Kahvan pinnassahan ei ole mahdollista tuntea erilaisia rakenteita, mutta laitteen avulla voisi toki mallintaa eri aineiden pintoja, niin että kovat, kiinteät aineet tuntuisivat erilaisilta kuin esimerkiksi kaasut.

Laitteeseen liittyviä parannusehdotuksia olivat väriin liittyvä kommentti (mieluummin vaikka punainen kuin nykyinen valkoinen laite) sekä toivomukset, että laite liikkuisi sulavammin ja ettei laite putoaisi niin nopeasti. Viime mainittu tarkoittanee sitä, ettei laitteen kahva putoaisi niin nopeasti suoraan pöydälle, kun siitä irrottaa otteensa. Toisaalta, myös siinä tilanteessa, kun alkuaineen tiheys muuttuu huomattavasti, laitteen tuntopalautekin muuttuu ja kahva voi yhtäkkiä tulla hyvin raskaaksi. Oman kokemukseni mukaan kahva kuitenkin laskeutuu melko sulavasti ala-asentoon, mutta olin käyttänyt laitetta jo paljon sovellusten toteutusvaiheessa ja

osasin jo ennakoida sen toimintaa paremmin kuin oppilaat luokassa. Harjaantumisella on siis oma merkityksensä tuntopalautelaitteen ja sitä hyödyntävien ohjelmien käyttämisessä.

Oppilaat pitivät tiheystuntia kokonaisuudessaan mukavana vaihteluna tavanomaisille tunneille. Oli mielenkiintoista kokeilla uutta laitetta ja päästä kokeilemaan tiheydeltään erilaisten aineiden massoja. Myös uudenlaisen laitteen käyttäminen sinänsä oli mukavaa ja monet pitivät hienona sitä, että he saivat kokeilla ohjelmaa ensimmäisenä maailmassa:

”Oli todella hienoa, että saimme kokeilla jotain sellaista, mitä koskaan ei ole kukaan käyttänyt.”

”Ihan normaali tunti. Oli kiva, että saatiin kokeilla tällaista laitetta jota muut eivät ole vielä käyttäneet.”

Joku kommentoi myös sitä, että laitteeseen olisi ollut kiva ehtiä tutustua vähän enemmänkin ja toinen oppilas totesi, että olisi voinut olla vielä mielenkiintoisempi ja hauskempi tunti. Liittyikö viimeksi mainittu kommentti sitten nimenomaan tuntiin, jolla tätä kyseistä ohjelmaa käytettäisiin vai yleisemmin fysiikan tunteihin, siitä en ole seuraavan kommentin perusteella aivan varma:

”Oli kiva tehdä jotain uutta, mutta se olisi voinut olla vieläkin mielenkiintoisempaa ja hauskempaa.”

Oppilaiden vastausten perusteella tuntopalautelaitetta voisi käyttää fysiikan lisäksi kemian, biologian ja matematiikan oppiaineissa, eli yleisemmin ilmaistuna luonnontieteissä, kuten jotkut oppilaista vastasivatkin. Yksilöidympiä sovellusalueita olivat erilaisten maa- tai kivilajien tutkiminen sekä eläinten painon tutkiminen, kuten seuraava esimerkki kuvaa:

”voisi vaikka eläintenpainoa kokeilla, muttei karhun painoa. Sehän menisi pöydästä läpi!!”

Opettaja kysyi vielä Tiheys-tuntia seuraavalla viikolla oppilailta kirjallisesti, autoiko Falcon ymmärtämään, että aineilla on hyvinkin erilaisia tiheyksiä. Kaikki oppilaat vastasivat myönteisesti tähän kysymykseen. Perusteluina he esittivät, että laitteella saattoi

konkreettisesti tuntea aineiden massan vaihtelut samankokoisella kappaleella ja pystyi vertailemaan eri aineita toisiinsa. Laitteella pystyi myös kokeilemaan sellaisia aineita, joita ei muuten olisi ollut mahdollista kokeilla. Näissä vastauksissa ilmeni myös se, miten arkikäsitteet ja fysiikan tieteelliset käsitykset menevät helposti sekaisin oppilaiden ajatuksissa ja puheissa:

Auttoi, jos osasi ajatella, että ne kaikki aineet, jotka tuntuvat eri painoisina tuntuhiiressä, olivat kuitenkin saman massaisia, Silloin huomasi, että jotkut ovat paljon tiheämpiä kun toiset, siis painavat enemmän.

5.5 Toinen tuntopalautetunti: Tasapaino

Toinen tuntopalautetunti siirtyi opettajan kiireiden vuoksi vasta maaliskuun alkupuolelle. Luokka oli jo siirtynyt opiskelemaan kemiaa, mutta opettaja oli jättänyt tarkoituksella tasapainotunnin tähän myöhempään ajankohtaan. Niinpä jalkauduin jälleen koululle, tällä kertaa kassissa mukana videokamera jalustoineen sekä upouusi digitaalinen sanelin. Edellisestä havainnointitunnista viisastuneena olin päättänyt taltioida tunninkulkua sekä videolle että myös varmuuden vuoksi ääninauhurilla äänitiedostoiksi.

Olin ajatellut videoida koko tunnin, koska edellinenkin tunti oli äänitallenteena kokonaisuudessaan. Opettaja kuitenkin pyysi, että hän voisi aloittaa tunnin ensin ilman nauhoitusta, jotta ei tarvitsisi kuvata alkuvalmisteluja ja tunti alkaisi rennommin. Tunnilla käytettävät muut kuin tietotekniset välineet olivat hankalasti varastossa useissa laatikoissa ja opettajallekin uusia tuttavuuksia. Aloitinkin videoinnin sitten vasta tilanteesta, jossa oppilailla oli tasapainon havainnointivälineet jo valmiina pöydillään. Ääninauhoituksen aloitin viitisen minuuttia aikaisemmin.

Oppitunnin rakenne oli samantapainen kuin aikaisemmalla tiheys-tunnilla. Ensin opettajan johdolla mietittiin tasapainon käsitettä, mitä se oikeastaan tarkoittaa. Opettaja havainnollisti tasapainoilmiötä myös omalla kehollaan ja oppilaat miettivät, mitkä asiat tasapainoon vaikuttavat. Sitten oppilaat tutkivat tasapainoilmiötä pareittain. Oppilasparien pöydillä oli statiivi, johon oli kiinnitetty herkkä vipu ja lisäksi heillä oli irrallisia, erimassaisia kappaleita, joiden avulla vivun tasapainoa sitten tutkittiin. Vipuun kiinnitettiin punnuksia eri kohtiin

erilaisia määriä ja pyrittiin saamaan aikaiseksi tasapainotilanne. Tämän jälkeen opettaja antoi tarkemmat tehtävät. Vipuvarteen piti kiinnittää tietyn kokoiset punnukset ja sen jälkeen kokeilla mihin kohtaan tukipisteen toisella puolella tarvittiin vastapaino.

Käytännön kokeilujen jälkeen kerrattiin niiden tuloksena löydetty matemaattinen tasapainoyhtälö ja jatkettiin sen jälkeen tuntopalauteohjelman avulla vivun käsittelyä.

Vipu-ohjelmassa näkyy tasapainoyhtälö, jossa voiman ja matkan muutokset päivittyvät reaaliaikaisesti yhtälöön, kun vipuvartta liikutetaan Falcon-laitteen kahvalla. Oppilaiden tehtävänä oli tutkia, minkälaisella voimalla ja mistä kohtaa vipuvartta pitää painaa, jotta toisella puolella oleva massa saadaan liikkeelle ja tasapainoon. Tuntopalautesovelluksella siis harjoiteltiin käytännössä tasapainoyhtälöä, kuten seuraavassa otteessa tuntopalautesovelluksen käyttötilanteesta:

Oppilas 1: täytyyks tätä painaa jostain

Opettaja: joo siitä kohtaa mutta ei se varmaan muuta sitä enempää... no ni sitte vaan isolla massalla niin läheltä tuolta tukipistettä kiinni ja kokeilepa saada tasapaino aikaan

Oppilas 2: ei sitä enää tarvi klikata sitten

Opettaja: ei enää sit vaan siirrä. Meepä tonne aika lähelle tukipistettä

Oppilas 1 (naurahtaa ja vie käden suun eteen)

Opettaja: miks ei, [oppilaan nimi], onnistu?

Oppilas 1: no koska tua on liian painava toi

Opettaja: mm eli nyt sun täytyy saada vipuvartta lisää että sun voima riittää

Oppilas 2: tonne alas...

Opettaja: koita ny painaa

Oppilas 2: alas

Opettaja: tänne takaseinään

Oppilas 1 (näyttää hämmentyneeltä)

Oppilas 2: eks sää paina sitä

Oppilas 1: häh?

Opettaja: ei tarvi mitään muuta kun tuntea vaan, ei tarvi koskea niihin painikkeisiin. Nyt yrität painaa sitä ja saada sen vaakatasoon eli tasapainoon. Mut ei onnistu sieltä keskeltä eli sun pitää mennä jonkun verran kauas niin nythän rupeekin onnistuun. Ja täällä muuttuu

vihreeks sitten kun se tasapaino löytyy eli se vipu on siinä vaa'assa, tasapainossa saman tasosena. Ja nyt sulla on neljä pilkku yheksän newtonia voimaa elikä siitä näkyy se käytettävä voima.

Tästä otteesta näkyy myös muilla seuraamillani oppitunneilla havaitsemani piirre: opettaja on hyvin vahvasti mukana kaikissa oppilaiden omissa tuntopalauteohjelman kokeilutilanteissa. Koska tuntopalautelaitteita oli luokassa vain yksi ja oppilaiden oli käytettävä sitä vuoronperään, oli selvää että opettaja seurasi kokeiluja vierestä ja ohjaili oppilaiden toimintaa. Sen sijaan alkutunnista vaakoja ja punnuksia käytettäessä opettaja kiersi luokassa, jolloin oppilaat tekivät kokeiluja pidempiä aikoja pareittain keskenään.

Tunnin jälkeen oli tarkoitukseni haastatella oppilaita pienessä ryhmässä. Tai oikeastaan alun perin kahdessa kahden - kolmen hengen ryhmässä tytöt ja pojat omina ryhminään. Opettaja kysyi lopputunnista halukkaita ja ehdottikin kahta poikaa ja kahta tyttöä, jotka jäivät luokkaan muiden lähtiessä syömään. Neljän hengen ryhmä tuntui ihan sopivalta samalla kertaakin haastateltaviksi ja niin pyysin oppilaat tietokoneohjelman ääreen ja virittelin videokameran niin, että kaikki näkyisivät kuvissa.

Yllättävää oli kuitenkin se, että opettaja jäi tuossa haastattelutilanteessa myös luokkaan ja osallistui erittäin vahvasti haastatteluun. Tilanne oli niin odottamaton, etten osannut siihen heti reagoida ja haastattelusta muotoutuikin näin keskustelutuokio, jossa oppilaat keskustelivat ohjelmista tutkijan ja opettajan johdolla. Sovinkin tunnin jälkeen opettajan kanssa, että haastattelen vielä muita oppilaita lyhyesti ennen seuraavan tunnin alkua ja opettajan saapumista luokkaan.

5.5.1 Opettajan ajatuksia Tasapaino-tunnin jälkeen

Toisen tuntopalautetunnin jälkeen opettaja kertasi kirjoitetussa reflektiossaan jo aikaisemmin sivuamiaan aiheita omasta opetustavastaan ja asenteestaan uuden oppimiseen. Hän totesi käyttävänsä monenlaisia menetelmiä, kuten keskustelua oppilaiden arkikokemuksista, tunnilla tehtyjä tutkimuksia sekä opetuskeskustelua ja loogista päättelyä. Tavoitteena hänellä on saada näin mahdollisimman monet, erilaiset oppijat mukaan opetukseen ja oppimiseen. Uusien

asioiden oppimista hän pitää tärkeänä, koska opettaa tulevia sukupolvia, jotka tulevat elämään erilaisessa teknistyneessä maailmassa kuin hän itse.

Varsinaista oman tunninkulun reflektointia löytyi tästä viimeisen tuntopalautetunnin jälkeisestä kirjoituksesta hieman enemmän. Opettaja kirjoitti, että ensimmäisellä tuntopalautetunnilla tilanne oli jännittävä, koska tunnilla oli vieras ihminen (tutkija) mukana ja tekniikka oli vielä uusi. Tunti sujui hänen mukaansa ihan hyvin mutta jonkin verran paranneltavaakin löytyi, lähinnä ohjelmasta. Kehitysajatukset olivat samoja kuin oppilaillakin: kaikki alkuaineet tulisi saada mukaan taulukkoon ja nosteen tutkimisen mahdollisuus mukaan myös, eli tuo kappaleen pudottaminen nesteeseen ja sen pinnalla pysymisen tai uppoamisen havainnoiminen. Jaksollinen järjestelmä on opettajan mukaan tärkeä osa kahdeksannen luokan kemian kurssia ja myös hyvä esimerkki oppiainerajat ylittävästä opetussisällöstä: tiheys on fysikaalinen suure, joka kuuluu fysiikan tunnille, mutta jaksollisen järjestelmän kautta aihetta voidaan opiskella myös kemian tunnilla.

Toisella tunnilla käsiteltyä tasapainon käsitettä on perinteisesti lähestytty vivun avulla, johon on aseteltu punnuksia molemmille puolille, ja etsitty näin tasapainoa. Tasapainon yhtälö on tällä tavoin kokeilemalla keksitty yleensä helposti ja sitä on osattu myös soveltaa. Kuitenkin opettaja huomasi tällä tunnilla, jolla käytettiin tuntopalautesovellusta, että asia ei olekaan ollut ihan näin. Vasta vipuohjelmalla ja tuntopalautelaitteella oppilaat oivalsivat, miten käytettävä voima vaikuttaa vivun tasapainoon. Kuten opettaja asian ilmaisi:

”[h]aptiikka-kokeilu vakuutti minut kuitenkin yllätyksekseni, että vasta sillä tutkimalla asia ymmärrettiin. Vipubarren kasvaessa vääntöön tarvittava voima pieneni. Oli siis löytynyt uusi, oikea väline oppia vipuun vaikuttavien voimien suhdetta, kun vipu asetettiin tasapainoon. ”

Opettaja toi esille myös oppilashaastattelun yhteydessä sen, miten tuntopalauteohjelma voi tuoda lisäarvoa oppimistilanteeseen. Eri aistien avulla saadun oman kokemuksen kautta asioita on mahdollista oppia syvällisemmin kuin pelkästään kirjasta lukemalla:

”-- se on itse asiassa niin kun mun näkökulmasta yks ajatus että olis mahdollisimman monta tapaa ymmärtää se sama asia, että on tämmönen matemaattinen muoto, no se on aika yksinkertainen ja ehkä abstrakti ja tylsäkin, mut sitten on paljon tapoja

tavallaan käsin, silmin -- tuntoaistilla aistia se, että mitä, miten se ihan oikeesti vaikuttaa ja sitä kautta määhän uskon ainakin siihen että sillä että kokee asioita niin voi oppia niitä asioita sen verran syvällisesti ettei tarvikaan aina kurkata sinne fysiikan kirjaan että mitäs siellä ny tasapainoehdosta sanottiin.”

5.5.2 Oppilaiden kokemuksia Tasapaino-tunnin jälkeen

Tasapainotunnin lopussa keskusteltiin ohjelmasta ja laitteen käytöstä neljän oppilaan kanssa noin viidentoista minuutin ajan. Keskustelussa oli myös opettaja mukana.

Neljän oppilaan haastatteluteemat:

1. Ensimmäiset kommentit ohjelmasta?
2. Tuntopalauteohjelma vai perinteiset välineet?
3. Kumpi oli oppimisen kannalta parempi, tuntopalauteohjelma vai perinteiset välineet?
4. Missä muissa aineissa tuntopalaute olisi sopiva?
5. Mitä jos tällainen laite olisi kotona, mihin sitä voisi käyttää?

Oppilaiden kommentit tasapaino-ohjelmasta olivat positiivisia. Ohjelma oli helposti opittava ja sitä oli helppo käyttää. Nämä haastatellut neljä oppilasta pitivät tuntopalauteohjelmista enemmän kuin perinteisistä välineistä, koska sillä tunsivat paremmin eron tarvittavissa voimissa ja ohjelmaa oli turvallisempi käyttää kuin perinteisiä vaakoja ja punnuksia: ”-- *tuntee paljon paremmin eron eikä mikään putoo ainakaan*” Toisaalta ohjelmassa oli myös heikkouksia: etäisyyksien ja kappaleiden massojen vertailu oli hankalaa, koska tukipisteen toisella puolella oli punnus, jonka massa oli tiedossa, mutta toisella puolella oli oppilaan käden aiheuttama paino. Voima ei näin ollen kohdistunut tiettyyn pysyvään pisteeseen vipuvarrella vaan muuttui heti käden liikahdessa. Vipu-ohjelmalla ei näin ollen voinut verrata kahden kappaleen etäisyyksien ja massojen vaikutusta tasapainoyhtälöön. Toisaalta ohjelma toi lisäarvoa tasapainon tutkimiseen, kun kokeileminen ei ollut pelkästään kahden punnuksen tasapainon saattamista, kuten perinteisillä vaaoilla ja punnuksilla.

Oppilas 1: ”toi [Vipu-ohjelma] on ainakin paljon konkreettisempi sinänsä kun sen pysty ite tunteen ne painot että”

Oppilas 2: ”niin ettei ollu pelkästään kahta painoo mikkä pitää olla niinkun molemmilla puolilla vaan itte pystyttiin... tietysti tossakin voi yrittää itte sitä laskee sitä toista päätä mutta...”

Koko luokan haastattelukysymykset:

1. Minkälaista oli käyttää tasapaino-ohjelmaa?
2. Mitä uutta ohjelma toi fysiikan opiskeluun?
3. Kumpia välineitä mieluummin käyttäisitte, perinteisiä vai ohjelmaa?
(Jatkokysymyksinä perusteluita.)
4. Oliko ohjelman käytössä jotain haittapuolia tai hankaluuksia?
5. Miten ohjelmaa pitäisi parantaa?
6. Oliko näyttö (visuaalinen käyttöliittymä) tarpeeksi selkeä?
7. Jos kotona olisi vastaava laite, niin miten sitä tykkäisitte käyttää?
8. Mihin muuhun laitetta voisi käyttää?
9. Minkälaisia ohjelmia itse suunnittelisitte tuntopalautelaitteelle?
10. Missä muissa fysiikan aiheissa ohjelmasta olisi hyötyä?
11. Oliko ohjelma hankala vai kätevä?
12. Saiko laitteella vai perinteisillä vaaoilla paremmin kiinni tasapainoilmiöstä?

Nämä kysymykset on jälkeenpäin poimittu haastattelunauhasta eli ne ovat käytännön haastattelutilanteen spontaaneja kysymyksiä. Niinpä niitä on enemmän kuin alkuperäisen suunnitelman mukaisia teemoja neljän oppilaan haastattelussa. Parilta oppilaalta kysyttiin myös tiheysohjelmasta mielipidettä (kyseiset oppilaat olivat esitelleet ohjelmia ja käyttäneet niitä siksi vähän enemmän kuin luokkatoverit).

Oppilaiden vastaukset olivat melko lyhyitä, mutta niiden perusteella muodostui kuitenkin kokonaiskäsitys tuntopalauteohjelman käytön ensimmäisistä kokemuksista. Tuntopalautelaitteen avulla fysiikan opiskeluun tuli ensinnäkin vaihtelua ja laitteen käyttäminen oli mielenkiintoinen kokemus. Tuntopalaute myös helpotti ilmiöiden ymmärtämistä, vaikka pari oppilasta pitikin perinteisiä, konkreettisia vaakoja parempana tapana opiskella tasapainon käsitettä:

H: kummalla välineellä mieluummin tekisitte, noilla vaailla vai tietokoneella vai molemmilla?

O: näillä vaailla

H: mieluummin vaailla

O: joo

H: osaks sä sanoo mikä siinä on niinkun.. mukavampaa

O: no siitä ymmärtää paljon paremmin kun tommosta näytöstä

H: just entäs se tunto, tuntojuttu tossa koneessa sitten

O: no se oli ihan hyvä

H: helpottikse yhtään sitä ymmärtämistä

O: kyll se vähän

(H=haastattelija, O=oppilas)

Mielenkiintoinen yksityiskohta oli eräs oppilas, jolle opettaja oli todennut tämän ilmoittautuessa vapaaehtoiseksi haastateltavia valittaessa, ettei hän kelpaa. Olin jo muita oppilaita haastatellut, kun huomasin, etten ollut tältä pojalta vielä kysynyt mitään. Pyysin lupaa haastatella, jolloin hän totesi, että eihän hän kelvannut haastateltavaksi. Vastasin pojalle, että minulle kelpaat kyllä ja niin pääsimme alkuun. Kyseinen poika on hyvin huomionhakuinen tunnilla ja kyselee ja huomauttelee välillä kaikenlaista aivan ohi tunnin aiheen. Huomasin tämän jo ensimmäisellä havainnointitunnillani, ja panin merkille, miten opettaja välillä ohitti pojan kommentit ja välillä taas vastasi todeten, ettei asia nyt kuulunut tunnin aiheeseen.

Tuossa haastatellessani mietin, kuinka helposti meillä itse kullakin lipsahtaa jokin sellainen huomautus, jonka asianomainen saattaa ottaa paljon vakavammin kuin oli tarkoitus. Nauhalta tarkastaessani huomasinkin, että opettaja oli jo tuossa kohden valinnut kaksi poikaa ja kysyi vuorostaan tytöistä vapaaehtoisia. Ja tässä kohden tuo poika ilmoittautui vapaaehtoiseksi haastateltavaksi. Opettaja siis vastasi, ettei hän kelpaa *tytöksi*. Kyseinen oppilas on varmaan itsekin melko tietoinen omasta roolistaan luokassa ja on tottunut opettajalta kuulemaan vastaavantapaisia kommentteja. Mutta tuo opettajan lausahdus oli kuitenkin jäänyt hänelle mieleen ja mahdollisesti hänkään ei ollut huomannut tuon lauseen yhteyttä nimenomaan vapaaehtoisten tyttöjen valintaan.

6 TULOSTEN YHTEENVETO

6.1 Opettajan ja oppilaiden kokemukset

1. Tutkimuskysymys: Miten opettaja ja oppilaat kokivat tuntopalauteohjelman käyttämisen fysiikan ilmiöiden opiskelussa?

Sekä opettaja että oppilaat pitivät tuntopalauteohjelmia kokonaisuudessaan positiivisena kokemuksena. Tuntopalautteen lisääminen tietokoneympäristöön oli uutta etenkin koulussa. Osa oppilaista kommentoi käyttäneensä Nintendon Wii-peliohjaimia, joissa on myös jonkin verran hyödynnetty – liikkeen ohessa – tuntoaistia. Uutuuden viehätys oli luonnollisesti osa kokemusta, mutta opettajalle se ei esittänyt mitenkään vähäisenä asiana – päinvastoin. Uusien teknologisten innovaatioiden esittelyn myötä hän koki tärkeäksi näyttää oppilailleen, ettei maailma ole vielä valmis. Opettaja toi näin esille myös muussa yhteydessä mainitsemaansa periaatetta, jonka mukaan hän on ennen kaikkea kasvattaja.

Tuntopalautesovellukset otettiin siis hyvin vastaan, mutta toisaalta mitään sanoinkuvaamatonta ällistymistä niiden käyttäminen ei herättänyt. Oppilaista osa jopa hieman pettyi, kun ei tuntopalaute ollut kuitenkaan niin mullistavan ihmeellistä, kuin he ehkä olivat toivoneet. Ohjelmat olivat melko yksinkertaisia, vain uusia välineitä aikaisempien tuttujen fysiikan työvälineiden rinnalla. Kun uutuuden viehätys oli mennyt, ei ohjelmien käyttäminen ollut enää kovinkaan merkillistä. Myös opettaja, joka oli toki ollut mukana sovellusten kehittämisessäkin, totesi, ettei näiden ohjelmien varaan rakentaisi kokonaista oppituntia. Eikä se ollut alkuperäinen tarkoituskaan: sovelluksia ei ollut tarkoitettu käytettäväksi ainoana opetusvälineinä, vaan täydentämään perinteisiä havainnollistamisvälineitä fysiikan oppimisympäristössä.

6.2 Sovellusten tuottama lisäarvo

2. Tutkimuskysymys: Toivatko sovellukset jotain lisäarvoa oppimistilanteeseen?

Vaikka tuntopalautesovellukset olivat toiminnoiltaan yksinkertaisia ja niistä puuttuivat esimerkiksi kaikki pelilliset elementit, ne toivat sekä oppilaiden että opettajan kokemusten perusteella fysiikan oppimiseen jotain, mitä perinteisillä välineillä ei saavuteta. Esimerkiksi Vipu-ohjelman avulla oppilaat tunsivat kuinka paljon voimaa tarvittiin vivun liikuttamiseen, vaikka ”ei tarvinnut itse seistä vivulla”, kuten eräs oppilas kommentoi. Oma kokemus tuli esille useiden muidenkin oppilaiden vastauksissa, kun he täydensivät tuntopalaute-tuntien jälkeen lauseita. Opittavat ilmiöt jäivät paremmin mieleen, kun niitä pääsi itse kokeilemaan.

Myös opettaja näki Vipu-ohjelman tuovan selkeästi lisäarvoa sen mahdollistaessa tasapainokäsitteen oikean ymmärtämisen. Aikaisemmin oppilaat olivat näyttäneet ymmärtävän ja osanneet laskeakin tasapainoyhtälölaskuja, mutta vasta oma kokemus Vipu-sovelluksen avulla vivun tasapainoon saattamiseksi tarvittavista voimista oli opettajan mukaan mahdollistanut itse ilmiön ymmärtämisen.

Tiheys-ohjelmassa selkeä lisäarvo oli sellaisten aineiden massan tunteminen, joita ei normaalisti pääse kokeilemaan luokassa. Tämä ajatus oli ollut jo ohjelman suunnittelun taustalla, eli opettajalle se ei ollut kokemuksen synnyttämä ahaa-elämys. Sama huomio tuli kuitenkin vahvasti esiin myös oppilaiden taholta, mikä vahvisti osaltaan opettajan ja tutkijoiden muodostamaa ennakkokäsitystä. Myös eri alkuaineiden massojen - jopa lähellä toisiaan olevien - vertailu mahdollistui konkreettisesti tuntopalauteohjelman avulla.

6.3 Sovellusten hyödyllisyys

3. Tutkimuskysymys: Oliko sovelluksista hyötyä opiskeluun?

Kun 24 oppilaalta (tässä oli mukana toisen ryhmän oppilaita, jotka eivät olleet havainnoimillani ensimmäisillä tunneilla mukana) kysyttiin jälkepäin kokemuksia tuntopalauteohjelmista, heistä viisi totesi, ettei oppinut erityisesti mitään. Kaikki muut olivat omasta mielestään oppineet lisää fysiikasta, erilaisten aineiden tiheyksistä ja niiden eroista, tasapainon käsite oli selvinnyt heille paremmin tai he olivat ymmärtäneet paremmin vivun

toimintaperiaatteen. Näissä vastauksissa on toki huomioitava, että kyseessä oli lauseiden täydennystehtävä, jossa oli jo valmiiksi kirjoitettu sana ”opin”.

Opettajan kokemuksen mukaan tuntopalautesovellukset auttoivat fysiikan ilmiöiden oppimisessa ja ilmiöiden taustalla olevien asioiden ymmärtämisessä.

6.4 Sovellusten haitat ja huonot puolet

4. Tutkimuskysymys: Koettiinko sovelluksista olevan haittaa opiskelussa?

Tiheys-ohjelmassa laitteen oma paino hieman häytti autenttisen kokemuksen saamista ilmaa kevyemmistä kaasuista. Ainoastaan nosteen tutkimisessa kaasut käyttäytyivät oikeasti kaasumaisesti, kuution noustessa ilmaa kevyempänä ylöspäin ja hävitessä ruudulta, kun kuution päästi irti laitteen hallinnasta. Isoimpana haittana tutkijan näkökulmasta pitäisin kuitenkin sitä, että luokassa oli vain yksi laite, jonka käyttöä oppilaat joutuivat odottamaan. Ainakin näin perinteiseen tapaan suunnitellulla oppitunnilla, jossa oppilaat tekevät kaikki samaan aikaan samoja asioita, on yhden laitteen käyttäminen vuoron perään melko tehotonta ajankäyttöä. Kyseessä on sama asia kuin ylipäänsä tietokoneiden suhteen: jos luokassa on vain yksi kone, on sen käyttäminen tunnilla hankalaa muuhun kuin opettajan käyttöön tai yhden oppilaan (korkeintaan oppilasparin) työskentelyn eriyttämiseen muiden oppilaiden työskennellessä muiden tehtävien parissa.

6.5 Oppimiskäsitys

Designitutkimuksessa tutkimuskysymykset usein muuttuvat jonkin verran tutkimusprosessin aikana ja huomasi myös tässä tutkimuksessa, miten alkuperäisten tutkimuskysymysten lisäksi minua alkoivat aineistonkeruun aikana kiinnostaa ne käsitykset oppimisesta, joiden mukaan opettaja ja myös oppilaat havaintojeni perusteella luokassa toimivat. Oppimiskäsitykset vaikuttavat merkittävästi siihen, miten tietokonesovelluksia käytetään oppimistilanteessa, joten katson tämän aiheen myös istuvan tutkimukseni tavoitteisiin tutkia oppilaiden ja opettajan kokemuksia uudenlaisista oppimisen apuvälineistä.

Tasapainotunnin jälkeen opettaja mietti, mahtoivatko oppilaat ymmärtää tasapainokäsitteen tai tasapainolain. Epäily johtui siitä, että hän ei ehtinyt käydä oppilaiden itsenäisesti tunnilla

tekemiä tehtäviä suullisesti läpi heidän kanssaan. Kun esitin, että he voisivat käydä ne seuraavalla tunnilla läpi yhdessä, opettaja sanoi olevan tärkeätä, että niistä keskusteltaisiin hänen johdolla heti tuoreeltaan. Tämä vahvisti seuraamieni kolmen oppitunnin aikana syntynyttä käsitystäni siitä, että oppiminen oli melko tiukasti opettajajohtoista. Myös perinteinen tiedon jakamisen metafora oli löydettävissä puheen taustalta, vaikka opettaja kannustikin oppilaita itse pohtimaan ilmiöitä ja niiden lainalaisuuksia. Päälimmäiseksi vaikutelmaksi jäi kuitenkin se, että oppilaiden vastuulla oli tehdä opettajan ohjeistamat tutkimukset ja saada näin oma kokemus tutkittavasta ilmiöstä, mutta opettaja kontrolloi silti itse oppimistapahtumaa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

7.1 Tuntopalauteohjelmat osana fysiikan oppimisympäristöä

Käytössä olleet tuntopalauteohjelmat oli lähtökohtaisesti ajateltu oppilaiden omaehtoisen ja tutkivan oppimisen tueksi, yhdeksi tiedonhaku- ja kokeiluvälineeksi muiden joukossa. Näistä periaatteista keskusteltiin opettajien ja tutkijoiden tapaamisissa ohjelmien suunnitteluvaiheessa. Oppitunnilla opettaja käytti tuntopalautesovelluksia näissä ensimmäisissä kokeiluissa kuitenkin ensin opettajajohtoisesti ilmiöiden demonstroimisvälineinä, jonka jälkeen oppilaat saivat tutkia itse kohteena ollutta ilmiötä sovellusten avulla. Myös sellaiseen käyttöön ohjelmat vaikuttivat sopivan. Luokassa oli dataprojektori, jonka avulla opettaja saattoi näyttää ohjelmaa yhtaikaa koko luokalle. Kokeiltuaan sovelluksia itse ja saatuaan näin oman kokemuksen ilmiöstä, oppilaat saattoivat vertailla kokemuksiaan toisten kanssa ja vielä syventää oppimaansa.

Oma kokemus vivun tasapainoon saattamiseksi tarvittavista voimista Vipu-sovelluksen avulla oli opettajan mukaan vasta mahdollistanut itse ilmiön ymmärtämisen, vaikka oppilaat aikaisempina vuosinakin, ilman tuntopalauteohjelmia, olivat oppineet ratkaisemaan tasapainoyhtälöön liittyviä tehtäviä. Samanlaiseen johtopäätökseen olivat päätyneet Grow ym. (2007) tutkiessaan itse rakennettujen tuntopalautelaitteiden vaikutusta oppimiseen. Heidänkin tutkimuksensa perusteella vasta tuntopalautelaitteiden avulla oppilaat oikeasti ymmärsivät fysiikan ilmiöiden periaatteet. Ymmärtämisen tutkiminen on kuitenkin melko vaikeaa, toisen ihmisen ajatuksia ja muita kognitiivisia prosesseja kun ei pääse suoraan havainnoimaan ja tutkimaan. Oppilaiden ajattelussa tapahtuvia käsitteellisiä muutoksia voidaan kuitenkin jonkin verran tutkia muun muassa kontrolloiduissa tutkimuksissa alku- ja loppukokeiden tai alku- ja lopputestien avulla, kuten Minoguen ym. (2006) tutkimuksessa tehtiin. Tällaisten tutkimusten suorittaminen autenttisessa luokkatilanteessa on kuitenkin jokseenkin mahdotonta, koska mukana on niin paljon muita tekijöitä, jotka vaikuttavat oppimistilanteeseen. Ennen kaikkea kontrolloitua koeasetelmaa ei voi pitää normaalina, autenttisena oppimistilanteena.

Lieneekin niin, että nykyisessä koulumaailmassa ja tämän hetken teknologialla varustetuissa luokkahuoneissa, on tutkijoiden tyydyttävä suorittamaan kognitiivisiin vaikutuksiin kohdistuva tutkimus erillään sosiokulttuurisesta tutkimuksesta. Ensin mainittuja, kognitiiviseen oppimiskäsitykseen pohjautuvia ja mittaamiseen ja vertailuasetelmiin perustuvia tutkimuksia, on luotettavinta tehdä laboratorio-oloissa, kun taas etnografista tai designitutkimusta sosiokulttuurisesta näkökulmasta on parasta tehdä siellä, missä oppiminen luonnollisesti tapahtuu.

Oppilaiden omat ihmettelyt ja kysymyksenasettelut (vrt. tutkivan oppimisen vaiheet s. 12 tässä tutkielmassa) jäivät havainnoimillani oppitunneilla niihin pohdintoihin, jotka opettaja oli pohjustanut kysymällä ”mistähän tämä voisi johtua” -tyyppisiä kysymyksiä. Tällaiset kysymykset ohjasivat oppilaita varmasti pohtimaan ilmiöiden syitä ja syventämään näin ajatteluaan, mutta toisin kuin tutkivassa oppimisprosessissa, opettaja kyseli niin kauan, kunnes sai haluamansa vastaukset (= ne, jotka fysiikassa tieteenä ovat korrekteja). Eli opetuksen taustalla tuntui vaikuttavan enemmän behavioristinen kuin konstruktivistinen oppimiskäsitys. Ensin mainitussa *opettajalla* on aktiivinen rooli ja perusoletuksena on, että on olemassa oikeata tietoa, joka tulee muistaa ja osata toistaa juuri siinä muodossa kuin se on opetettu (Nevgi & Lindblom-Ylänne 2009, 202–203).

Tutkivassa oppimisessa vastaavia kysymyksiä voidaan myös esittää – ja nimenomaan esitetäänkin (Hakkarainen ym. 1999, 213) – mutta siinä lähestymistavassa *oppilaat* alkavat *itse* selvittää kohteena olevaa ilmiötä. He luovat omia työskentelyteorioitaan, kokeilevat ja arvioivat niitä ja päätyvät oman kokeilemisensa ja ajattelunsa sekä ryhmän yhteisen ajattelun kautta lopputulokseen (Hakkarainen, Lonka & Lipponen 2004, 300). Tietysti opettajan pyrkimys on tutkivan oppimisen ajattelutavassakin johdatella prosessia siihen suuntaan, missä tieteenalan ”totuudet” sijaitsevat, mutta pikemmin niin, että oppilailla voi säilyä tunne tiedon omakohtaisesta löytämisestä. Oppimisesta on mahdollista tulla näin oppilaille vielä omakohtaisempi kokemus.

Opettajan julkituomien periaatteiden ja toisaalta tutkijan ulkopuolisena havainnoiman toiminnan taustalta löytyvän oppimiskäsityksen välillä tuntui siis olevan jonkin verran eroa. Opettajan puheissaan ilmaisema oppimiskäsitys ”oppiminen tapahtuu oppilaiden päässä” ja käytännössä toteuttama opetus olivat osittain ristiriidassa keskenään: oppijalähtöinen ajatus oppimisesta tiedon prosessoimisena vai opettajajohtoinen ajatus oppimisesta tiedon

vastaanottamisena? Tämän ilmiön mainitsivat myös Ilomäki ja Lakkala (2006) todetessaan opettajilla voivan olla sekä tietoisia pedagogisia teorioita että vähemmän tietoisia ns. käytännöllisiä teorioita, joista jälkimmäisiä he sitten käyttävät työssään. Tilanne voi heidän mukaansa aiheuttaa uuden teknologian käyttöönottamiseen jopa hankaluuksia. (2006, 185.).

Opettajan lähestymistapa oli myös kuitenkin oppijalähtöinen, koska jokaisen uuden ilmiön opiskelu alkoi oppilaiden omien ennakkokäsitysten esille tuomisella ja sen jälkeen hankittiin erilaisin tavoin oma kokemus oppimisen kohteena olevasta ilmiöstä (vrt. kokemuksellinen oppiminen s. 10 tässä tutkielmassa). Opettaja myös kannusti oppilaita miettimään ilmiölle selityksiä, eli oppimisprosessia voisi viedä tästä myös tutkivan oppimisen suuntaan. Käytännössä lieneekin niin, että harvalla opettajalla on työnsä taustalla vaikuttamassa vain yksi tiukasti määritelty oppimiskäsitys, jonka perusteella hän suunnittelee ja toteuttaa opetuksena. On lisäksi muistettava, että tässä tutkimuksessa kokeiltiin tuntopalauteteknologiaa ja -ohjelmia ensimmäistä kertaa, eikä tutkimuksen tarkoituksena ollut pyrkiä muuttamaan opetus- ja oppimiskäytäntöjä, vaan tutkia miten ohjelmia voi hyödyntää ja miten ne otetaan vastaan. Sosiokulttuurisesta näkökulmasta katsoen Tiheys- ja Vipu-ohjelmat kuitenkin uusina kulttuurisina tekot tuotteina toivat fysiikan oppimisympäristöön jotain sellaista, joka muiden tekot tuotteiden rinnalla voi syventää oppilaiden ymmärrystä niihin liittyvistä ilmiöistä.

7.2 Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys

Laadullisen tutkimuksen arviointi eroaa merkittävästi määrällisen tutkimuksen arvioinnista. Jälkimmäisessä arvioinnin kohteena on mittauksen oikeellisuus kun taas laadullisessa tutkimuksessa on arvioitava tutkijan toimintaa kokonaisuudessaan, tutkijan ollessa tutkimuksen keskeinen tutkimusväline (Eskola & Suoranta 1999, 211–212). Tutkija on siis tutkimuksen tärkein instrumentti, jonka toiminnan objektiivinen arviointi on huomattavasti vaikeampaa kuin tietyn mittarin arviointi. Erityisen hankalaa, eli käytännössä lähes mahdotonta, on tutkijan itsensä suorittaa täysin objektiivista arviointia tekemästään työstä. Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arviointi jääkin viimekädessä lukijan vastuulle.

Eskola ja Suoranta (1998) tarkastelevat laadullisen tutkimuksen luotettavuutta neljästä näkökulmasta niiden sisältämien todellisuuskäsitysten mukaan. Realistinen näkökulma arvioi

tutkimustekstiä ”ikkunana todellisuuteen”, jolloin arvioidaan sitä, miten todenmukaisesti raportissa onnistutaan kuvaamaan toteutettua tutkimusprosessia, sen kaikissa vaiheissa. (Eskola & Suoranta 1998, 213.) Tätä arviointia helpottaakseen tutkijan tulee kuvata tutkimusprosessinsa mahdollisimman seikkaperäisesti ja esittää raportissaan katkelmia niin aineistostaan kuin esimerkiksi kirjoittamastaan analyysi- (mts. 219) tai tutkimuspäiväkirjasta. Lukijan tulee kyetä tutkimustekstin avulla seuraamaan tutkijan matkaa tutkimusprosessin lähtökohdista aineiston keruuvaiheen ja analyysin etenemisen kautta vihdoin aineistosta tehtyjen päätelmien tekemiseen (mts. 219).

Relativistisesta näkökulmasta katsottuna tutkimusteksti sen sijaan ei ainoastaan heijasta todellisuutta, vaan on itse osa tuota todellisuutta. Relativistinen näkemys kuvaa toisin sanoen sosiaalisen todellisuuden kielellistä rakentumista, jolloin tekstin ei ajatellakaan viittaavaan johonkin itsensä ulkopuolelle. Relativistisesta näkökulmasta arvioituna tutkimuksen luotettavuus nähdään vakuuttavuutena: miten hyvin tutkija onnistuu tekstillään vakuuttamaan lukijat tutkimuksensa oikeellisuudesta (mts., 221–222).

Kolmantena näkökulmana Eskola ja Suoranta (1998) tuovat esiin reflektiivisen näkökulman, joka liittyy erityisesti toimintatutkimukseen. Tutkija ei olekaan enää yksin aktiivisena toimijana, vaan myös tutkittavilla on oma sanansa sanottavana. Luotettavuus syntyy toimijoiden yhteisten reflektiivisten neuvottelujen tuloksena. (mts. 224.). Viimeinen näkökulma siirtää arvioinnin tutkimuksen lukijalle. Eskola ja Suoranta (1998) puhuvat tästä tutkimuksen kritiikkinä (mts. 226).

Tässä pro gradu -tutkielmassa lähtökohtana on ollut Eskolan ja Suorannan (1998) mainitsema ensimmäinen, eli realistinen näkökulma. Olen pyrkinyt kuvaamaan tutkimuksen kulkua mahdollisimman todenmukaisesti, niin kuin kaikki todellisuudessa tapahtui. Realistinen ei kuitenkaan ole synonyymi objektiiviselle, vaan kuvatessani tutkimuksen vaiheita olen ollut tietoinen itsestäni tulkitsevana subjektina. Olen tulkinnut tilanteita ja aineistoja oman kokemukseni ja ymmärrykseni valossa. Täysin objektiivisiä tuloksia onkin vaikea, ellei mahdotonta saada laadullista aineistoa tulkitsemalla, enkä siihen ole tässä tutkimuksessa pyrkinytkään. Tulokset ovat aina tutkijan *omia* tulkintoja oppimistilanteista ja sovellusten käytöstä sekä tutkijan tulkintoja opettajan ja oppilaiden ilmauksista.

Toisen henkilön ilmaukset sisältävät jo lähtökohtaisesti monenlaisia merkityksiä, joten ne eivät ole niin täsmällisiä kuin esimerkiksi luonnontieteiden tutkivat materiaalit tai prosessit (ks. Laine, 2010, 31). Tutkijan omat kokemukset niin oppilaana, opiskelijana kuin opettajanakin (itse toimin aikaisemman kuvaamataidon opettajana muun muassa peruskoulun yläasteella) olivat tutkimuksessa aineiston ennakkojäsentäjinä mukana, ja tavoitteena oli lisäksi saada kaikkien tutkimustilanteissa mukana olleiden näkemykset mukaan mahdollisimman todenmukaisina. Niinpä nämä monenlaiset äänet ja tulkinnat näkyvät toivottavasti myös tässä raportissa.

Laadullisesta tapaustutkimuksesta puhuttaessa ei lähtökohtana ole myöskään yleistettävyyttä samassa merkityksessä kuin määrällisessä tutkimuksessa, jossa tietyn otosjoukon tuloksia peilataan otoksen perusjoukkoon. Laadullisessa tutkimuksessa pikemminkin verrataan saatuja tuloksia teoriaan ja voidaan jopa puhua yleistettävyydestä teoriaan (Drew, Hardman & Hosp 2008, 185). Olen näin ollen pyrkinyt tulkitsemaan havaintojani ja aineistosta nostamani tuloksia aiemman tutkimustiedon valossa.

Olen pyrkinyt tässä opinnäytetyössä kuvaamaan kulkemaani polkua mahdollisimman tarkasti ja näin noudattamaan laadullisen tutkimuksen periaatteita. Olen liittänyt tekstiin mukaan katkelmia tutkimuspäiväkirjastani, jota olen kirjoittanut projektin alusta lähtien. Tulosten rinnalla olen esittänyt alkuperäisiä aineistolainauksia sekä esimerkkejä analyysin etenemisestä, jotta lukija voi seurata päättelyni kulkua niiden avulla. Ei ole kuitenkaan kovin helppoa tietää, mikä on sopiva määrä lainauksia, jotta tutkimustekstin luettavuus säilyy, mutta prosessin eteneminen on kuitenkin riittävän havainnollisesti esitetty. Omalla kohdallani yksi tutkielmatekstin kirjoittamiseen liittyvä piirre on ollut aikaisempi kokemukseni konferenssiartikkeleiden kirjoittamisesta ja sen vaikutus turhan tiiviiseen esitystapaani. Vaikka lyhyehköissä papereissakin olemme käyttäneet aineistolainauksia, on niitä usein jouduttu karsimaan tilanpuutteen vuoksi, tai valitsemaan mahdollisimman lyhyitä otteita. Tämän kirjoitusprosessini aikana olen useaan kertaan joutunut ohjaajani neuvomana avaamaan lukijalle perusteluita tekemilleni ratkaisuille. Tästä saamastani ohjauksesta olenkin ollut syvästi kiitollinen, etenkin tutkielmani valmistumisen pitkällä loppusuoralla.

Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Ylöjärven koulutoimen kanssa. Tutkimuslupa haettiin ja saatiin etukäteen kaupungin sivistystoimenjohtajalta, ja ennen kuin varsinainen tutkimus aloitettiin koululla, pyydettiin oppilaiden vanhemmilta suostumus heidän alaikäisten lastensa

osallistumiseen ja tutkimustilanteiden kuvaamiseen (liite 2). Tutkimuksen toteutettiin muutenkin eettisiä periaatteita noudattaen. Oppilaat osallistuivat haastatteluihin vapaaehtoisesti eikä yksittäisten oppilaiden vastauksia tai mielipiteitä voi tunnistaa raporteista tai julkaisuista. Julkaistaviin valokuviin on saatu kirjallinen lupa ja oppilaiden koteihin lähetettiin etukäteen myös tiedote tutkimuksesta (liite 1).

Kaikki ei tutkimuksessa mene aina ihan alkuperäisten piirustusten mukaan, ei varsinkaan laadullisessa designtutkimuksessa, jossa tutkimusprosessi polveilee ja risteilee omassa ainutkertaisessa ympäristössään. Tutkimuksen alussa on usein suuria suunnitelmia ja korkeita tavoitteita ja niitä kohden lähdettiin tässäkin prosessissa etenemään. Tällaisessa tiimityössä, jossa on mukana erilaisia toimijoita omine ammatillisine taustoineen, tulisi tutkijan myös pitää kirkkaana mielessään tutkimukselliset tavoitteensa ja muistaa myös tehdä ne näkyviksi koko tiimille. Pidimme säännöllisesti palavereja ja vaihdoimme sähköpostilla ajatuksia tutkimusprosessin suurista linjoista, mutta käytännön yksityiskohtaiset toimintaperiaatteet jäivät joskus hieman avoimiksi.

Niinpä aineistonkeruuvaiheessa sattui yllättävä tilanne, jossa opettaja jäi oppilaiden haastattelutilanteessa myös luokkaan ja osallistui erittäin vahvasti haastatteluun. Tilanne oli odottamaton, enkä osannut siihen heti puuttua. Jäin tutkijana hieman ulkopuolisen tarkkailijan rooliin. Tuo roolihan minulla oli varsinaisella oppitunnilla aivan tietoisesti ja suunnitellusti, jotta häiritsisi tunnin mahdollisimman normaalia kulkua. Haastattelun piti kuitenkin olla oppitunnista poikkeava tilanne, ja asia oli minulle niin itsestään selvä, etten huomannut siitä opettajan kanssa etukäteen puhua. Opettaja siis oli läsnä ja piti kiinni opettajan roolistaan, kun taas minun olisi pitänyt selkeästi ottaa tässä vaiheessa tutkijan roolini esille. Tämä oli harmillista tutkimukseni kannalta, koska siinä tilanteessa oppilaiden aidot, omat kokemukset jäivät todennäköisesti saamatta. Opettajan läsnä ollessa ei voi olettaa heidän puhuvan samalla tavalla kuin ilman opettajaa. Seuraavassa katkelmassa käy ilmi tuo roolien vaihtuminen haastattelun kuluessa.

H: Niin tota ihan mä haluisin kuulla ny mitä mieltä te ny ootte tästä, te vähän pääsitte kokeileen, ihan semmosia ensimmäisiä kommentteja... ihan vaan

Opp1: onhan se ihan hyvä että voi vähän muutenkin tehdä ku pelkällä kynällä ja paperilla

H: joo okei no mitäs Opp2?

Opp2: kätevä silleen et siinä tunsit ne hyvin niinkun että miten sitä painoo tarvitaan

H: joo, entäs Opp3

Opp3: ihan kiva et tuli tommostakin kokeiltua

H: ja Opp4

Opp4: oli niin paljon uutta ni ni laitteestoo opiskellu et se on ihan hyvä

H: nii no mitäs verrattuna näihin näihin tota välineisiin millä te alkutunnista kokeilitte sitä tasapainoo, kummalla te mieluummin tekisitte.. jos olis pakko valita toinen

Opp2: tolla toi on paljon helpompi

Opp1: niin tällä sen myöskin tuntee paljon paremmin eron eikä mikään putoo ainakaan (Muut nyökkäävät)

H: mmy mitäs Opp3?

Opp3: tolla koneella kans

H: se tuntuu kätevämmältä?

Opp3: joo (muut nyökkäävät)

Opett: mikä siinä on opetuksellisesti parempi, mitä oppii tosta paremmin? Koska nyt kuitenkin aina näitten kaikkien tutkimusten tarkoituksena on että et oppilas ymmärtäis asian mahdollisimman hyvin

H: mmm no se oli mulla tässä just itelläkin kysymyksenä

Opp4: toi on ainakin paljon konkreettisempi sinänsä kun sen pysty ite tunteen ne painot että

Opp1: niin ettei ollu pelkästään kahta painoo mikkä pitää olla niinkun molemmilla puolilla vaan itte pystyttiin... tietysti tossakin voi yrittää itte sitä laskee sitä toista päätä mutta...

H: just, että vaikka noi oli semmosia konkreettisia esineitä niin, niin tää tuntuu kuitenkin niinkun se tuntemus siinä se

Opp2: niin kun sen tuntee omalla kädellä just sen niinkun sen minkä verran sitä painoo on

H: just

Opett: no sitten fysiikan opettajana niin niin tota mä tuon tämmösen näkemyksen että tossa kuitenkin kun teillä oli ne painot niin te pystyitte ihan selkeesti ottaan huomioon sen etäisyyden kun massa kaksinkertaistuu niin etäisyyden täyty puolittua, kun massa kolminkertaistu etäisyyden piti pienentyä kolmanteen. Mites saako tästä tuntohiirellä mitään sellasta tavallaan oikeen semmosta niinkun konkreettista semmosta selkeää perustetta sille et se etäisyys vaikuttaa

Opp1: No ku tota ei voi kummiskaan siirtää tota massaa ni sillai se on vähän huono

Opett: mmm, mitäs muuta.. etuja ja haittoja tässä, kaikissa on etuja ja haittoja

Opp2: tossa ei saa niin hyvin just niitä etäisyyksiä katottua ku sitä on vaan käden painoo ni sitä ei just niin tarkasti pysty saamaan että minkä verran

Opett: mmhy

Opp1: tai sitte sitä oman käden tässä ei voi periaatteessa verrata niiden kahden kappaleen suhdetta kuiteskaan

Opett: mm

Opp4: niin ja ku tossa ei sillai pysty kumpaakin just säätään ja kattoon että miten se vaikuttaa niin kun tarkemmin

H: joo

Opett: no jos ei pitäis valita niin onko hyvä että meillä on molemmat

Kaikki myöntävät

Opett: eli se on itse asiassa niinkun mun näkökulmasta yks ajatus että olis mahdollisimman monta ymmärtää se sama asia, että on tämmönen matemaattinen muoto, no se on aika yksinkertainen ja ehkä abstrakti ja tylsäkin, mut sitten on paljon tapoja tavallaan käsin, silmin, tuntoaistilla aistia se, että mitä miten se ihan oikeesti vaikuttaa ja sitä kautta, mä uskon ainakin siihen, että sillä että kokee asioita niin voi oppia niitä asioita sen verran syvällisesti ettei tarvikaan aina kurkata sinne fysiikan kirjaan että mitäs siellä ny tasapainoehdosta sanottiin

(Oppilaat nyökyttelevät)

Haastattelun jälkeen otin tuon tilanteen opettajan kanssa puheeksi ja ratkaisuksi sovimme, että menisin luokkaan etukäteen kaksoistunnin toisen puolikkaan alkaessa ja haastattelin vielä uudestaan siellä olevia oppilaita ja opettaja tulisi vasta myöhemmin luokkaan. Näin teimmekin ja suoritin kymmenen minuutin debyyttini toimittajan roolissa, kun kiersin luokassa pöydästä toiseen digisanelimen kanssa ja pyysin pikaisia haastatteluja. Paria henkilöä lukuun ottamatta oppilaat sallivat kysymykseni ja sain vastauksia niihin kysymyksiin, joita alkuperäisessä haastattelurungossani oli. Tilanne oli kuitenkin melko kiireinen enkä kyennyt nopeasti arvioimaan, mitkä olisivat olleet niitä tärkeimpiä kysymyksiä kokemusten kannalta. Pääsin kuitenkin joidenkin oppilaiden kanssa ihan mukavaan keskustelun alkuun, ja loppujen lopuksi en tiedä, olisinko saanut kovin paljon monisanaisempia vastauksia, vaikka aikaa olisi ollut enemmän tässä ”uusintahaastattelussa” tai jos olisin haastatellut oppilaita ilman opettajan läsnäoloa heti tunnin lopussa. Peruskoulun yläluokillakin oppilaat ovat vielä melko arkoja juttelemaan vieraille aikuiselle, joten en ehkä menettänyt kuitenkaan niin kovin paljoa kallisarvoista aineistoa.

Varmuuden vuoksi kuitenkin, jotta saisin oppilaiden kokemuksia riittävästi tutkimukseen mukaan, ja varmistaisin heidän äänensä kuulumisen, keräsin vielä varsinaisen tutkimusajankohdan (2008–2009) jälkeisenä keväänä 2010 silloisilta 8.luokkalaisilta kirjoituksia, joissa he jatkoivat antamiani lauseiden alkuja loppuun omilla ajatuksillaan. He olivat käyttäneet samoja ohjelmia saman opettajan ohjauksessa – tosin en tiedä, onko tuntien kulku ollut aivan vastaava kuin haastattelemillani oppilailta. Aineistoa kertyi näin ollen loppujen lopuksi enemmän ja sain mukaan lisää oppilaiden omia kokemuksia näistä tässä tutkimuksessa tutkituista tuntopalautesovelluksista. Tämä seuraavana vuonna kerätty aineisto oli sisällöltään hyvin samankaltaista kuin ensimmäisen pilottiluokan.

Tutkimusprosessi on aina myös oppimisprosessi niin tutkijalle kuin koko tutkimustiimille. Esimerkiksi ensimmäisellä tunnilla, jolla ei vielä käytetty tuntopalauteohjelmia, pyrin kirjoittamaan kaikki havaintoni muistiin ja huomasin, että se oli hyvin haasteellista. Etukäteen kannattaakin miettiä painotuksia ja tehdä jonkinlainen runko havainnoinnin tueksi, kuten tein sitten seuraaville tunneille. Päädyin taulukkoon, johon kirjasin omiin sarakkeisiinsa opettajan ja oppilaiden puheet sekä toiminnan. Näin saatoin kirjata tunnin aikana vain itse puheet ja tapahtumat. Vastaavissa tutkimustilanteissa tulevaisuudessa voisi myös miettiä viittaajien lukumäärän kirjaamista ja ehkä oppilaiden vastausfrekvenssejä myös. Ovatko esimerkiksi tietyt oppilaat aktiivisempia uuden teknologian kanssa kuin toiset? Tällaisen strukturoinnin myötä avoin havainnointi muuttuisi kohdistetuksi havainnoinniksi (Vilka 2006) ja vain yhden havainnoitsijan tutkimustilanteessa havaintojen oikeellisuus ja tarkkuus todennäköisesti vielä paranisi. Myös tutkimusprosessin selkeä kuvaaminen kaikille toimijoille on tärkeä asia, jonka opin tutkimusta tehdessäni.

7.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

VISCOLE:ssa tehdyt ensimmäiset sovellukset eivät vielä sellaisenaan välttämättä houkuttele oppilaita tutkiviin ja haastavampiin tehtäviin. Niitä voisi kehittää yhteisöllisempään ja esimerkiksi pelillisempään suuntaan, jotta ne innostaisivat sekä opettajaa että oppilaita oppijalähtöisempään tutkivaan oppimiseen. Hankkeen seuraavassa vaiheessa jo suunniteltiinkin sovellus, joka mahdollistaa kahden oppilaan yhteistoiminnan saman rakentelusovelluksen parissa. Sovelluksen aiheena oli avaruusgeometria. Tätä kolmiulotteista rakenteluohjelmaa kokeiltiin yhtenäiskoulun neljännen luokan oppilaiden parissa ja tulokset olivat lupaavia. Sovellusta testattiin ensin käytettävyysslaboratoriossa ja kokeiltiin sen jälkeen koululla paritestauksena. Tutkimustuloksia näistä paritestauksista ei ole toistaiseksi kuitenkaan julkaistu.

Tässä pro gradu -tutkimuksessa tutkittiin oppilaiden ja opettajan ensimmäisiä kokemuksia tuntopalaute teknologian viemisestä luokkaan ja tuntopalautesovellusten käyttämisestä muiden artefaktien täydennyksenä. Luonteva jatkotutkimuksen aihe olisi tuntopalauteohjelmien avustuksella opittujen fysiikan ilmiöiden syvemmän käsitteellisen ymmärtämisen tutkiminen (vrt. Minogue ym. 2006 ja Minogue & Jones 2006). Olisi myös mielenkiintoista ja

haasteellista etsiä jonkinlaista metodologista kompromissia tiukan empiirisen koe-kontrolliryhmä -tutkimuksen ja autenttisen oppimisympäristötutkimuksen yhdistämiseksi.

Yhteisöllisen oppimisprosessin tukeminen esimerkiksi sosiaalisen median keinoin, yhdessä tuntopalauteteknologian kanssa on myös yksi tulevaisuuden vielä tiettävästi tutkimattomia lähestymistapoja. Moniaistinen vuorovaikutus ja erityisesti tuntoaistin valjastaminen mukaan teknologia-avusteisiin oppimisympäristöihin ovat yhdessä virtuaalimaailmojen, lisätyn todellisuuden ja erilaisten muiden oppilaita aktivoivien oppimistilojen kanssa sellaisia tutkimuskohteita, joihin liittyvä tutkimustyö tulee varmasti tulevaisuudessa entisestään lisääntymään.

LÄHTEET

- Aksela, M. 2005. Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Väitöstudium. Helsinki: Yliopistopaino. <http://ethesis.helsinki.fi>
- Albacete P.L. & VanLehn, K. 2000. The conceptual helper: an intelligent tutoring system for teaching fundamental physics concepts. In G. Gauthier, C. Frasson & K. VanLehn (Eds), Intelligent Tutoring Systems: 5th International Conference. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1839, Springer, 564–573.
- Barab, S. 2006. Design-Based Research. A Methodological Toolkit for the Learning Scientist. Teoksessa, R. Keith Sawyer (Toim.). The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. West Nyack, NY, USA: Cambridge University Press, 2002. Luettu 3.12.2008. <http://site.ebrary.com/lib/tampere/Doc?id=10130369&ppg=175>
- Brown, A. 1992. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. The journal of learning sciences 2, 141–178.
- Bruner, J. 2001. The culture of education. Cambridge, Massachusetts: Harvard university press.
- CICERO Learning -selvitysraportti. 2008. Tieto- ja viestintäteknologian hyödyntäminen opetuksessa ja opiskelussa. Helsinki: Helsingin yliopisto. Tulostettu 29.10.2009 http://www.cicero.fi/sivut2/documents/CICERO_TVT-selvitysraportti.pdf
- Cockburn, A. & Greenberg, S. 1995. TurboTurtle: A collaborative microworld for exploring newtonian physics. In Proceedings of the 1st Conference on Computer Supported Collaborative Learning - CSCL'95. Lawrence Erlbaum Associates, 62–66.
- Cole, M. & Wertsch, J. M. 1996. Beyond the Individual-Social Antimony in Discussions of Piaget and Vygotsky. Human Development 1996 39 s. 250–256) Luettu 26.11.2012 <http://lhc.ucsd.edu/People/MCole/Beyond%20the%20individual-social%20antimony.pdf>
- Collins, A. 1990. Toward a Design Science of Education. Technical Report No. 1. Center for Technology in Education, New York (N.Y.) Luettu 3.12.2008. http://eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/22/a1/09.pdf
- The Design-Based Research Collective. 2003. Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. Educational Researcher vol. 32 (1), 5–8.

- Drew, C.J., Hardman, M.L. ja Hosp, J.L. Designing and Conducting Research in Education. 2008. Sage publications Inc. USA.
- Eraut, M. 2000. Non-formal learning and tacit knowledge in professional work. *British Journal of Educational Psychology*, 70(1), 113–136.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.
- Feldner, R. M., Silverman, L. K. 1988. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Engr. Education* 78 (7), 674–681.
- Franssila, H. & Pehkonen, M. 2004. Tieto- ja viestintäteknikka peruskoulun ja lukion opettajien työssä. Hypermedialaboration verkkojulkaisuja 7. Tampereen yliopiston hypermedialaboratio. Luettu 29.10.2009 <http://tampub.uta.fi/tup/951-44-6074-X.pdf>
- Grow, D. I., Verner, L. N. and Okamura, A. M. 2007. Educational haptics. AAI 2007 Spring Symposia - Robots and Robot Venues: Resources for AI Education. Technical Report SS-07–09, AAI Press.
- Grönfors, M. 2010 Havaintojen teko aineistonkeräyksen menetelmänä. Teoksessa J. Aaltola & R. Valli (toim.) Ikkunoita tutkimusmetodeihin I. Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. 3. painos. Jyväskylä: PS-kustannus, 154–170.
- Haaparanta, H. 2008. Tietokoneet perusopetuksen opettajan arkipäivässä: Opettajien työhyvinvoinnin, työuupumuksen ja koulun tietostrategian vaikutukset teknologia-asenteeseen. väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto, julkaisu 761
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 1999. Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. Porvoo: WSOY.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 2004. Tutkiva oppiminen. Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. Porvoo: WSOY
- Heikkinen, H.L.T., Kontinen, T. & Häkkinen, P. 2006. Toiminnan tutkimisen suuntaukset. Teoksessa: H.L.T. Heikkinen, E. Rovio & L. Syrjälä (toim.). Toiminnasta tietoon. Toimintatutkimuksen menetelmät ja lähestymistavat. Helsinki: Kansanvalistusseura, 39–76.
- Heikkinen, H.L.T., Rovio, E. & Syrjälä, L. (toim.) 2006. Toiminnasta tietoon. Toimintatutkimuksen menetelmät ja lähestymistavat. Kansanvalistusseura
- Ilomäki, L. 2008. The effects of ICT on school: teachers' and students' perspectives. *Ann. Univ. Turkuensis B* 314. Turku: Turun yliopisto.
- Ilomäki, L. & Lakkala, M. 2006. Tietokone opetuksessa: opettajan apu vai ongelma. Teoksessa Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. (toim.). 2006. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

- Jimoyiannis, A & Komis, V. 2008. Computer Simulations in Physics Teaching and Learning: A Case Study on Students' Understanding of Trajectory Motion. *Computers and Education* 36 (2), 183–204.
- Joseph, D. 2004. The Practise of Design-Based Research: Uncovering the Interplay Between Design, Research, and the Real-World Context. *Educational psychologist* 39 (4) 235–242.
- Juuti, K. 2005. Towards Primary School Physics Teaching and Learning. Design Research Approach. Väitöskirja. Helsinki: Yliopistopaino.
- Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. (toim.). 2006. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Järvinen, P. & Järvinen, A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Tampere: Opinpajan kirja.
- Klatzky, R. L., & Lederman, S. J. 2002. Touch. In A. F. Healy & R. W. Proctor (Eds.), *Experimental Psychology Volume 4* in I. B. Weiner (Editor-in-Chief) *Handbook of psychology*. New York: Wiley, 147–176.
- Kolb, D.A. 1984. *Experiential Learning. Experience as The Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice Hall P T R
- Kosonen, K. 2005. Käytettävyytutkimuksen menetelmien vertailu. Teoksessa S. Ovaska, A. Aula & P. Majaranta (toim.) *Käytettävyytutkimuksen menetelmät*. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1, 313–330.
- Laine, T. Miten kokemusta voidaan tutkia? Fenomenologinen näkökulma. Teoksessa J. Aaltola & R. Valli. 2010. *Ikkunoita tutkimusmenetelmiin II. Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle tutkimuksen teoreettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin*. Jyväskylä: PS-Kustannus. 28–45.
- Laine, M., Bamberg, J. & Jokinen, P. 2007. Tapaustutkimuksen teoria ja käytäntö. Teoksessa M. Laine, J. Bamberg & P. Jokinen (toim.) *Tapaustutkimuksen taito*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.
- Lantolf, J.P. 2000. *Introducing Sociocultural Theory*. In *Sociocultural Theory & second Language Learning*. Oxford: Oxford University Press.
- Lonka, K., Pyhältö, K. & Lipponen, L. 2009. Tutkimalla oppimassa – tutkiva oppiminen yliopistossa. Teoksessa S.Lindblom-Ylänne & A. Nevgi (toim.) *Yliopisto-opettajan käsikirja*. Helsinki: WSOY Pro Oy. 254–251.
- Malcolm, P., Moher, T., Bhatt, D., Uphoff, B. & López Silva, B. 2008. Embodying scientific concepts in the physical space of the classroom. In *Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children (IDC 2008)*. ACM, 234–241.

- Manninen, J. 2000. Kurssikoulutuksesta oppimisympäristöihin. Aikuiskoulutuskäytäntöjen kehityslinjoja. Teoksessa J. Matikainen ja J. Manninen (toim.) Aikuiskoulutus verkossa. Verkostopohjaisten oppimisympäristöjen teoriaa ja käytäntöä. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus.
- MICOLE. Multimodal Collaboration Environment for Inclusion of Visually Impaired Children. <http://micole.cs.uta.fi/> Luettu 26.11.2012.
- Miettinen, S. (toim.) 2011. Palvelumuotoilu. Uusia menetelmiä käyttäjätiedon hankintaan ja hyödyntämiseen. Teknologiainfo Teknova.
- Minogue, J. & Jones, M.G. 2006. Haptics in education: exploring an untapped sensory modality. *Review of Educational Research*, 76 (3), 317–348.
- Minogue, J., Jones, M.G., Broadwell, B., & Oppewal, T. 2006. The impact of haptic augmentation on middle school students' conceptions of the animal cell. *Virtual Reality* 10, 293–305.
- Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. 2009. Oppimisen teorian. Teoksessa S.Lindblom-Ylänne & A. Nevgi (toim.) Yliopisto-opettajan käsikirja. Helsinki: WSOY Pro Oy.194–236.
- Nielsen J. 1993. Usability Engineering. New York: Academic press.
- Nokelainen, P. 2004. Digitaalisen oppimateriaalin käytettävyyden arvioinnin kriteerit. Teoksessa J. Saarinen (toim.) eValuator. Digitaalisten oppimateriaalien, oppimisympäristöjen ja mobiilioppimisen käytäntöjen arviointi. Julkaisu A: 5/2004, Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Novint 2012a. The Most Immersive Way to Play Video Games <http://home.novint.com/index.php/products/novintfalcon> Luettu 24.11.2012.
- Novint 2012b. What Is 3D Touch? <http://home.novint.com/index.php/novint/whatis3dtouch> Luettu 24.11.2012.
- Opetus 2.0 -hanke 2008. Opetus 2.0 -hankkeen esittely. <http://koulut.ylojarvi.fi/opetus2> Tulostettu 14.1.2009.
- Opetushallitus. 2004. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Oppivelvollisille tarkoitetun perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Perusopetukseen valmistavan opetuksen opetussuunnitelman perusteet. Lisäopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Opetushallitus: Vammalan kirjapaino.
- Orrill, C. H. 2001. Building technology-based, learner-centered classrooms: The evolution of a professional development framework. *Educational Technology Research and Development* 49(1), 15–34.

- Ovaska, S., Aula, A. & Majaranta, P. (toim.) 2005. Käytettävyytutkimuksen menetelmät. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. Raportti B-2005-1. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Parviainen, L. 2005. Fokusrhyhmät. Teoksessa S. Ovaska, A. Aula & P. Majaranta (toim.) Käytettävyytutkimuksen menetelmät. Tampereen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteiden laitos B-2005-1. 53–62.
- Prensky, M. 2001. Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9 (5), MCB University Press, 1–6.
- Raisamo, R., Hippula, A., Patomäki S., Tuominen E., Pasto, V. and Hasu, M. 2006. Testing usability of multimodal applications with visually impaired children. *IEEE Multimedia*, 13 (3), IEEE Computer Society, 2006, 70–76.
- Rassmus-Gröhn, K. 2008. User-centered design of non-visual audio-haptics. Doctoral Thesis. Certec, Lund university.
- Rassmus-Gröhn, K., Magnusson, C. & Efring, H. 2007. AHEAD - Audio-Haptic Drawing Editor and Explorer for Education. HAVE 2007 - IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications, Ottawa - Canada, 12–14 October 2007. 62–66.
- Saarinen R., Järvi J., Raisamo R., Tuominen E., Kangassalo M., Peltola K. & Salo J. 2006. Supporting visually impaired children with software agents in a multimodal learning environment. *Virtual Reality*, 9, (2–3), Springer-Verlag London Ltd.
- Sallnäs, E-L., Moll, J., & Severinson Eklundh, K. 2007. Group Work about Geometrical Concepts among Blind and Sighted Pupils Using Haptic Interfaces. *Proc. of World Haptics 2007*. 330–335).
- Salovaara, H. 2006. Oppimisen strategiat ja teknologiaperustaiset oppimisympäristöt. Teoksessa Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. (toim.). 2006. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy s.103–120.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. 1994. Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265–283.
- SensAble Technologies. <http://www.sensable.com/haptic-phantom-desktop.htm> Luettu 26.11.2012.
- Sinko, M. & Lehtinen, E. 1998. Bitit ja pedagogiikka. Tieto- ja viestintäteknikka opetuksessa ja oppimisessa. Juva: WSOY Kirjapainoyksikkö.
- Säljö, R. 2001. Oppimiskäytännöt. Sosiokulttuurinen näkökulma. Helsinki: WSOY.
- Tanhua-Piironen, E., Pasto, V., Raisamo, R. & Sallnäs, E-L. 2008. Supporting Collaboration between Visually Impaired and Sighted Children in a Multimodal Learning Environment.

- In Proceedings of the 3rd Haptic and Audio Interaction Workshop. HAID 2008. LNCS 5270, 11–20.
- Tanhua-Piironen, E., Pystynen, J. & Raisamo, R. 2010. Haptic Applications as Physics Teaching Tools. In proceedings of IEEE International Symposium on Haptic Audio-Visual Applications and Games (HAVE 2010). IEEE, 117–122
- Tella, S. 1997. Tietokoneperustaisesta opetuksesta verkostopohjaiseen oppimiseen. Aikuiskasvatus 7 (4) Helsinki: Kansanvalistusseura
- Tuomi. J. & Sarajärvi, A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.
- Tuominen E. & Peltola K. 2004. Proactive Agents and Children's Conceptual Learning Teoksessa S. Vosniadou, C. Stathopoulou, X. Vamvakoussi ja N. Mamalougos, 4th European Symposium on Conceptual Change: philosophical, historical, psychological and educational approaches. Abstracts.
- Tynjälä, P., Heikkinen, H. L. T., & Huttunen, R. 2005. Konstruktivistinen oppimiskäsitys oppimisen ohjaamisen perustana. Teoksessa P. Kalli & A. Malinen (toim.). Konstruktivismi ja realismi, 20–48.
- Vilka, H. 2006. Tutki ja havainnoi. Helsinki: Tammi.
- VISCOLE. Utilizing multimodal interaction technology to support learning and collaboration of visually impaired and sighted children. <http://www.uta.fi/sis/tauchi/mmig/projects.html>
Luettu 26.11.2012
- Williams R.L. II, Chen, M-Y & Seaton, J.M. 2003. Haptics-augmented simple-machine educational tools. Journal of Science Education and Technology 12 (1), 16–27.
- Wollensak, A. 2002. Curricular modules: 3D and immersive visualization tools for learning. Computers & Graphics, 26, 599–602.
- Youtube. <http://www.youtube.com> Tarkistettu 24.11.2012.

LIITE 1: Tiedote oppilaiden koteihin

Hyvät vanhemmat,

Ylöjärvellä 7.11.2008

Tampereen yliopistolla Tietojenkäsittelytieteiden laitoksella on käynnissä Suomen Akatemian rahoittama VISCOLE- tutkimusprojekti (Moniaistisen vuorovaikutusteknologian hyödyntäminen näkövammaisten ja näkevien lasten oppimisen ja yhteistyön tukena). Tutkimushankkeen tarkoituksena on tutkia ja kehittää lasten oppimista ja yhteistoimintaa tukevia sovelluksia, joissa hyödynnetään monipuolisesti niin näkö- kuulo- kuin tuntoaistiakin. Hankkeen johtajana toimii professori Roope Raisamo tietojenkäsittelytieteiden laitoksen TAUCHI – yksikön moniaistisen vuorovaikutuksen tutkimusryhmästä.

Osana tuota tutkimusprojektiä tehdään yhteistyötä Ylöjärven Opetus 2.0 – hankkeen kanssa ja tämän yhteistyön tarkoituksena on tuottaa moniaistisia oppimissovelluksia koululle, käytettäviksi muun muassa fysiikan opetuksessa. Sovelluksia testataan eri vaiheissa ja saatujen tulosten pohjalta niitä kehitetään edelleen. Käyttökelpoisten kehitysideoiden saamiseksi on ensiarvoisen tärkeää, että ohjelmia tutkitaan niiden oikeassa käyttöympäristössä eli koulussa. Tutkimusta tehdään luokassa havainnoimalla tuntien aikana, haastattelemalla opettajia ja oppilaita sekä mahdollisesti kyselylomakkeiden avulla.

Tutkimuksen kohteena ovat kehitetyt ohjelmat ja käytettävät tuntopalautelaitteet sekä niiden käyttötilanteet, yksittäisiä oppilaita ei siis tutkita. Oppilaat ovat kuitenkin suureksi avuksi, kun he käyttävät ohjelmia ja kertovat ajatuksiaan niistä. Näin ohjelmia voidaan kehittää toimivammiksi. Kerätty tutkimusaineisto tulee olemaan vain tutkimusryhmän käytössä eikä yksittäisiä oppilaita tai opettajia voida tunnistaa raporteista eikä muusta julkisesti esitettävästä aineistosta.

Kiitoksin ja yhteistyöterveisin,

Opettaja

Lisätietoja:

Erika Tanhua-Piiroinen Opettajan yhteystiedot
tutkimusapulainen
p. 03 - 3551 8881
erika@cs.uta.fi

LIITE 2 Osallistumis- ja kuvauslupa

SUOSTUMUS TUTKIMUKSEEN OSALLISTUMISEEN

Lapsemme _____

saa ei saa

osallistua tutkimukseen liittyviin haastatteluihin.

Tutkimushankkeissa on tapana myös kuvata joitakin tutkimustilanteita. Näitä kuvia ei ilman eri suostumusta käytetä eikä julkaista tutkimusryhmän ulkopuolella.

Lastamme saa ei saa

kuvata oppitunnilla.

Projektin tutkijat haluaisivat käyttää opetuksessa ja tutkimuksen ja tutkimushankkeen esittelytilaisuuksissa sekä tieteellisissä artikkeleissa ja julkaisuissa otteita kuvamateriaalista. Materiaalia, jossa lapsemme on kuvassa näkyvissä

saa käyttää ei saa käyttää

edellä kuvailluissa tilanteissa.

Paikka

_____/_____.2008

Aika

Huoltajan allekirjoitus

Nimen selvennys