

Tampereen yliopisto
Kasvatustieteiden tiedekunta

Matti Pirttimaa

**Sähkö ja elektroniikka peruskoulun teknisen työn opetuksessa:
tapaustutkimus 7. luokan oppilaiden sähköön ja elektroniikkaan
liittyvästä osaamisesta ja käsityksistä**

Kasvatustieteen
lisenssiaatin tutkimus

Tampere 2008

Sähkö ja elektroniikka peruskoulun 7. luokan teknisen työn opetuksessa: tapaustutkimus oppilaiden sähköön ja elektroniikkaan liittyvästä osaamisesta ja käsityksistä

Tampereen yliopisto,
Kasvatustieteiden tiedekunta
Matti Pirttimaa:
kasvatustieteen lisensiaatin tutkimus

Tiivistelmä:

Sähkön ja elektroniikan käsitteistön oppiminen ja aiheeseen liittyvän käsitteellisen ymmärryksen kehittyminen on haasteellinen, aikaa vievä prosessi. Tämä tutkimusraportti esittelee kevään 2006 aikana toteutetun empiirisen tutkimuksen, jonka tarkoituksena oli selvittää, miten 7. luokan oppilaat ymmärtävät sähkön ja elektroniikan ilmiöitä ja peruskäsitteitä. Tutkimuksen taustalla on käsitteellisen muutoksen teoria. Käsitteellisen muutoksen teoriaa lähestytään erilaisista näkökulmista, joille on yhteistä, että niissä oppilaiden aiempi osaaminen nähdään perustaksi, jolle uutta tietoa rakennetaan. Tässä tutkimuksessa oppiminen nähdään konstruktivistisenä tiedonrakentamisprosessina. Aiempi tietämys saattaa olla myös esteenä uuden tiedon omaksumiselle. Oppilas olisikin saatava tiedostamaan omia arkikokemukseen perustuvia käsityksiään opiskeltavasta aihealueesta. Intentionaalisuus, intentionaalinen oppiminen ja metakognitiivinen ajattelu nähdään tärkeänä käsitteellisen muutoksen mahdollistamiseksi.

Tutkimukseen osallistui 29 Säkylän yhteiskoulun seitsemännen luokan oppilasta elektroniikan opetusjaksolla. Tämä oppilasjoukko muodostui ikäluokan kaikista teknistä työtä opiskelevista oppilaista, ja he olivat kaikki poikia. Opetusjakso toteutettiin vuorovaikutteisen PowerPoint opiskelumateriaalin ja siihen liittyvän kokeilu- ja rakentelumateriaalin avulla. Oppilaat työskentelivät opiskelujakson ajan pareittain, joten heillä oli mahdollisuus konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisesti vuorovaikutukseen ja yhteisölliseen tiedonrakentamiseen. Opiskelujakson pituus oli kaksi kolmen oppitunnin istuntoa. Ennen jakson alkamista oppilaiden osaamista sähkön ja elektroniikan perusteista kartoitettiin alkumittauksella. Opiskelujakson jälkeen heille tehtiin loppumittaus. Yhden oppilasryhmän (10 oppilasta) opiskelua jatkettiin niin, että he osallistuivat

loppumittauksen jälkeen vielä kahteen kolmen oppitunnin istuntoon, jonka jälkeen heille tehtiin toinen loppumittaus. Oppilaiden käsityksiä kartoitettiin keräämällä 18 oppilaalta haastatteluaineisto. Haastattelukysymykset käsittelivät mm. oppilaiden käsityksiä sähköön olemuksesta, syntymisestä, siirtämisestä koteihin ja käyttäjille, sähköön merkityksestä sekä elektroniikasta, sen merkityksestä ja erilaisista sovelluksista.

Sähkö ja elektroniikan käsitteiden oppiminen on aiempien tutkimusten mukaan haasteellista. Monet tutkimukset osoittavat, että ennen opetusta eri-ikäisillä oppilailla käsitykset sähköstä ovat vahvasti arki ajattelun ja arkipäivän termistön mukaisia. Ne ovat siten usein ristiriidassa fysiikan käsitysten kanssa. Opetuksen jälkeenkään oppilaiden käsitykset eivät välttämättä ole muuttuneet. (Mulhall, McKittrick ja Gunstone 2001, 576–577.) Tässä raportissa esitellään alku- ja loppumittausten tuloksien lisäksi haastatteluaineistoon perustuvan fenomenografisen analyysin tulokset. Martonin (1996) mukaan Fenomenografian perusajatus on, että on vain rajallinen määrä tapoja kokea mikä tahansa ilmiö. (Marton 1996, 177). Tutkijan tehtävänä on etsiä tutkittavasta aineistosta laadullisesti erilaisia tapoja kokea tai käsittää kyseessä oleva ilmiö.

Tutkimustulosten mukaan lyhyenkin opiskelujakson aikana oppilaiden osaaminen lisääntyi tilastollisesti erittäin merkitsevästi, joskin osaamisen taso jäi melko matalaksi. Erityisesti piirikaavioiden ymmärtäminen oli oppilaille vaikeaa. Oppimistulosten analysoinnissa käytettiin Wilcoxonin testiä. Oppilashaastatteluiden fenomenografisen analyysin perusteella oppilaiden sähköön ja elektroniikkaan liittyvissä käsityksissä oli havaittavissa tieteellis-teknistä ajattelua, jonka voi tulkita olevan peräisin opiskelujakson sisällöistä. Osa oppilaista kykeni siten omaksumaan relevanttia tietoa, joka ilmeni haastatteluissa myös pitemmän ajan kuluttua aktiivisen opiskelun päättymisestä. Tutkimuksen perusteella sähkö ja elektroniikan opetuksen kehittäminen ja valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden ja sisältöjen tarkentaminen on tarpeen.

Avainsanat: Tekninen työ, sähköoppi, elektroniikkaopetus, käsitteellinen muutos, konstruktivistinen oppimiskäsitys, intentionaalinen oppiminen

Sisälllys:

1. Johdanto	1
2. Sähkön ja elektroniikan opetus perusopetuksen eri oppiaineissa	6
2.1 Sähkö ja elektroniikka käsitteinä	7
2.2 Käsityön opetuksen tavoitteet ja keskeiset sisällöt sähkön ja elektroniikan opetuksen näkökulmasta	9
2.3 Aihekokonaisuudet teknisessä työssä sähkön ja elektroniikan opetuksen näkökulmasta	14
2.4 Sähköoppi ja elektroniikka käsityön opetuksessa Säkylän kunnan vuosiluokkien 1 – 9 opetussuunnitelmassa	15
2.5 Sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteet ja sisällöt ympäristö- ja luonnontiedon sekä fysiikan ja kemian opetuksessa	16
2.6 Pohdintaa sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteista ja sisällöistä eri oppiaineissa	21
3. Teknisen työn elektroniikkaopetus käytännössä	22
3.1 Tieto- ja viestintäteknikka sekä ohjaus- ja säätötekniikan sovellukset perinteisen elektroniikan opetuksen rinnalla	24
3.2 Oppimateriaalin suunnittelu elektroniikan opiskelujaksolle	26
4. Tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat ja peruskäsitteet	30
4.1 Tiedon taksonomiat	30
4.2 Oppiminen	34
4.3 Yksilön ja ympäristön välinen vuorovaikutus ja ajattelun rakenteiden muodostuminen: Piaget'n teoria	36
4.4 Vygotsky: sosiaalinen vuorovaikutus ja lähikehityksen vyöhyke	38
4.5 Käsitteet, käsitykset ja käsitteellinen ymmärrys	39
4.6 Käsitteellisen muutoksen teorioita	44
4.6.1 Kognitiivisten merkitysten vaihtelu ja käsitteellinen muutos	46
4.6.2 Vosniadoun kognitiivis- kehityksellinen näkökulma käsitteelliseen muutokseen	47
4.6.3 Kognitiivis- kontekstuaalinen näkökulma käsitteelliseen muutokseen	48
4.7 Intentionaalinen käsitteellinen muutos	50

5. Käsitteiden oppiminen ja käsitykset tutkimuksen kohteena	54
5.1 Käsitteiden oppiminen ja käsitykset tässä tutkimuksessa	54
5.2 Virheelliset käsitykset	54
5.3 Aikaisempia tutkimuksia	55
6. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	64
6.1 Tutkimuksen tavoitteet	64
6.2 Tutkimusongelmat	65
6.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteuttaminen	65
6.4 Haastattelu tutkimusmenetelmänä	67
6.5 Tutkimusprosessin eteneminen	68
7. Tutkimuksen aineisto ja aineiston analysointimenetelmät	72
7.1 Tutkimusaineisto	72
7.2 Mittausten luotettavuus	73
7.2.1 Reliabiliteetista	74
7.2.2 Validiteetista	77
7.2.3 Kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuudesta	79
7.4 Kyselylomakkeiden tehtävien pisteytyksen kriteerit	82
7.5 Fenomenografia tutkimuksellisena lähestymistapana	85
8. Tutkimustulokset	89
8.1 Oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista ennen elektroniikan opiskelujakson alkamista	89
8.2 Oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista opiskelujakson jälkeen	93
8.3 Onko lyhyempään ja pidempään opiskelujaksoon osallistuneiden oppilaiden oppimistuloksissa eroja?	97
8.4 Millaisia sähkön ja elektroniikkaan liittyviä käsityksiä oppilailla on opiskelujakson päätyttyä?	100
8.4.1 Oppilaiden käsitykset sähköstä	102
8.4.2 Oppilaiden käsitykset elektroniikasta	116
8.5 Ylätason kategorioiden muodostaminen	131
8.6 Pohdintaa	133

LÄHTEET

LIITTEET

1. Johdanto

Sähkön ja elektroniikan perusteiden ymmärtäminen on tarpeellista yhteiskunnan yhä enenevässä määrin teknistyessä: elektroniikka on osa arkipäivää. Teknologiaan liittyvien opiskelusisältöjen osalta sähkön ja sähköilmiöiden ymmärtäminen nähdään asiantuntijoiden mukaan teknologiakompetenssin yhtenä keskeisimpänä sisältönä (mm. Parikka 1998, 91–92). Teknologiakompetenssilla Parikka tarkoittaa teknologista yleissivistystä, joka on sekä näkemyksellistä että toiminnallista. Näkemyksellinen taso viittaa Parikan mukaan siihen, kuinka yksilö pystyy omaksumaan uusia teknologian kehittymisen edellyttämiä valmiuksia. Toiminnallinen taso puolestaan on teknologisen sivistyksen käytännön tietoperusta. (Parikka 1998, 111–112.) Elektroniikan opetusta on perinteisesti toteutettu suomalaisessa peruskoulussa osana käsityöoppiaineen (tekninen työ) opetusta. Opetusta annetaan myös luonnontiedon opetuksen (perusasteen luokat 1–4) sekä fysiikan opetuksen yhteydessä (luokat 5–9). Muualla maailmassa elektroniikan opetus kytkeytyy usein tiede- tai teknologiaopetukseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut 7. luokan oppilaiden osaamisen ja käsitteellisen ymmärryksen tarkastelu sähkön ja elektroniikan perusteiden opiskeluun liittyen.

Olen teknisen työn opettajana kokenut elektroniikan opetuksen erityisen haasteellisena ja vaikeana: oppilaat motivoituvat sähkön ja elektroniikan teoriaopetukseen erittäin huonosti. Oppilaat mieltävät teknisen työn oppiaineeksi, jossa työskentely ja toiminta ovat keskeisellä sijalla. Piirtoheitinkalvot tai opettajajohtoiset PowerPoint esitykset eivät innosta ja aktivoi oppilaita. Opettajajohtoinen opetus ei myöskään sovi yhteen nykyisen konstruktivistisen oppimiskäsityksen kanssa, jossa korostuu oppilaiden aktiivinen osallistumistuminen oppimistapahtumaan. Mielestäni oppilaille ei voi muodostua käsitystä elektronisten laitteiden toiminnasta, jos heillä ei ole tietoa sähkön olemuksesta, perussuureista, sekä komponenttien ja virtapiirien toimintaperiaatteista. Elektroniikkarakentelu ei ole mielekästä, jos oppilas ei ymmärrä rakentamansa laitteen toimintaa. Ongelmat tulevat ilmi viimeistään silloin, kun valmiiksi saatu, itse rakennettu laite ei toimi. Huolimattomasta juottamisesta aiheutuneet viat oppilas voi kyllä löytää mekaanisesti etsimällä. Sen sijaan monimutkaisempaa päättelyä tai mittauksia

vaativa vian etsiminen on oppilaalle mahdotonta, jos hänellä ei ole riittävästi tietoa elektroniikan perusteista. Opetuksen tueksi on olemassa oppimateriaalia ja jopa erilaisia virtapiirien mallintamiseen ja suunnitteluun kehitettyjä tietokoneohjelmia. Ne ovat kuitenkin usein erittäin kalliita. Tällaisten ohjelmien hankkiminen ei esimerkiksi pienen kunnan kouluihin ole välttämättä mahdollista.

Meillä Suomessa elektroniikan opetukseen liittyvää tieteellistä tutkimusta on vähän. Jaakkolan ja Nurmen (2007) tutkimus on harvoja poikkeuksia. Lisäksi on ongelmallista, että valtakunnallisessa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) ei puhuta käsityöhön tai tekniseen työhön liittyvästä sähköopin perusteiden tai elektroniikan opetuksesta mitään, eikä riittävän täsmällisesti määritellä sen tavoitteita tai sisältöjä. Ymmärrän niiden kuitenkin sisältyvän opetussuunnitelman perusteisiin myös käsityön ja teknisen työn osalta sekä osana ihminen ja teknologia aihekokonaisuutta. Tutkimukseni tarkoituksena onkin selvittää, miten peruskoulun 7. luokan oppilaat ymmärtävät sähkön ja elektroniikan perusteita, ja miten osaaminen kehittyy opetuksen aikana. Tutkimukseeni liittyvien oppilashaastattelujen avulla selvitän myös, millaisia käsityksiä oppilaille on sähköön ja elektroniikkaan liittyvistä käsitteistä, asioista ja ilmiöistä. Tällainen tieto on mielestäni tarpeellista opetusmenetelmien ja opetussuunnitelman kehittämiseksi.

Tutkimukset osoittavat, että ennen opetusta eri-ikäisillä oppilaille käsitykset sähköstä ovat vahvasti arkiajattelun ja arkipäivän termistön mukaisia. Ne ovat siten usein ristiriidassa fysiikan käsitysten kanssa. Opetuksen jälkeenkään oppilaiden käsitykset eivät välttämättä ole muuttuneet. Tutkijat, opettajat, opetussuunnitelmat ja oppimateriaalit eivät myöskään anna yksiselitteistä kuvaa siitä, mitkä olisivat toivotut oppimistulokset elektroniikkaopetuksen jälkeen. (Mulhall, McKittrick ja Gunstone, 2001, 576–577.) Ronenin ja Eliahun (2000) mukaan oppilaille on vaikeuksia ymmärtää niitä käsitteitä, joita yksinkertaisten sähkövirtapiirien toimintaa havainnollistavissa malleissa esiintyy. Vaikeuksia on myös ymmärtää ja nähdä yhteys virtapiirien muodollisen kuvauksen ja todellisten virtapiirien välillä. (Ronen ja Eliahu 2000, 14.) Oppimista voidaan lähestyä monista eri näkökulmista ja teorialähtökohdista. Tarkastelun painopiste voi olla esimerkiksi yksilön kognitiivisissa prosesseissa, sosiaalisessa vuorovaikutuksessa tai kokemuksellisuudessa. (Esim. Nevanpää 2005, 18.) Opetusjärjestelyillä pyritään

usein ymmärtävään oppimiseen. Puhutaan myös tavoitteellisesta ja intentionaalisesta oppimisesta. Pysin tämän tutkimuksen avulla tarkastelemaan, onko vuorovaikutteisella oppimateriaalilla ja oppilaskeskeisellä, sosiaalisen vuorovaikutuksen mahdollistavalla työskentelyllä vaikutusta sähkön ja elektroniikan perusteiden ymmärtämiseen ja oppimiseen.

Tämän tutkimuksen teoreettisena taustana on käsitteellisen muutoksen tutkimus, jota tarkastelen eri teorioista käsin. Oppimisen tutkimus on osoittanut, että oppijan aikaisemmalla tietämyksellä ja sen luonteella on olennainen rooli uuden oppimisessa. Uusia asioita tarkastellaan jo varhaisesta lapsuudesta lähtien aiemmin kehittyneiden tiedon rakenteiden ja uskomusjärjestelmien varassa. Aikaisemmin opitut asiat ovat pohjana uuden oppimiselle. Toisaalta, kouluoppimista ajatellen tämä on myös ongelmallista, koska monet keskeiset luonnontieteen peruskäsitteet ja ilmiöt ovat arki-intuition vastaisia. (Mm. Ahtee 1998, 358–359; Järvelä, Häkkinen ja Lehtinen 2006, 15; Merenluoto, Eloranta ja Mikkilä-Erdman 2002, 282; Vosniadou 2002, 61.) Arkikäsitteet, jotka ovat tieteellisestä näkökulmasta katsottuna virheellisiä, ovat arkitilanteissa hyvin toimivia. Niiden varassa on kuitenkin vaikea ymmärtää myöhemmin koulussa opetettavia tieteellisiä käsitteitä. Oppija pitää usein kiinni aikaisemmista arkikokemuksiin perustuvista oletuksistaan. Tällöin nämä uskomukset siirtyvät virheellisesti uusille alueille. (Merenluoto ym. 2002, 281–282.) Jotta kouluoppiminen ja tieteellisen ajattelun omaksuminen helpottuisi, oppilaat olisi saatava tietoisiksi omista arkikäsitteistään ja edelleen kyseenalaistamaan ne.

Tässä tutkimuksessa oppilaiden käsityksiä sähköstä ja elektroniikasta tutkittiin haastattelujen avulla. Tutkimus on luonteeltaan tapaustutkimus, jonka avulla etsin syvällisempää ymmärtämistä tutkittavasta ilmiökentästä rajatussa kohdejoukossa. Koska tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden joukko on varsin pieni, ei varsinaisesta otoksesta voida puhua. Tutkimusjoukon muodostavat Säkylän yhteiskoulun seitsemännen luokan teknistä työtä opiskelevat oppilaat (29 poikaa). Tutkimus sijoittuu kasvatustieteellisen tutkimuksen kentässä toisaalta käsityö- ja teknologiakasvatukseen piiriin, mutta toisaalta myös oppimisen ja ajattelun tutkimuksen alueelle. Tätä tutkimusta tehtäessä on vältetty erilaisten painotusten ja tieteellisten reviirien vastakkainasettelua. Oppimisessa on kysymys pohjimmiltaan

lainalaisuuksista, joissa on yhteisiä piirteitä riippumatta siitä, mikä epistemologinen tai teoreettinen näkökulma valitaan.

Konstruktivistisen oppimisen teorian mukaan oppiminen nähdään aktiivisena tietojen, merkityksien ja käsityksien rakentamisena. Konstruktivistisen käsityksen mukaan (laajasti ymmärrettynä) oppimisessa on kysymys yksilön, yhteisön ja ympäristön vuorovaikutuksesta. Konstruktivistinen näkökulma oppimiseen yhdistää Piaget'n strukturalistiset kuvaukset oppimisesta ja Vygotskyn näkökulman siitä, kuinka sosiaalinen konteksti vaikuttaa yksilön tulkintaan maailmasta. Konstruktivistinen näkökulma antaa mahdollisuuden tarkastella sitä, kuinka oppilaat rakentavat käsitystään maailmasta, tieteestä, tieteellisistä menetelmistä ja omasta oppimisestaan. (Linn ja Eylon 2007, 520.) Yksilön kognitiiviset prosessit ja yksilölliset vaikuttimet ovat mukana oppimistapahtumassa. Yhteisö tuo tapahtumaan vuorovaikutusulottuvuuden. Ympäristö muodostaa kehykset oppimiselle työkaluineen ja olosuhteineen. (Nurmi ja Jaakkola 2002, 116.) Oppimiseen tulisi liittyä käsitteellinen muutos, jonka seurauksena oppijoiden tietorakenteet muuttuvat pysyvästi. Oppijat prosessoivat uutta tietoa muodostaen samalla uusia merkityksiä ja tietorakenteita. Siten heidän ymmärryksensä oppimisen kohteena olevasta asiasta lisääntyy. Oppimiseen liittyvä tiedonrakentamisprosessi on erilainen eri oppijoilla. Tieto itsessään voidaan nähdä prosessina, joka asteittain kehittyy ymmärryksen lisääntyessä. Oppimista ei siten voida mitata pelkästään mittaamalla oppimistuloksia. (Mällinen 2007, 34.) Mällisen mukaan konstruktivismi voidaan nähdä yleisenä orientaationa opettamiseen ja oppimiseen. Opettaja voi joustavasti käyttää erilaisia, myös perinteisiä ja jopa behavioristisia tekniikoita opetuksessaan, ja silti säilyttää konstruktivistisen näkökulman oppimisprosessiin. (Mällinen 2007, 22–23.)

Tässä tutkimuksessa oppiminen nähdään konstruktivistisena tiedon rakentamisprosessina. Tutkimukseen liittyvässä opiskelujaksossa elektroniikan perusteita opiskeltiin tieto- ja viestintätekniikkaa hyödyntäen. Opetusjaksoa varten suunniteltiin vuorovaikutteinen, multimedialaan perustuva PowerPoint -oppimateriaali, jonka avulla oppilaat opiskelivat elektroniikan teoriaa ja kytkentöjen tekemistä. Kytkentöjen tekemistä varten oppilailla oli käytössään opetusohjelmaan liittyvä kokeilu- ja rakentelumateriaali. Oppimateriaalin suunnittelussa olivat mukana tämän

tutkimuksen tekijä sekä kasvatustieteen opiskelijat Olli Eskelinen ja Marko Göös Turun yliopistosta. Eskelinen ja Göös suunnittelivat ja toteuttivat oppimateriaaliin liittyvät tutkimustehtävät osana omaa Pro Gradu tutkielmaansa. Itse vastasin oppimateriaalin teoriaosan suunnittelusta. Tutkimuksen kohteena olevat oppilaat työskentelivät opintojakson ajan pareittain vuorovaikutteista oppimateriaalia ja rakentelumateriaalia käyttäen. Oppilaille oli siten mahdollisuus konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisesti sosiaaliseen vuorovaikutukseen oppimistilanteessa. Myös tutkijoiden antama ohjaus oli oppilaiden saatavilla opiskelujakson ajan. Sitä tarvittiin sekä oppimateriaalin käyttöön liittyvissä ongelmatilanteissa että tehtävien ratkaisemiseen liittyvissä ongelmissa. Oppimisen kohteena olevat käsitteet ja tietorakenteet olivat erityisen haasteellisia ymmärtävän oppimisen näkökulmasta. Oppilasparin keskinäinen vuorovaikutus ja toisaalta vuorovaikutus ohjaajien kanssa olivat olennainen ja tärkeä osa tiedon konstruointiprosessia. Konstruktivismi onkin tässä yhteydessä ymmärretty laajasti, jolloin henkilö- ja parikohtainen ohjaus, ongelmatilanteiden pohtiminen yhdessä, asioiden selittäminen ja opettaminen voidaan nähdä osana tiedonrakentamisen prosessia.

Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olivat sähköön ja elektroniikkaan liittyvät käsitteet, niiden oppiminen sekä oppilaiden käsitykset sähköstä ja elektroniikasta. Oppilaiden tietämystä elektroniikan perusteista, kuten perussuureista, niiden mittaamisesta, komponenttien toiminnasta virtapiirissä sekä piirikaavioista mitattiin alku- ja lopputesteissä. Oppimisen tueksi suunniteltu vuorovaikutteinen opiskelumateriaali ja siihen liittyvä kokeilu- ja rakentelumateriaali olivat osa oppimisympäristöä. Käsitteiden oppimista ja käsitteellisen ymmärryksen muodostumista tarkasteltiin siten myös suhteessa oppimateriaaliin ja oppimisympäristöön. Tutkimuksessa onkin kehittämistutkimukselle luonteenomaisia piirteitä. Kehittämistutkimus nähdään yleisesti kasvatustieteellisenä tutkimuksena, joka tarjoaa mahdollisuuden tutkia ainutlaatuisia kasvatuksellisia ilmiöitä ja tuottaa innovaatioita hyödynnettäväksi opetuksessa sekä auttaa tutkijoita kasvatus ja opetusikäntöjen kehittämisessä. Kehittämistutkimus antaa myös mahdollisuuden kehittää ja tarkentaa kasvatustieteellisiä teorioita. (Juuti 2004, 2.)

2. Sähkön ja elektroniikan opetus perusopetuksen eri oppiaineissa

Suomessa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin (2004) ei sisälly erillistä tiede- tai teknologiaoppiainetta. Esimerkiksi Iso-Britanniassa peruskoulun yläasteen opetussuunnitelmassa (Secondary School Curriculum) suunnittelu ja teknologia (Design and Technology) on omana oppiaineena, johon sisältyy myös elektroniikan ja kommunikaatioteknologian (Electronics and Communications Technology) oppisisältöjä. Käytännössä Iso-Britanniassa elektroniikan ja kommunikaatioteknoogian sisältöjen opettaminen on saattanut kylläkin jäädä melko vähäiseksi, mutta tavoitteet näiden sisältöjen opettamisen lisäämiseksi ovat kunnianhimoiset. (Todd 2004, 90.) Suomalaisessa koulutusjärjestelmässä perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2004) on perusopetuksen osalta kansallinen kehys, jonka pohjalta opetuksen järjestäjät eli kunnat tai yksityiset tahot laativat paikallisen opetussuunnitelman. Paikallinen opetussuunnitelma voidaan laatia siten, että siinä on kuntakohtainen osio ja alueittaisia tai koulukohtaisia osioita. Opetussuunnitelman yhtenäisyys edellyttää eri opettajaryhmien yhteistyötä opetussuunnitelmaa laadittaessa. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 8.)

Suomessa sähkөөn ja elektroniikkaan liittyviä oppimistavoitteita ja oppisisältöjä löytyy perusopetuksen opetussuunnitelman perusteista (2004) käsityön, ympäristö- ja luonnontiedon, fysiikan ja kemian opetuksen sekä ihminen ja teknologia aihekokonaisuuden osa-alueilta. Ympäristö- ja luonnontieto on biologian, maantiedon, fysiikan, kemian ja terveystiedon tiedonaloista koostuva aineryhmä, jonka opetus ajoittuu vuosiluokkien 1–4 ajalle. Fysiikan ja kemian opetus ajoittuu peruskoulun vuosiluokille 5–6 sekä 7–9. Aihekokonaisuudet ovat sellaisia kasvatus- ja opetustyön keskeisiä painoalueita, joiden tavoitteet ja sisällöt sisältyvät useisiin eri oppiaineisiin. Ne toteutuvat eri oppiaineissa oppilaan kehitysvaiheen edellyttämällä tavalla, ja ne on sisällytetty eri oppiaineisiin opetussuunnitelmaa laadittaessa.

Käsityön opetus ajoittuu yhteisenä ja kaikille samansisältöisenä peruskoulun vuosiluokille 1–4. Käsityön opetukselle varattu tuntimäärä käy ilmi sekä

vuosiluokkien 1–4 että 5–9 osalta valtioneuvoston asetuksesta n:o 1435 (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 296–298). Paikallisissa opetussuunnitelmissa vuosiluokilla 5–9 taide- ja taitoaineiden (musiikki, kuvataide, käsityö, liikunta) yhteinen opetusaika voidaan jakaa näiden aineiden kesken yhteisesti kaikille oppilaille tai se, taikka osa siitä voidaan jättää oppilaskohtaisesti valittaviksi taide- ja taitoaineiden syventäviksi opinnoiksi. Jos käsityön opetusta annetaan oppilaille ns. valinnaisena oppiaineena, sen tehtävänä on syventää ja laajentaa kaikille oppilaille yhteisen käsityön sekä haluttaessa siihen liittyvien aihekokonaisuuksien tietoja ja taitoja. Tehtävänä on myös antaa oppilaille mahdollisuus syventää harrastuksiaan ja löytää uusia kiinnostuksen kohteita, sekä tukea perusopetuksen tavoitteita. (Emt. 254.) Esimerkiksi Säskylän kunnassa käsityön opetus päättyy pakollisena oppiaineena 7. luokan keväällä. Kahdeksatta ja yhdeksättä lukuvuotta varten oppilaat voivat halutessaan valita joko tekstiilityön tai teknisen työn ns. pitkänä valinnaisaineena, 2 tai 4 viikkotunnin laajuisena. Lisäksi oppilaille voidaan tarjota sekä käsityöstä että teknisestä työstä 8. lukuvuotta varten yksi lyhyt valinnaiskurssi.

2.1 Sähkö ja elektroniikka käsitteinä

Sähköoppi on fysiikan ala, joka käsittelee sähkövarauksiin ja sähkövirtoihin liittyviä ilmiöitä (Volotinen, Lesch ja Haaksikari, 1990, 12). Sähköilmiöt perustuvat sähkövaraukseen ja sen aiheuttamiin vuorovaikutuksiin. Jännite ja sähkövirta ovat sähköopin keskeisiä suureita. Jännitteellä tarkoitetaan sähkölähteen, esim. pariston napojen välistä sähköisen tilan tai potentiaaliero. Jännitteen tunnus on U ja sen yksikkö on voltti (V). Sähkövirta on varauksen liikettä. Sähkövirran tunnus on I ja sen yksikkö on ampeeri (A). Metallijohtimessa sähkövirta ja elektronit kulkevat vastakkaisiin suuntiin, koska elektronin varaus on negatiivinen, ja aikanaan sähkövirran suunta sovittiin positiivisesta navasta negatiiviseen napaan. (Lavonen, Lind, Autio ja Anttila, 1998, 10–14.)

Sähköoppia sovelletaan käytäntöön sähkötekniikan avulla. Sähkötekniikka voidaan jakaa kahteen pääosaan eli sähkövoimatekniikkaan ja elektroniikkaan. Sähkövoimatekniikkaan kuuluu sähköenergian tuottaminen, siirtäminen ja jakelu

käyttäjien (mm. teollisuus, kotitaloudet) tarpeisiin. Elektroniikan alaan kuuluu eri muodoissa olevan informaation muuttaminen sähköiseen muotoon ja sen käsitteleminen ja siirtäminen vastaanottopaikalleen. Elektroniikkaa voidaan käyttää monien laitteiden ja järjestelmien ohjaamiseen tai säätämiseen. Mm. radio- ja televisiotekniikka, tietotekniikka ja tietoliikennetekniikka kuuluvat elektroniikan alaan. (Volotinen, Lesch ja Haaksikari, 1990, 12.)

Elektroniikkaa voidaan tarkastella monesta eri näkökulmasta. Puhutaan esimerkiksi ammattielektroniikasta, kulutuselektroniikasta, harraste-elektroniikasta, viihde-elektroniikasta, toimistoelektroniikasta, sairaalaelektroniikasta, tehoelektroniikasta, sotilaselektroniikasta jne. Käsiteltävän signaalin taajuuden mukaan elektroniikka voidaan jakaa pien- ja suurtaajuustekniikkaan. Elektroniikka voidaan jaotella myös analogiseen elektroniikkaan ja digitaalielektroniikkaan eli digitaalitekniikkaan. Analogisessa elektroniikassa käsitellään signaaleja, joilla on äärettömän monia mahdollisia amplitudiarvoja. Digitaalitekniikassa käsitellään signaaleja, joilla on tavallisesti vain kaksi mahdollista amplitudiarvoa. Monissa laitteissa käytetään sekä analogista – että digitaalista elektroniikkaa. (Volotinen, ym. 1990, 14–15.) Analogisessa elektroniikassa käytetään sähkömekaanisia komponentteja (kytkimet, liittimet, sulakkeet), passiivisia komponentteja (esim. vastukset, kondensaattorit, kelat), sähkömagneettisia komponentteja (esim. mikrofonit, kaiuttimet, muuntajat) ja erilaisia puolijohdekomponentteja (diodit, transistorit). Digitaalitekniikassa käytetään edellä mainittujen komponenttien lisäksi erilaisia mikropiirejä ja mikroprosessoreita. (Emt. 22–24.)

Tässä tutkimuksessa sähkön ja elektroniikan käsitteet mainitaan useissa yhteyksissä. Tämä pitää sisällään oletuksen, että sähkö ja elektroniikka ovat toisiinsa liittyviä käsitteellisiä ilmiö- ja asiakokonaisuuksia, joilla on kuitenkin toisistaan poikkeavat käsitteelliset ilmiöt. Nämä sisällöt täydentävät toisiaan. Elektroniikka perustuu fysiikan ja erityisesti sähköopin lainalaisuuksiin: elektroniikan avulla fysiikkaa ja sähköoppia sovelletaan käytäntöön.

2.2 Käsityön opetuksen tavoitteet ja keskeiset sisällöt sähkön ja elektroniikan opetuksen näkökulmasta

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2004) eivät suoraan mainitse sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteita, sisältöjä tai kuvauksia osaamisesta, vaikka niiden voi todeta sisältyvän olennaisena osana käsityön ja erityisesti teknisen työn opetukseen. Näiden määrittäminen on jätetty opetuksen järjestäjien ja opetussuunnitelman laatijoiden vastuulle. On osittain ongelmallista, että valtakunnallisissa tavoitteissa ja sisällöissä ei ole täsmällisesti mainittu sähkөөn ja elektroniikkaan liittyviä osa-alueita. Yhtäältä tämä antaa vapautta paikallisen, omaleimaisen alueellisen ja koulukohtaisen opetussuunnitelman laatimiseen ja erilaisten painotusten toteuttamiseen. Toisaalta se asettaa sekä oppilaat että opettajat eriarvoiseen asemaan ja synnyttää aluekohtaisia eroja oppimisen mahdollisuuksissa. Opettajan tulisi opetusta suunnitellessaan olla tietoinen opetuksen selkeistä tavoitteista ja vaadittavista sisällöistä. Tämän vuoksi paikallisten opetussuunnitelmien tuleekin sisältää valtakunnallista kehystä yksityiskohtaisempaa tietoa tavoitteista ja sisällöistä sekä käsityön että muiden oppiaineiden osalta.

Taulukkoon 1 (s. 10) on koottu ja samalla tulkittu sellaisia perusasteen opetussuunnitelman perusteissa mainittuja käsityön tavoitteita, sisältöjä ja kuvauksia osaamisesta, joihin sähkön ja elektroniikan osa-alueet voidaan tulkita sisältyviksi vuosiluokilla 1–4. Taulukosta käy ilmi, että sähkөөn ja elektroniikkaan liittyvät tavoitteet ja sisällöt on ikään kuin luotava uudelleen opetussuunnitelman perusteista paikallisia ja koulukohtaisia opetussuunnitelmia varten. Tämä vaatii osaamista opettajilta ja opetussuunnitelmien suunnittelijoilta. Samalla se saa aikaan alueellisia eroja paikallisten opetussuunnitelmien painotuksissa. Taulukon 1 teksteissä tutkijan tulkinnat ja kommentit on kirjoitettu lihavoidulla fontilla.

TAULUKKO 1: Sähköön ja elektroniikkaan liittyvät tavoitteet, sisällöt ja hyvän osaamisen kuvaukset käsityössä vuosiluokilla 1–4

Tavoitteet: oppilas	Keskeiset sisällöt	Kuvaus oppilaan hyvästä osaamisesta 4. luokan päättyessä: oppilas
<p>oppii tuntemaan käsityöhön liittyviä käsitteitä ja käyttämään erilaisia materiaaleja, työvälineitä ja menetelmiä Paristot, elektroniikan komponentit, johtimet, kytkimet ja virtapiirit voidaan nähdä käsityö- tai elektroniikkarakenteluun tarkoitettuina materiaaleina.</p>	<p>keskeisiä tekstiili- ja teknisen työn materiaaleja, työvälineitä ja työtapoja</p>	
<p>oppii käsityön perustekniikoita ja tuotesuunnittelua sekä harjaantuu niiden edellyttämässä taidoissa, jolloin hänen ajattelun taitonsa ja luovuutensa kehittyvät Elektroniikka voi olla jo alaluokilta lähtien mukana osana tuotesuunnittelua oppilaiden kehitystason mahdollistamalla tavalla. Yksinkertaisen virtapiirin rakentamiseen voi liittyä suunnittelutehtävä, jossa oppilaan käytössä on erilaisia materiaaleja.</p>	<p>omien töiden suunnittelua ja sen yhteydessä suunnitelmien toteuttamiseen tarvittavien tekniikoiden kokeilua ja harjoittelua, suunnitelmien erilaisia kuvaustekniikoita sekä tuotteiden valmistamista</p>	<p>osaa ohjatusti tuottaa luovia ideoita ja kokeilla teknisiä ratkaisuja sekä suunnitella toteuttamiskelpoisen tuotteen</p>
<p>oppii valmistamaan, huoltamaan ja korjaamaan arkipäivän käytännöllisiä tuotteita</p>	<p>kotipaikkakunnalle omaleimaisia, sekä vanhoja että moderneja käsityötuotteita, -välineitä, -materiaaleja ja työtapoja niihin liittyvine harrastuksineen ja ammatteineen tulevaisuuden mahdollisuuksina sekä piirteitä lähiympäristössä mahdollisesti vaikuttavien muiden kulttuurien käsityöperinteestä</p>	
<p>oppii ottamaan vastuuta omasta esineympäristöstään ja ymmärtää, että tuotteilla on elinkaari</p>	<p>oppilasta lähellä olevia, luonnossa ja rakennetussa ympäristössä esiintyviä ilmiöitä ja niiden teknologisia sovelluksia</p>	
<p>tutustuu tietoteknisten välineiden käyttöön käsityöprosessin eri vaiheissa ja erilaisissa oppimisympäristöissä</p>	<p>materiaalien ja tuotteiden huolto, kunnostus ja korjaus sekä kierrätys ja uudelleen käyttö</p>	
<p>oppii vähitellen hallitsemaan koko käsityöprosessin</p>		<p>työskentelee ohjattuna tarkoituksenmukaisesti suunnitelmaansa toteuttaen ja työturvallisuuden huomioon ottaen</p>
<p>tutustuu arkielämään liittyvään teknologiaan Yksinkertainenkin arkiteknologia sisältää usein elektroniikkaa (esim. taskulamppu). Sähkö on monien kodin laitteiden käyttövoima. Niiden toimintaperiaatteisiin tutustuminen voi alkaa jo alaluokilla</p>		<p>ymmärtää elinympäristön teknologisia toimintaperiaatteita</p>

Valtakunnallisen perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) mainitaan vuosiluokilla 5–9 yhdeksi käsityön opetuksen ydintehtäväksi ja tavoitteeksi sen, että oppilas kykenee opetuksen edetessä ottamaan yhä paremmin haltuunsa koko käsityöprosessin:

Käsityön opetuksen ydintehtävänä vuosiluokilla 5–9 on syventää ja kartuttaa oppilaan käsityötietoja ja -taitoja siten, että hän kykenee entistä itsenäisemmin tekemään tarkoituksenmukaisia materiaali-, työtapo- ja työvälinevalintoja käsityöprosessin eri vaiheissa. Häntä rohkaistaan luovaan suunnitteluun ja itseohjautuvaan työskentelyyn...

(Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 241.)

Vuosiluokilla 5–9 käsityön opetus käsittää kaikille oppilaille yhteisesti sekä teknisen työn että tekstiilityön sisältöjä, minkä lisäksi oppilaalle voidaan antaa mahdollisuus painottua käsityöopinnoissaan kiinnostuksensa ja taipumustensa mukaan joko tekniseen työhön tai tekstiilityöhön (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 241–242.)

Tavoitteet:

Oppilas

- *perehtyy suomalaiseen ja soveltuvin osin myös muiden kansojen muotoilu-, käsityö- ja teknologiakulttuuriin saaden siten ainesta oman identiteettinsä rakentamiseen ja omaan suunnittelutyöhönsä*
- *perehtyy perinteiseen ja nykyaikaiseen teknologiaan liittyviin tietoihin ja taitoihin, joita voi soveltaa arkielämässä, jatko-opinnoissa, tulevaisuustyötehtävissä ja harrastuksissa*
- *oppii ottamaan kantaa teknologian kehittymiseen ja sen merkitykseen ihmisten, yhteiskunnan ja luonnon hyvinvoinnissa*

Elektroniikan näkökulmasta kännykät ovat osa oppilaille tuttua, suomalaista muotoilu- ja teknologiakulttuuria. Nokian kännykkä on oppilaille tuttu ja arvostettu innovaatiotuote, joka perustuu nykyaikaiseen elektroniikkaa ja tietotekniikkaa hyödyntävään teknologiaan. Esimerkiksi sen kautta voidaan tarkastella teknologian merkitystä ihmisten ja yhteiskunnan sekä luonnon hyvinvoinnille. Luonnon hyvinvointi tulee esille kännyköiden valmistusprosessissa ja tuotteiden elinkaariajattelussa (kierrätys, materiaalien uusiokäyttö).

*Keskeiset sisällöt,
käsityön yhteiset sisällöt:*

- *Tuote- ja prosessi-ideointi*
- *käsityössä esiintyvien ongelmien ja sovellusten yhteys muihin oppiaineisiin, muun muassa kuvataiteisiin, luonnontieteisiin ja matematiikkaan*

Elektroniikan osalta suunnittelu edellyttää piirikaavioiden ymmärtämistä ja elektroniikan komponenttisyömböleiden käyttöä. Suunnittelu ja ongelmien ratkaisu saattaa edellyttää erilaisten suureiden tai komponenttien arvojen määrittämistä matematiikan tai fysiikan keinoin.

Teknisen työn sisällöt:

Visuaalinen ja tekninen suunnittelu

- *tekninen piirtäminen, mallintaminen ja tietotekniikan sovelluksia suunnittelussa*
 - *erilaisten materiaalien tarkoituksenmukainen ja luova käyttö eri käyttötarkoituksissa ja eri tekniikoin*
 - *rakennettu ympäristö ja erilaiset tuotteet sekä niiden sisältämä symbolinen merkitys eli viesti*
 - *erilaisten laitteiden toimintaperiaatteita, rakenteita, teknologisia käsitteitä ja järjestelmiä sekä niiden sovelluksia*
- Valmistaminen:*
- *teknisen työn eri materiaaleja ja valmistustekniikoita sekä niiden luova valinta, yhdistäminen ja työstäminen*
 - *Monipuolista laiterakentelua*
 - *kodin ja vapaa-ajan välineiden huolto, kunnostus ja kierrätys*

Elektroniikka antaa yhdistettynä eri materiaalien kanssa mahdollisuuksia erilaisiin käyttötarkoituksiin niin, että tarkoituksenmukaisuus ja luova käyttö yhdessä johtavat hyvään ja toimivaan lopputulokseen. Erilaisissa laitteissa elektroniikalla on usein keskeinen merkitys laitteiden toimintaa ajatellen. Laitteiden huolto ja korjaus vaatii usein elektroniikan ja sähkön peruseriaatteiden tuntemusta.

Päättöarvioinnin kriteerit arvosanalle 8:

*Visuaalinen ja tekninen suunnittelu,
oppilas*

- *havaitsee myös itsenäisesti ongelmia, kehittää luovasti ideoita ja suunnittelee ohjatusti tuotteita, joissa on pyritty ottamaan huomioon käytettävissä oleva aika, välineet, materiaalit, tuotteiden esteettisyys, ekologisuus, kestävyys, taloudellisuus ja tarkoituksenmukaisuus*

- *dokumentoi suunnitelman esimerkiksi kuvallisesti, sanallisesti, näyttein, pienoismallin avulla tai muulla tavoin siten, että siitä käy ilmi, millainen idea on ja millä tavoin se on tarkoitus valmistaa*
 - *osaa ohjatusti käyttää suunnittelussaan aineksia suomalaisesta ja muiden kansojen muotoilu-, käsityö- ja teknologiakulttuureista*
- Valmistaminen,*
oppilas
- *osaa työskennellä tavoitteisesti yksin tai tiimeissä*
 - *osaa ohjatusti käyttää työssään kehittynyttä teknologiaa ja ymmärtää teknologian käsitteitä, järjestelmiä ja niiden sovelluksia*
 - *osaa soveltaa muissa oppiaineissa oppimaansa tietoa ja taitoa*

Havaitessaan ongelman, johon haluaa lähteä hakemaan ratkaisua, oppilas voi käyttää apuna tietojaan ja taitojaan, joita hänellä on sähkön ja elektroniikan osa-alueilta. Monenlaisissa ongelmissa ratkaisu saattaa sisältää ainakin osaksi juuri nykyaikaista teknologiaa, jossa elektroniikka ja sen sovellukset ovat tärkeänä osana. Suunnitelmaansa dokumentoidessaan oppilaan on hyvä hallita esimerkiksi elektroniikan piirrosmerkit ja komponenttisyömbolit, joiden avulla kytkentäkaavion tekeminen halutusta laitteesta tai sen osasta on mahdollista. Alakoulun ylempillä luokilla ja seitsemännellä luokalla sisältöihin voi ottaa mukaan myös mikropiireihin perustuvaa teknologiaa.

Itsearviointi ja prosessin pohdinta,
oppilas

- *kykenee ohjatusti tarkastelemaan omaa työskentelyään ja oppimistaan*
- *havaitsee vahvuuksia ja heikkouksia prosessissa ja tuloksissa*
- *osoittaa arvioinnissa kritiikinsietokykyä ja haluaa suunnata toimintaansa palautteen mukaisesti*
- *arvioi ideoitaan ja tuotteitaan esteettisin, taloudellisin ekologisin ja tarkoituksenmukaisuuskriteerein*
- *ymmärtää teknologian, kulttuurin, yhteiskunnan ja luonnon välisiä riippuvuuksia*
- *muodostaa realistisen kuvan taidoistaan ja kehittymismahdollisuuksistaan*

Vaikka opetussuunnitelman perusteet eivät teknisen työn osalta sisälläkään suoria sähkön ja elektroniikkaan liittyviä oppimistavoitteita ja sisältöjä, ovat ne sieltä johdettavissa. Toisaalta olemassa oleva tilanne antaa kuntien vastuullisille opetussuunnitelmien suunnittelijoille ja aineenopettajille melko väljät raamit toteuttaa opetussuunnitelman perusteiden mukaista opetusta. Tämä asettaa samalla kunnat, koulut ja oppilaat eriarvoiseen asemaan oppimisen arvioinnin suhteen. Kun vallalla tuntuu olevan ajatus arvioinnin yhtenäistämisestä, tulisi myös

opetussuunnitelman olla tässä suhteessa selkeä. Keskeiset tavoitteet ja sisällöt ja arvioinnin kriteerit olisi oltava selkeästi ilmaistuna opetussuunnitelman perusteissa, jos todella halutaan pyrkiä entistä yhtenäisempään arviointiin. Tämä koskee sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteiden ja sisältöjen lisäksi kaikkia muitakin käsityön osa-alueita.

2.3 Aihekokonaisuudet teknisessä työssä sähkön ja elektroniikan opetuksen näkökulmasta

Aihekokonaisuudet ovat perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2004) sellaisia kasvatus- ja opetustyön keskeisiä painoalueita, joiden tavoitteet ja sisällöt sisältyvät useisiin oppiaineisiin. Niiden tarkoitus on eheyttää opetusta ja ohjata tarkastelemaan ilmiöitä eri tiedonalojen näkökulmista rakentaen kokonaisuuksia ja korostaen yleisiä kasvatuksellisia ja koulutuksellisia päämääriä. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 36.) Ihminen ja teknologia aihekokonaisuus sisältää sellaisia tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä, joiden voidaan ajatella tukevan myös teknisen työn opetuksen sähköön ja elektroniikkaan liittyviä sisältöjä. Ihminen ja teknologia aihekokonaisuuden päämääränä on auttaa oppilasta ymmärtämään ihmisen suhdetta teknologiaan ja auttaa näkemään teknologian merkitys arkielämässä. Aihekokonaisuuden tavoitteiden mukaisesti oppilaiden tulisi mm. oppia ymmärtämään teknologiaa, sen kehittämistä ja vaikutuksia eri elämänalueilla. Heidän tulisi oppia käyttämään tietoteknisiä laitteita ja ohjelmia sekä tietoverkkoja erilaisiin tarkoituksiin, sekä ottamaan kantaa teknologisiin valintoihin ja arvioimaan tämän päivän teknologiaan liittyvien päätösten vaikutuksia tulevaisuuteen. Keskeisiin sisältöihin puolestaan kuuluvat mm. teknologia arkielämässä, yhteiskunnassa ja tuotantoelämässä. Sisältöihin kuuluvat myös teknologisten ideoiden kehittäminen, mallintaminen, arviointi ja tuotteiden elinkaari, tietotekniikan ja tietoverkkojen käyttö, sekä tulevaisuuden yhteiskunta ja teknologia. (Emt. 40–41.) Nykyisellään elektroniikka, tietotekniikka ja automaatioteknologia yhdistyvät erityisen merkityksellisellä tavalla juuri erilaisten arkipäivään liittyvien teknologisten laitteiden ja uusien innovaatioiden kehittämisessä. Ihmisen arkipäivää helpottamaan ja elämänlaatua parantamaan kehitetään yhä tehokkaampia ja edullisempia laitteita. Näistä ovat hyvinä esimerkkeinä erilaiset mobiililaitteet, kuten kännykät, tietokoneet,

GPS navigaattorit, vanhusten turvahälyttimet ym. Tuotteiden elinkaari jää lyhyeksi kehityksen edetessä hurjaa vauhtia: esimerkiksi erilaisten muistikorttien tallennuskapasiteetti on noussut muutamassa vuodessa moninkertaiseksi ja samalla niiden hinta on laskenut melkoisesti suhteessa kapasiteettiin. Sähkön ja elektroniikan opetuksen merkityksen sekä selkeiden tavoitteiden ja sisältöjen pitäisi näkyä myös aihekokonaisuuksien osalta perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, koska kyseisten teknologian alueiden merkitys yhteiskunnassa on kasvanut niin suureksi.

2.4 Sähköoppi ja elektroniikka käsityön opetuksessa Säkylän kunnan vuosiluokkien 1–9 opetussuunnitelmassa

Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelman kuntakohtaisen osion (2005) mukaan elektroniikan opetus alkaa 4. luokalla elektroniikan alkeista. Keskeisinä sisältöinä ovat juottaminen ja virtapiiri. Neljännen luokan keväällä oppilaat valitsevat painotusalueeksi joko tekstiilityön tai teknisen työn viidettä, kuudetta ja seitsemättä lukuvuotta varten. 7. luokalla on ns. vaihtotyöskentely, jolloin oppilaat pääsevät tutustumaan oman painotusalueensa mukaisesti siihen painotusalueeseen, jota itse ei varsinaisesti opiskele. (Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelma, kuntakohtainen osio 2005, 243–244.) Viidennellä ja kuudennella luokalla käsityönopetuksen yleisenä kuntakohtaisena tavoitteena on mm. oman suunnittelun lisääminen ja omakohtainen ongelmanratkaisu. Keskeisenä elektroniikkaan liittyvänä kuntakohtaisena sisältönä viidennellä luokalla on elektroniikan peruskäsitteiden oppiminen: johde, vastus, eriste ja virtapiiri. Kuudennelle luokalle ei ole määritelty elektroniikan opetukseen liittyviä sisältöjä. (Emt. 245–246.) Seitsemännen luokan teknisessä työssä opetuksen sisältö muodostuu teknisen työn eri osa-alueista, joita ovat metallityö, puutyö, elektroniikka sekä kone- ja sähköoppi, tietotekniikka ja erilaiset teknologian sovellukset. Osa-alueita opetetaan osittain itsenäisinä kokonaisuuksina perustaitojen oppimiseksi. Projekteissa voidaan integroida eri osa alueita. (Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelma, kuntakohtainen osio 2005, 250–251.) Säkylän kunnan perusasteen opetussuunnitelman kuntakohtaisessa osiossa 7. luokan teknisen työn elektroniikan oppisisällöissä on määritelty opetettavat asiat seuraavasti (emt. 251):

Elektroniikka ja sähköoppi

- perussuureet JÄNNITE, VIRTAA JA RESISTANSSI
- perussuureiden mittaaminen yleismittarilla
- tavallisimmat elektroniikan komponentit ja niiden toiminta virtapiirissä
- elektroniikan piirrosmerkit ja yksinkertaiset kytkentäkaaviot
- piirilevyn valmistaminen piirtämis- ja syövytystekniikalla
- elektroniikkarakentelua
- kodin sallitut sähkötyöt, sähköturvallisuus

Säkylän yhteiskoulun opetussuunnitelmassa on lisäksi mainittu 7. luokan teknisen työn opetuksen sisällöissä, että tutustutaan atk-pohjaiseen piirilevynsuunnitteluun ja koekytkentälevyn käyttöön elektroniikkarakentelussa (Säkylän yhteiskoulun opetussuunnitelma 2005, 164). Aihekokonaisuuksien osalta mainitaan (ihminen ja teknologia), että elektroniikan ja sähkötekniikan perusteita opiskeltaessa opitaan samalla nykyteknologian keskeisiä perussisältöjä (emt. 163).

2.5 Sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteet ja sisällöt ympäristö- ja luonnontiedon sekä fysiikan ja kemian opetuksessa

Ympäristö- ja luonnontiedon opetus tukeutuu tutkivaan ja ongelmakeskeiseen lähestymistapaan, jossa lähtökohtana ovat oppilaan ympäristöön ja oppilaaseen itseensä liittyvät asiat, ilmiöt ja tapahtumat sekä oppilaan aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset. Kokemuksellisen ja elämyksellisen opetuksen avulla oppilaalle kehittyy myönteinen ympäristö- ja luontosuhde.

(Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 168.)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa ei ole ympäristö- ja luonnontiedossa kovin selkeästi sähkөөn tai elektroniikkaan liittyviä tavoitteita. Sisällöistä mainitaan osana ympäristön ilmiöitä magneettiset ja sähköiset ilmiöt. Kuvaus hyvästä osaamisesta 4. luokan päättyessä sisällyttää oppilaan hyvään osaamiseen seuraavaa: oppilas osaa rakentaa yksinkertaisen virtapiirin pariston, lampun ja johtimien avulla sekä tuntee kodissa käytettäviä sähkölaitteita: hän ymmärtää, että sähkön käyttöön liittyy vaaroja ja osaa käyttää sähkölaitteita turvallisesti. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 168–171.)

TAULUKKO 2: Sähköön ja elektroniikkaan liittyvät tavoitteet, sisällöt ja hyvän osaamisen kuvaukset peruskoulun ympäristö- ja luonnontiedossa vuosiluokilla 1–4

Tavoitteet: oppilas oppii	Keskeiset sisällöt: ympäristön ilmiöitä	Kuvaus oppilaan hyvästä osaamisesta 4. luokan päätyessä: oppilas
hankkimaan tietoa luonnosta ja ympäristöstä havainnoimalla, tutkimalla ja erilaisia lähdeaineistoja käyttämällä	yksinkertaisten laitteiden toimintaperiaatteita ja erilaisten rakenteiden lujuuden tutkiminen	osaa käyttää keskeisiä käsitteitä ja hahmottaa käsitteitä kokonaisuuksina
tekemään havaintoja eri aisteja ja yksinkertaisia tutkimusvälineitä käyttäen sekä kuvailemaan, vertailemaan ja luokittelemaan havaintojaan	magneettisia ja sähköisiä ilmiöitä	osaa rakentaa yksinkertaisen virtapiirin pariston, lampun ja johtimien avulla sekä tuntee kodissa käytettäviä sähkölaitteita: hän ymmärtää, että sähkön käyttöön liittyy vaaroja ja osaa käyttää sähkölaitteita turvallisesti
tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita		

Fysiikan ja kemian opetuksen lähtökohdat ja tavoitteet ovat 5. ja 6. luokan osalta melko yleisluonteisia:

Fysiikan ja kemian opetuksen lähtökohtana ovat oppilaiden aikaisemmat tiedot, taidot ja kokemukset sekä ympäristön kappaleista, aineista ja ilmiöistä tehdyt havainnot ja tutkimukset, joissa edetään kohti fysiikan ja kemian peruskäsitteitä ja periaatteita

(Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 186.)

Opetussuunnitelman perusteissa ei ole viidennelle ja kuudennelle luokalle erikseen määritelty sähkön ja elektroniikan oppimistavoitteita. Tavoitteina on kuitenkin mainittu, että oppilas oppii tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 186.) Näiden tavoitteiden voi tulkita koskevan myös sähköilmiöitä ja sähköön liittyvien suureiden mittaamista. Toisaalta esimerkiksi jännitteen mittaamista ei ole erikseen mainittu keskeisissä sisällöissä eikä myöskään hyvän osaamisen kuvauksissa 6. luokan

päätyessä. Energiaan ja sähköön liittyvinä sisältöinä mainitaan kuitenkin mm. sähköturvallisuus ja sähkön tuotantotavat. Samoin osaamiskuvauksissa on taulukon 3 mukaisesti muutamia energiaan ja sähköön liittyviä hyvän osaamisen kuvauksia. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 186–187.)

TAULUKKO 3: Fysiikan ja kemian sähköön liittyvät tavoitteet ja oppisisällöt vuosiluokilla 5–6 sekä hyvän osaamisen kuvaukset 6. luokan päätyessä

Tavoitteet: oppilas oppii	Keskeiset sisällöt: energia ja sähkö	Kuvaus oppilaan hyvästä osaamisesta 6. luokan päätyessä: oppilas
tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä pohtimaan tiedon luotettavuutta		
tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita		
tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia ja niiden välisiä riippuvuuksia	lämmön, valon ja liikkeen aikaansaaminen sähkön avulla sekä sähköturvallisuus	tuntee eri jännitelähteitä, kuten paristo ja akku sekä osaa tehdä kokeita, joissa sähköä käytetään valon, lämmön ja liikkeen aikaansaamiseen
käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa fysiikan ja kemian alaan kuuluvia käsitteitä	erilaisia sähkön ja lämmön tuotantotapoja sekä energiavarat	tietää, että sähköä ja lämpöä voidaan tuottaa erilaisten luonnonvarojen avulla sekä osaa luokitella luonnonvaroja uusiutuviin ja uusiutumattomiin

Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelman kuntakohtaisissa sisällöissä fysiikkaan liittyvät energian ja sähkön oppisisällöt on ajoitettu kuudennelle luokalle (Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelma, kuntakohtainen osio 2005, 147):

Energia ja sähkö

- *eri energialähteitä*
- *energiantuotanto*
- *maapallon energiavarat*
- *lämmön, valon ja liikkeen aikaansaaminen sähköön avulla*
- *sähköturvallisuus (koneet, laitteet, sulake, ukkonen)*

TAULUKKO 4: Fysiikan sähköön liittyvät tavoitteet ja oppisisällöt vuosiluokilla 7–9 sekä päättöarvioinnin kriteerit arvosanalle 8

Tavoitteet: oppilas oppii	Keskeiset sisällöt: sähkö	Päättöarvioinnin kriteerit arvosanalle 8: oppilas
havaintojen, mittauksien ja päätelmien tekemistä, vertailua ja luokittelua, hypoteesin esittämistä ja sen testaamista sekä tulosten käsittelyä, esittämistä ja tulkitsemista myös tieto- ja viestintätekniikkaa hyväksi käyttäen	kappaleiden väliset sähköiset ja magneettiset voimat	osaa sähkölaitteiden ja lämpöä tuottavien laitteiden turvallisen ja taloudellisen käytön periaatteet sekä osaa arvioida ja laskea eritehoisten sähkölaitteiden käyttökustannuksia
käyttämään tarkoituksenmukaisia käsitteitä, suureita ja yksiköitä kuvatessaan fysikaalisia ilmiöitä ja teknologiaan kuuluvia asioita	tasavirtapiiri ja virtapiirin perusilmiöt sekä näiden ilmiöiden soveltaminen turvallisesti jokapäiväisessä elämässä ja tekniikassa	Ymmärtää jännitteen ja sähkövirran välisen yhteyden suljetussa virtapiirissä ja vastuksien vaikutuksen sähkövirran suuruuteen sekä osaa tehdä ennusteita virtapiirin toiminnasta ja käyttää kytkentäkaaviota virtapiirin mallina
	sähkömagneettinen induktio ja sen käyttö energian siirrossa sekä sähköön käyttö kotona	tuntee sovelluksia kuten sähkölaitteet ja sähköinen viestintä
tuntemaan luonnonilmiöitä ja prosesseja ja niissä tapahtuvia energiamuutoksia, erilaisia luonnon rakenteita ja rakenteiden vuorovaikutuksia sekä ymmärtämään ilmiöiden syy-seuraussuhteita		tuntee sähköön tuotantoon ja siirtoon liittyviä prosesseja, osaa selittää energian muuntumisen voimalaitoksessa sekä arvioida erilaisten voimalaitosten hyötyjä ja haittoja

Vuosiluokilla 7–9 fysiikan opetus ohjaa oppilasta luonnontieteelliseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen

arviointiin. Opetuksen tarkoituksena on antaa oppilaalle valmiuksia käyttää fysiikan ja teknologian tiedonalaan kuuluvista asioista ja ilmiöistä tarkoituksenmukaisia käsitteitä, sekä auttaa oppilasta ymmärtämään fysiikan ja teknologian merkitys jokapäiväisessä elämässä ja yhteiskunnassa. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 189.)

TAULUKKO 5: Fysiikan sähköön ja elektroniikkaan liittyvät oppisisällöt Säkylän yhteiskoulun 7.–9. luokan opetussuunnitelmassa

Sähkövaraus	Virtapiiri	Mittalaitteet ja kytkennät	Komponentin resistanssi
<ul style="list-style-type: none"> - jännitemittari, virtamittari - paristojen kytkennät, kokonaisjännite - lamppujen kytkennät, lamppujen läpi kulkevien virtojen suuruudet 	<ul style="list-style-type: none"> - jännitteen käsite, tunnus ja yksikkö - sähkövirran käsite, tunnus ja yksikkö - avoin ja suljettu virtapiiri - johteet, eristeet - laitteiden ja komponenttien piirrosmerkkejä - sähköturvallisuus 	<ul style="list-style-type: none"> jännitemittari, virtamittari - paristojen kytkennät, kokonaisjännite - lamppujen kytkennät, lamppujen läpi kulkevien virtojen suuruudet 	<ul style="list-style-type: none"> - resistanssin käsite, tunnus ja yksikkö - vastus, vastusten kytkennät - sulake - kokonaisresistanssin määrittäminen laskemalla - jännitteen, virran ja resistanssin yhteys - kokonaisresistanssin määrittäminen laskemalla - yksinkertaisia virtapiirilaskuja
Sähköenergia ja sähköteho	Kestomagneetti	Sähkömagneetti	Sähkön tuotanto ja siirto
<ul style="list-style-type: none"> - sähkölaitteen käyttämä energia - sähkölaitteen teho - sähkölaitteen käyttökustannukset 	<ul style="list-style-type: none"> - magneettinen voima - magneettikenttä - maan magneettikenttä, revontulet 	<ul style="list-style-type: none"> - virtajohtimen magneettikenttä - käämi - sähkömagneetti ja sen hyötykäyttö 	<ul style="list-style-type: none"> - voimalaitosten toimintaperiaatteita - energiantuotannon suunnittelu - energiantuotannon päästöt - induktio - generaattori, vaihtojännite - muuntaja

Säkylän yhteiskoulussa sähköön ja elektroniikkaan liittyvät fysiikan oppisisällöt ajoittuvat kunnan ja koulun opetussuunnitelman mukaisesti 9. luokan oppisisältöihin. Opetussuunnitelmassa sisällöt on lueteltu erittäin yksityiskohtaisesti ja kattavasti (taulukko 5). Niissä on paljon yhteneväisyyksiä Yhteiskoulun teknisen työn 7. luokan sähkön ja elektroniikan oppisisältöihin. Lisäksi

9. luokan fysiikan oppisisältöihin kuuluu luonnon rakenteet alaotsikon alla seuraavat asiakokonaisuudet:

Aineen rakenne

- *luonnon rakenteet ja mallit, suuruusluokat*
- *ytimen rakenne, ydinenergia*
- *fissio ja fuusio*

Säteily

- *sähkömagneettinen säteily*
- *ydinsäteily*
- *säteilyn vaimeneminen*
- *radioaktiivisuus, aktiivisuuden yksikkö*
- *puoliintumisaika*
- *säteilyannos*
- *säteilyn vaikutukset elolliseen luontoon, säteilynsuojelu*
- *radioaktiivisten aineiden ja säteilyn hyötykäyttö*

Teknistä työtä ajatellen fysiikassa sähköön liittyvien oppisisältöjen ajoittumisessa 9. luokan opetukseen ongelmallista on, että oppilaille pakollinen teknisen työn opiskelu päättyy 7. luokan keväällä. Näin yläkoulun osalta teknisen työn ja fysiikan sähkön ja elektroniikan sisältöjen integroiminen toimii ainakin meillä Säkylässä mielestäni puutteellisesti. Oppiaineet eivät tällä kohdin tue toisiaan parhaalla mahdollisella tavalla.

2.6 Pohdintaa sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteista ja sisällöistä eri oppiaineissa

Alakoulujen ympäristö ja luonnontiedon opetus tukee valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteiden näkökulmasta varsin vähän sähkön ja elektroniikan sisältöjen oppimista. Fysiikan opetuksessa viidennen ja kuudennen luokan oppisisällöissä on jonkin verran sähkön ja elektroniikan oppisisältöjä. Yläkoulun 7.–9. luokkien fysiikan opetuksen tavoitteet sähkön ja elektroniikan osalta jäävät hyvin yleisluonteisiksi. Sisällöissä ja päättöarvioinnin kriteereissä annetaan jo hieman konkreettisia esimerkkejä sisällöistä ja vaadittavasta osaamisesta. Kuntien, koulujen ja opetussuunnitelman työstämisestä vastuussa oleville opettajille jää lopultakin vastuu käytännössä siitä, kuinka sähkön ja elektroniikan opetuksen tavoitteet ja sisällöt ajoitetaan yläkoulun vuosiluokkien osalle, ja kuinka

yksityiskohtaisesti ja täsmällisesti ne määritellään. Säkylän yhteiskoulun opetussuunnitelmassa erityisesti sähköön liittyvät fysiikan oppisisällöt on määritelty kattavasti ja yksityiskohtaisesti. Fysiikan opetuksessa oppikirjoilla on myös keskeinen rooli siinä, millä luokilla kyseiset sisällöt käsitellään. Säkylän yhteiskoulussa on 7.–9. luokan opetuksessa käytössä oppikirjana Aine ja Energia, fysiikan tietokirja (Aspholm, Hirvonen, Lavonen, Penttilä, Saari, Viiri ja Hongisto 2006). Kyseinen kirja on tarkoitettu koko yläkoulun fysiikan opetuksen ajaksi. Siinä sähköön ja elektroniikan oppisisällöt on ajoitettu opetussuunnitelman kanssa yhtenevästi 9. luokalle. Oppikirja toimiikin erinomaisena tukena opettajalle opetussuunnitelman tavoitteita ja sisältöjä opettaessa.

Aineenopettajien perustutkintokoulutus (myös teknisen työn opettajankoulutus) antaa opettajille sisällölliset ja ainekohtaiset perusvalmiudet oppisisältöjen ja tavoitteiden suunnitteluun, minkä tarve korostuu erityisesti teknisen työn opetuksessa. Opettajilla on työuran alettua mahdollisuus kehittää ammatillista osaamistaan eri osa-alueilla. Elektroniikasta on tietoa ja kirjallisuutta, mutta meillä Suomessa sen opettamisesta on empiiristä tutkimusta vähän. Peruskoulun opetuksen opas: TEKNINEN TYÖ (1988) jäsentelee sähköopin ja elektroniikan opetuksen sisältöjä melko yksityiskohtaisesti. Se kuvaa elektroniikan opetusta aihekokonaisuuksien, aihepiirien ja projektien näkökulmista. Oppaan rinnalle tarvitaan uutta tietoa erityisesti teknisen työn elektroniikkaopetuksen sisältöjen ja pedagogisten käytäntöjen kehittämiseksi. Elektroniikka omaksi: Aine ja energia (Lavonen, Lind, Autio ja Anttila, 1998) tarjoaa erinomaista ja käytännönläheistä tietoa sähköön ja elektroniikan perusteista. Tässä tutkimuksessa käytetty oppimateriaali onkin kehitetty paljolti kyseiseen kirjaan tukeutuen.

3. Teknisen työn elektroniikkaopetus käytännössä

Elektroniikan opetukseen ja opiskeluun liittyvän käsityön tuottamistoiminnan onnistumisen edellytyksenä on riittävä perustietämys elektroniikasta. Oppilaan on hallittava elektroniikkaan liittyvää käsitteistöä ja tunnettava elektroniikan komponentteja sekä niiden toimintaa. Teorian oppiminen ei ole käsityöoppiaineen yhteydessä itsetarkoitus, vaan sen on oltava osa kokonaisuutta ja käytäntöä.

Käsityöhön liittyy olennaisesti tuottamistoiminta, jossa hyödynnetään tarvittavaa teorian tietämystä sekä työskentelyä erilaisten materiaalien parissa:

Ohjattaessa oppilasta kohti projektikäsityötapahtuman valmiuksia on huomioitava kohdekäsityönä oppilaalle opetettava uusi ja sisäistettävä orientaatiooperusta. Tämän avulla oppilaan on mahdollista visioida osin omaa käsityötään.

(Metsärinne 2004, 11.)

Esimerkiksi LED-valaisimen suunnittelussa ja toteutuksessa oppilas tarvitsee tietoa LEDien toimintaperiaatteista, virrankulutuksesta, kytkentätavoista jne. Valaisimen kotelo suunnitellessaan ja valmistaessaan hän tarvitsee tietoa erilaisista materiaaliveitohdoista ja niiden työstämistavoista. Elektroniikka on olennainen osa nykyteknologiaa ja samalla arkielämää. Elektroniikan ja sähkötekniikan perusrakenteiden tunteminen ja toimintaperiaatteisiin tutustuminen kehittävät arkipäiväisten sähkölaitteiden tuntemusta ja erilaisten ongelmien ratkaisukykyä. (Lavonen ym. 1998, 3.)

Elektroniikan teorian opettaminen opettajajohtoisesti ei kokemukseni mukaan motivoi oppilaita. Oppilaat tulisikin saada aktiivisesti itse mukaan oppimisprosessiin. Jos oppilailla ei ole teoreettista tietämystä elektroniikasta, myös käytännön työskentely jää pinnalliselle tasolle. Tällöin valmiita rakenteluserjoja kootaan ohjeiden mukaisesti ja komponentteja juotetaan piirilevyille. Kalliisiin materiaaleihin ja rakenteluserjoihin sijoitettu raha ei palvele tarkoitustaan, kun syvällistä oppimista ei tapahdu. Elektroniikkarakentelu saattaa käydä oppilaille turhauttavaksi, jos heillä ei ole valmiuksia ymmärtää valmistamiensa laitteiden toimintaa. Esimerkiksi vian etsimien oppilaan rakentamasta kytkennästä vaatii tietoa sähkövirran kulusta ja komponenttien toiminnasta virtapiirissä. Piirilevyille rakennettu elektroninen kytkentä sisältää usein herkkiä komponentteja, joiden juotosetäisyydet toisistaan ovat pienet. Sen vuoksi huolellisestikaan rakennettu kytkentä ei aina toimi. Opettajan pöydälle kertyy helposti oppilaiden toimimattomia rakennelmia, jotka odottavat opettajalta niiden tutkimiseen liikenevää aikaa. Tämän ongelman ratkaisemiseksi tarvitaan oppimateriaalien ja opetuskäytäntöjen kehittämistä oppilaiden osaamisen, motivaation ja taitojen lisäämiseksi. Opetusteknologian kehittyessä opettajalle ja oppilaille olisi tarjolla tietoteknisiä sovelluksia, joiden avulla voidaan mallintaa

elektronisia kytkentöjä ja suunnitella erilaisia laitteita, niiden piirikaavioita ja piirilevyjä. Tällaisten kalliiden sovellusten hankkimiseen eivät kaikkien koulujen resurssit kuitenkaan riitä.

3.1 Tieto- ja viestintäteknikka sekä ohjaus- ja säätötekniikan sovellukset perinteisen elektroniikan opetuksen rinnalla

Elektroniikan opetus on viime vuosina monipuolistunut. Se on muuttunut sähköopin perusteiden ja erillisten komponenttien toiminnan opiskelusta ja rakennussarjojen kokoamisesta yhä enemmän tieto- ja viestintäteknikkaa sekä erilaisia ohjaus- ja säätötekniikan sovelluksia hyödyntäväksi elektroniikan teknologiaopetuksiksi. Ohjaus- ja säätötekniikan sovelluksilla tarkoitetaan elektroniseen systeemiajatteluun perustuvaa tekniikkaa, jonka vaiheet ovat syöttö (Input), prosessi (Process) ja ulostulo (Output). Systeemiajattelussa monimutkaisia elektroniikkaan perustuvaa toiminnallista kokonaisuutta tarkastellaan sarjana osasysteemejä: osasysteemejä tarkastelemalla on helpompaa ymmärtää, kuinka kokonaisuus toimii. Samalla voidaan pohtia vaihtoehtoisia tapoja muodostaa tuo haluttu kokonaisuus. Tällaiset osasysteemit ovat toiminnallisia yksiköitä, esimerkiksi erilaisia antureita, antureiden toimintoja kontrolloivia prosessiyksiköitä, tai toimintamoduuleita, jotka toimivat prosessiyksikön ohjauksessa. Systemin yksittäiset osat voidaan suunnitella erikseen ja sen jälkeen yhdistää. Näin kokonaisten systeemien kehittäminen on helpompaa. (Hodgson 2002, 75.)

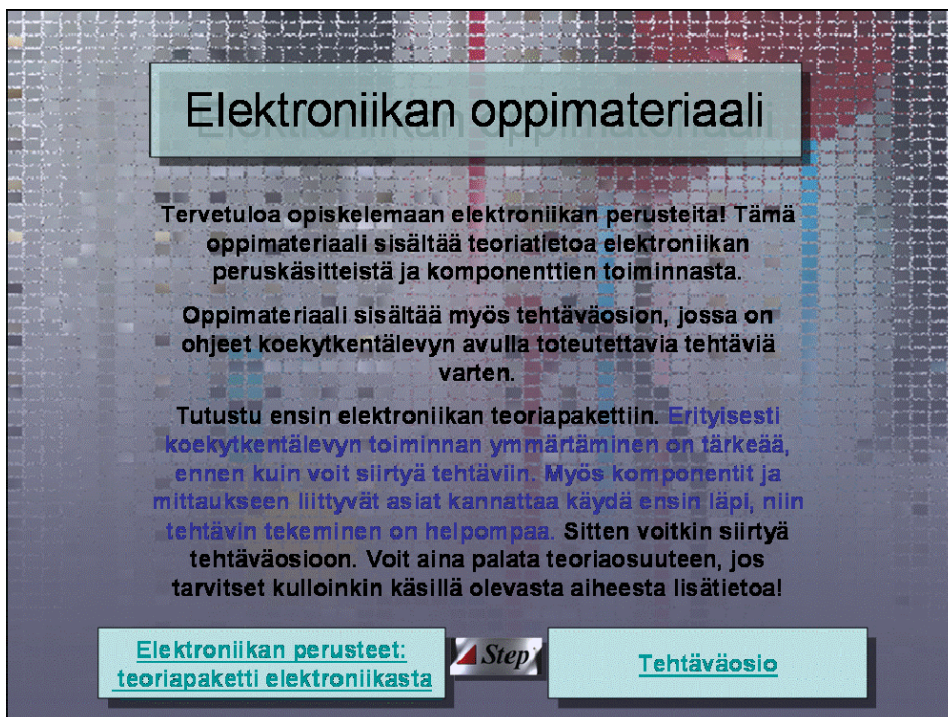
Suomalaisissa peruskouluissa systeemiajatteluun perustuvaa elektroniikan opetusmateriaalia ovat mm. UniStep oppimisympäristö ja vastaava tietokonepohjainen oppimisympäristö Control Studio2. Tällaiset oppimisympäristöt mahdollistavat kokeilun erilaisilla systeemielementeillä, ja antavat oppilaalle mahdollisuuden suunnitella hyvinkin monimutkaisia elektronisia järjestelmiä. Oppimisympäristöön voidaan liittää myös esimerkiksi mekaniikan tai pneumatiikan rakenteluseroja. Tällöin oppilaiden ei tarvitse rakentaa laitteita erillisistä elektroniikan komponenteista ja valmistaa tai muotoilla itse suunniteltua prototyyppiä alusta asti. Systeemiajattelussa tarkoitus on saada oppilaat ymmärtämään, kuinka erilaiset systeemielementit toimivat yhdessä ja suorittavat

halutun teknisen toimintakokonaisuuden. Näin oppilaat oppivat ymmärtämään myös arkipäivän teknologian sovelluksia ja niiden toimintaperiaatteita. Oppilaat eivät kuitenkaan välttämättä ymmärrä, miten yksittäiset systeemielementit toimivat komponenttitasolla. Elektronisen laitteen piirilevyn suunnitteleminen ja laitteen rakentaminen sen pohjalle vaatii elektroniikan syvällisempää ymmärtämistä. Tätä pelkästään systeeminen lähestymistapa ei voi tarjota. (Hodgson 2002, 76–77.) Elektroniikan opetuksen tulisi sisältää perustietoa elektroniikasta, virtapiirien ja komponenttien toiminnasta, mutta myös systeemiajattelun perusperiaatteista ja käytännön sovelluksista. Arkipäivän teknologia ja elektroniikka perustuvat yhä enemmän mikropiirejä, mikrokontrollereita ja mikroprosessoreita sisältävään mikroelektroniikkaan ja tietotekniikkaan sekä erilaisiin systeemisovelluksiin.

Elektroniikan komponenttien toiminnasta ja sähköopin perusteista on olemassa erilaisia opetusohjelmia. Piirilevyjen suunnitteluun on peruskoulukäyttöönkin erinomaisesti soveltuvia tietokoneohjelmia, joiden avustuksella onnistuu elektronisen laitteen käytännön toteutus piirikaaviosta toimivaksi laitteeksi (mm. PCB Wizard). Kehittyneimmät ohjelmat jopa testaavat simuloimalla suunnitellun laitteen toimivuuden (esim. Circuit Wizard). Tämän tutkimushankkeen yhteydessä oppilaat ovat käyttäneet vuorovaikutteista multimediaan perustuvaa oppimisympäristöä, jossa teorian tieto yksittäisistä komponenteista ja niiden toiminnasta virtapiirissä ja tieto sähköopin perusteista ovat keskeisesti esillä. Tieto erilaisista sähköisten ilmiöiden mittaamiseen liittyvistä asioista sekä käytännön rakentaminen ovat osa oppimisprosessia. Olen ottanut perinteiset elektroniikan oppisisällöt tietoisesti oppimisen lähtökohdaksi. Ajattelen niin, että elektroniikan ja sähköön liittyvien käsitteiden ymmärtäminen vaatii perehtymistä niihin sekä teoriassa että käytännössä riittävän yksityiskohtaisesti komponenttitasolla. Mielestäni systeemiajatteluun perustuvien sovellusten monipuolisen hyödyntäminen elektroniikkarakentelussa onnistuu vain, jos oppilaalla on riittävä ymmärrys yksinkertaisista virtapiireistä ja niiden toiminnasta komponenttitasolla. Olen rajannut systeeminen lähestymistavan ja sen tarjoamat mahdollisuudet oppimisen monipuolistamiseksi tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

3.2 Oppimateriaalin suunnittelu elektroniikan opiskelujaksolle

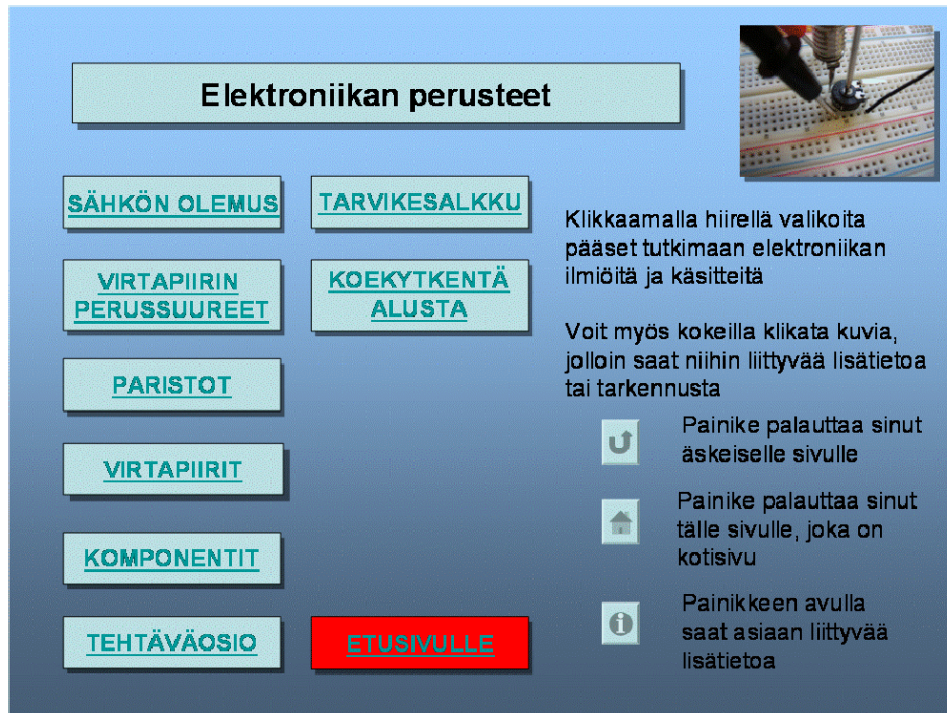
Sähkön ja elektroniikan oppimateriaalin suunnittelun lähtökohtana oli ajatus, että oppimateriaalin on tuettava oppilaiden itsenäistä, aktiivista tiedonhakuja ja opittavan asian ymmärtämistä. Halusimme tuoda oppimateriaalissa opiskeltavia asioita esille multimedian keinoin ja näin edistää oppimista tekstin, kuvien ja yksinkertaisten animaatioiden avulla. Otimme oppimateriaaliin (kuvio 1) mukaan sekä teoretietoa elektroniikan perusteista että teoretiedon soveltamista vaativia tehtäviä. Tarkoitus oli, että oppilaat voivat aluksi tutustua materiaalin teoriaosaan, ja siirtyä sieltä halutessaan tehtävien pariin. Monet tehtävistä vaativat teoreettista tietämystä (mm komponenttien nimet ja toimintaperiaatteet, koekytkentälevyn toimintaperiaate, piirikaaviosymboleiden ja kaavioiden toiminnan ymmärtäminen, yleismittarin käyttö), ja sen vuoksi teoriaan perehtyminen ennen tehtäviin siirtymistä oli tarpeen. Oppilaat voivat siirtyä oppimateriaalissa linkkien avulla ja edetä omaa reittiään, koska se oli suunniteltu vuorovaikutteiseksi. Tehtävistä oli mahdollista siirtyä teoriaosaan etsimään kulloinkin tehtävän ratkaisussa tarvittavaa tietoa.



KUVIO 1: elektroniikan oppimateriaalin aloitussivu

Sähkön ja elektroniikan oppimateriaalin teoriaosuus perustuu teoksiin: Elektroniikan

innostamateriaali: Jänniteilmaisin (1996) Step Systems Oy; Lavonen ym. (1998) Elektroniikka omaksi: Aine ja energia; sekä Volotinen, Lesch ja Haaksikari (1990) Elektroniikka 1: Analoginen elektroniikka. Oppimateriaalin tehtävät on sovellettu teoksesta Lavonen ym. (1998) Elektroniikka omaksi: Aine ja energia.

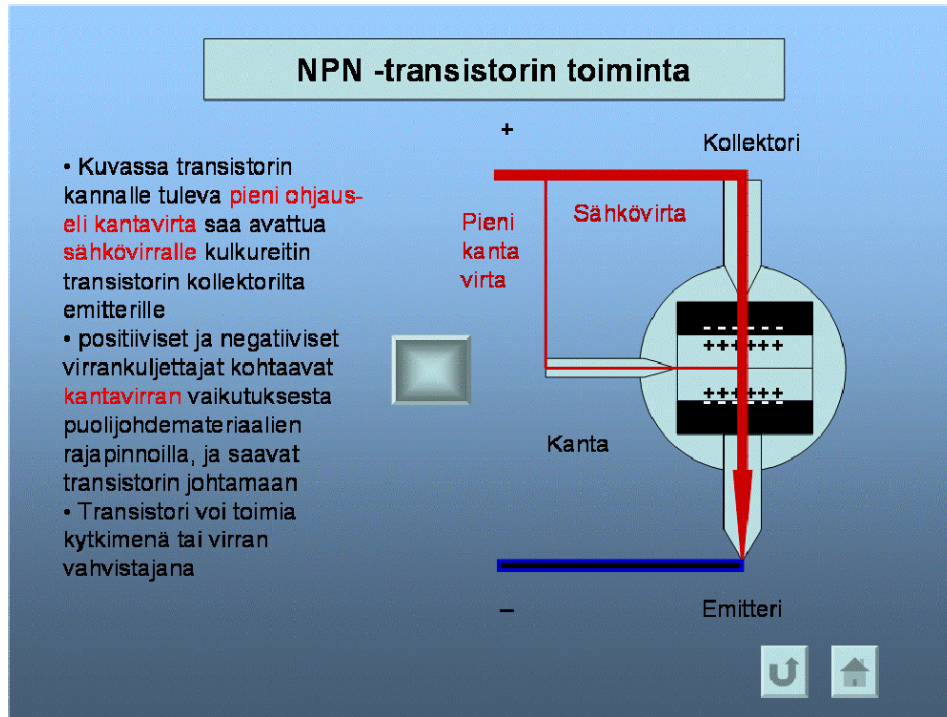


KUVIO 2: Oppimateriaalin pääsisällöt

Oppimateriaalin sisältöjen (kuvio 2) määrittelyssä otettiin huomioon Säkylän kunnan perusopetuksen opetussuunnitelman kuntakohtaiseen osioon sekä Yhteiskoulun opetussuunnitelmaan sisältyvät sähkön ja elektroniikan oppisisällöt. Teoriaosassa selvitettiin mm. sähkön olemusta, atomin rakennetta sekä elektronien toimintaa sähkövarausten kuljettajina. Sähköön liittyvät perussuureet ja niiden mittaaminen muodostivat yhden tärkeän kokonaisuuden. Eri komponenttien ominaisuudet, merkitys ja niiden toiminta virtapiirissä olivat myös keskeisesti esillä. Riittävä teoriaosan taustatieto oli mielestäni tarpeen, jotta oppilaat olisivat saaneet valmiuksia oppimateriaalin sisältämien tehtävien ratkaisemiseksi, erilaisten elektronisten kytkentöjen rakentamiseksi ja niiden toiminnan ymmärtämiseksi.

Oppimateriaalissa esiteltiin komponentteja monesta eri näkökulmasta. Komponenttien eri tyyppjä esiteltiin kuvien avulla ja niiden toimintaperiaatteita

kuvaavin tekstein. Komponenttien piirikaaviosymbolit pyrittiin tekemään oppilaille tutuiksi. Esimerkiksi kondensaattorien ja transistoreiden toimintaa havainnollistettiin yksinkertaisten animaatioiden avulla (kuvio 3, s. 28).



KUVIO 3: Transistorin toiminnan havainnollistaminen oppimateriaalin avulla

TEHTÄVÄOSIO		
<u>PERUSTEHTÄVÄT</u>	<u>KYTKENNÄT JA MITTAUKSET</u>	<u>VAATIVAMMAT TEHTÄVÄT</u>
<u>VASTUKSET</u>	<u>PARISTOJEN SARJAAN KYTKENTÄ</u>	<u>HÄMÄRÄKYTKIN</u>
<u>KONDENSAATTORIT</u>	<u>PARISTOJEN RINNAN KYTKENTÄ</u>	<u>VILKKUVALO</u>
<u>DIODIT</u>	<u>LAMPPUJEN SARJAAN KYTKENTÄ</u>	<u>LAMPUNAJASTIN</u>
<u>TRANSISTORIT</u>	<u>LAMPPUJEN RINNAN KYTKENTÄ</u>	<u>VILKKUVAT LEDIT</u>
<u>KYTKIMET</u>	<u>LEDIN SARJAVASTUKSEN LASKEMINEN</u>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LISÄTEHTÄVÄT</div> <div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 5px;">ETUSIVULLE</div>

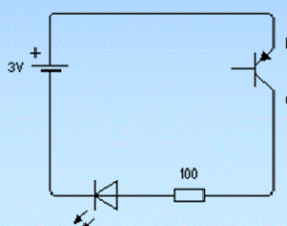
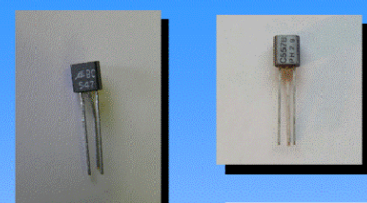
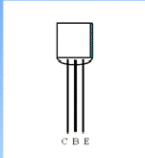
KUVIO 4: Tehtäväosion käyttöliittymä

Oppimateriaalin tehtäväosio oli jaettu tehtävien luonteen ja vaikeustason mukaan kolmeen kokonaisuuteen. Näitä kokonaisuuksia olivat perustehtävät, kytkennät ja mittaukset sekä vaativammat tehtävät (kuvio 4). Perustehtävissä kustakin komponentista oli laadittu yksinkertainen kytkentä, jonka tarkoituksena oli havainnollistaa komponentin toimintaa ja merkitystä virtapiirissä. Oppilaat tekivät havaintoja esimerkiksi vastuksen toiminnasta kytkemällä vuorotellen lampun kanssa sarjaan kaksi erikokoista vastusta, ja havainnoimalla niiden vaikutusta lampun kirkkauteen. Perustehtävissä ohjelma antoi oppilaille oikeista vastauksista sanallista palautetta. Kytkentöihin ja mittauksiin liittyvissä tehtävissä palautetta sai myös visuaalisesti tehtävien palautteissa piirroshahmoilta. Oikea ja väärä vastaus tehtävän vastausvaihtoehtoihin antoivat erilaisen palautteen oppilaille. Myöhemmin, tutkimukseen liittyvän opiskelujakson jälkeen oppimateriaalia on kehitetty mm. palautesivujen osalta.

TRANSISTORIT

1. Rakenna kuvan mukainen kytkentä. Käytä virtapiirissä kahden pariston paristokotelo (3V), BC557 transistoria ja ledin edellä 100 Ω :n vastusta.

Ole tarkkana että kytket transistorin oikein päin! (kun katsot transistoria tasaiselta puolelta, kollektori on vasemmalla ja emitteri oikealla puolella)

Mitä virtapiirissä tapahtuu?

Ledi palaa kirkkaana

Ei mitään

KUVIO 5: Transistorin toimintaa havainnollistava tehtävä

Transistoritehtävän tarkoituksena oli havainnollistaa transistorin kannalle tulevan ohjausjännitteen vaikutusta transistorin toimintaan. Tehtävä oli kaksiosainen. Ensimmäisen kytkennän rakentaminen ja siihen liittyvään kysymykseen vastaaminen (ks. kuvio 5) johdatteli oppilaat tehtävän seuraavaan osaan.

Viimeisenä kokonaisuutena tehtäväosiossa olivat vaativimmat tehtävät. Esimerkiksi lampunajastintehtävässä oppilaille annettiin tehtäväksi rakentaa ajastinpiiriin 555 perustuva viivekytkentä (kuvio 6). Tehtävä linkitettiin oppilaan arkipäivään ja kokemusmaailmaan vertaamalla sitä käytävävalojen ajastinkytkentään. Vaativien tehtävien tarkoitus oli motivoida erityisesti taitavia oppilaita ja antaa heille lisähaastetta, sekä havainnollistaa elektronisten laitteiden käytännön sovelluksia.

3. LAMPUNAJASTIN

Tällä tavoin toimii esimerkiksi kerrostalon käytävävalot!

Tehtävää varten tarvittavat seuraavat komponentit:		
Vastukset	R1	1 k Ω
	R2	68 k Ω
	R3	22 k Ω
Säätövastus	P1	1 M Ω
Transistori	T1	BC547
Kondensaattori	C1	470 μ F
LED		punainen
Mikropiiri	IC	(NE555N)
Painokytkin		
Paristo		9V

Säätövastuksen (trimmerin) asettaminen koekytkentälevylle

Mikropiiriin asettaminen koekytkentälevylle

Kun saat kytkennän toimimaan, klikkaa tästä

Rakenna kuvan mukainen kytkentä. Pyri tekemään se piirikaavion avulla, mutta jos et siinä kuitenkaan onnistu, klikkaa info-painiketta.

KUVIO 6: Esimerkki vaativammista tehtävistä

4. Tutkimuksen teoreettiset lähtökohdat ja peruskäsitteet

4.1 Tiedon taksonomiat

Mitä tieto on? Mistä sitä saadaan? Kuinka se muuttuu? Nämä kysymykset ovat kiinnostaneet filosofeja, opetuksen ja koulutuksen ammattilaisia sekä psykologian tutkijoita vuosisatojen ajan. Tiedon hankkimisen ja tiedon kuvaamisen (epistemologian) tutkimus on muodostunut omaksi filosofian tutkimusalueeksi. Schraw (2006) tarkastelee kolmelle viimeksi kuluneelle vuosisadalle ajoittuvia teoriasuuntauksia. Hän jaottelee tällä ajanjaksolla tiedon olemukseen keskittyvät

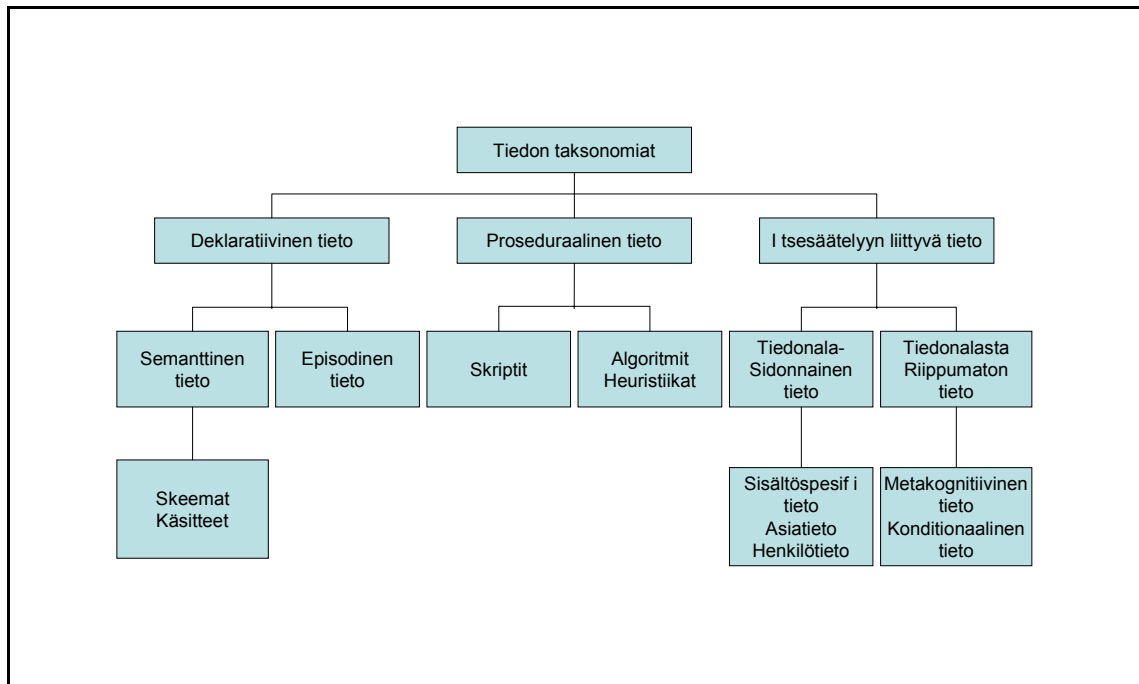
epistemologiset teoriasuuntaukset kolmeen kategoriaan. Nämä kolme perspektiiviä ovat positivistinen, postpositivistinen ja postmoderni näkökulma. Tämän tutkimuksen taustalla olevan konstruktivistisen oppimiskäsityksen tietokäsitys sopii hyvin yhteen postmodernin näkökulman tietokäsityksen kanssa. Teoriasuuntausten erojen ymmärtäminen on tärkeää, koska eri suuntaukset pitävät sisällään erilaisia oletuksia tiedon hankkimiseen, rakenteeseen ja kehitykseen liittyvistä kysymyksistä. (Schraw 2006, 245–246.) Taulukossa 6 kuvataan näitä näkökulmia.

TAULUKKO 6: Kolme tiedon olemuksen epistemologista perspektiiviä

	Positivistinen	Postpositivistinen	Postmoderni
Tiedon stabiilisuus	Tieto on stabiilia	Tieto on hitaasti muuttuvaa	Tieto on jatkuvasti muuttuvaa
Tiedon objektiivisuus	Tieto on objektiivista	Tieto on konsensukseen perustuvaa	Tieto on subjektiivista
Tiedon hankkimisen tapa	Tieto hankitaan aistikokemuksen kautta	Sosiaalisen vuorovaikutuksen ja kokemuksen kautta konstruoitua	Tieto on oman kokemuksen kautta konstruoitua
Kuinka tietoa jaetaan muille	Tietoa voidaan "siirtää" muille	Tieto siirtyy vuorovaikutuksen kautta	Tieto hankitaan itsereflektion kautta
Historiallisia esimerkkejä	Behaviorismi (Skinner) Konnektionismi (Rumelhard & McClelland)	Stukturalismi (Piaget, Chomsky) Modernismi (Freud)	Poststrukturalismi (Foucault) Postmodernismi (Lyotard)

Postpositivismi hyväksyy konstruktivismiin, joka perustuu tiedon konsensukseen perustuvaan ymmärtämiseen ja sosiaalisesti jaettuihin merkityksiin. (Schraw 2006, 246.) Postpositivistisen näkökulman mukaisesti on olemassa kaiken kattava rakenne siitä, kuinka tieto on organisoituneena muistiin. Schraw'n (2006) mukaan mentaalisten struktuurien ja prosessien todellisen luonteen selvittäminen on tutkijoille vielä mahdotonta. On kuitenkin mahdollista muodostaa empiiriseen tutkimukseen perustuva malli systemaattisen teorian, testauksen ja niihin perustuvan revisiion kautta. Schraw erottaa kolme muistiedustuksen muotoa, joiden mukaisesti tieto on varastoitunut muistiin: deklarativinen, proseduraalinen ja

itsesääätelyedustus. Deklaratiivinen tieto viittaa tosiasioihin ja käsitteisiin. Proseduraalinen tieto viittaa siihen, kuinka me toimimme ja teemme erilaiset asiat. Itsesääätelyyn perustuva tieto viittaa siihen, mitä tiedämme itsestämme oppijoina ja kuinka pystymme kontrolloimaan oppimistamme. (Schraw 2006, 246–247.) Kuviossa 7 esitetään malli tiedon taksonomioista (rakenne ja organisoituminen) muistissa (Schraw 2006, 247).



KUVIO 7: Tiedon taksonomiat (Schraw 2006, 247)

Schraw'n (2006) esittämä Deklaratiivinen tietokategoria liittyy olennaisesti tämän tutkimuksen viitekehykseen. Deklaratiivinen tieto on laaja kategoria, joka käsittää faktatiedon, käsitteet ja käsitteiden väliset suhteet. Käsitteiden välisten suhteiden verkosto mahdollistaa tiedonalueen yhtenäisen käsitteellisen ymmärtämisen. Deklaratiivinen tieto voidaan jakaa kahteen pääluokkaan, jotka ovat semanttinen tieto ja episodinen tieto. Suuri osa semanttisesta tiedosta on asia- ja faktatietoa. Episodinen tieto puolestaan muodostuu yksilön elämään liittyvistä aikasidonnaisista tapahtumista. Episodinen tieto on luonteeltaan autobiografista ja situationaalista, kun taas semanttinen tieto on faktuaalista ja käsitteellistä. Semanttinen tieto on organisoituneena erilaisille spesifisyystasoille. Se tieto pitää sisällään myös käsitteellisen tiedon, joka viittaa tiedon yleisemmän tason luokitukseen. Myös skeemat ovat semanttista tietoa. Skeemat ovat organisoituja

informaatiokokonaisuuksia jostakin erityisestä ilmiöstä tai tiedonalueesta. Ne muodostavat mentaalisia kehyksiä, jotka helpottavat havaintojen tekemistä ja ymmärtämistä. Skeema sisältää suuren määrän tietoa, joka voidaan ottaa käyttöön nopeasti ja tehokkaasti. Skeemojen sisältämä informaatio on myös järjestäytyneenä hierarkkisesti. (Schraw 2006, 247–248.) Käsitteet ovat hierarkiassa skeemalle alisteisia. Skeemat taas ovat semanttista tietoa, mikä puolestaan kuuluu deklarativisen tiedon kategoriaan. Skeemat auttavat organisoimaan deklarativista tietoa. Itsesäätelyyn liittyvä tieto on oppimisen kannalta erityisen merkityksellistä: se on tietoa siitä, kuinka säädellä muistitoimintoja, ajattelua ja oppimista. Itsesäätelyyn liittyvän tiedon alikategorioita ovat tiedonallasidonnainen tieto ja tiedonalasta riippumaton tieto. Tiedonallasidonnainen tieto on metakognitiivista tietoa. (Schraw 2006, 250–251.)

Proseduraalinen tieto on tietoa asioiden tekemisestä: se voi vaihdella hyvin yksinkertaista toimintasarjoista (esim. voileivän voiteleminen) monimutkaisiin toimintoihin, kuten lentokoneen ohjaamiseen. Aikuisilla ihmisillä on usein valtavasti proseduraalista tietoa, joka auttaa heitä selviämään vaivattomasti monimutkaisista toiminnoista. Esimerkiksi autolla ajaminen sujuu harjoittelun ja kokemuksen jälkeen helposti, koska siihen liittyvät toiminnot ovat automatisoituneet. Proseduraalinen tieto muodostuu erityyppistä toimintaketjuista tai toimintamalleista. Skriptit ovat valmiita monimutkaisia toimintamalleja, jotka ovat tallentuneina muistiin yhtenäisinä ja itsenäisinä kokonaisuuksina. Skriptit auttavat proseduraalisen tiedon organisoinnissa. Ne auttavat yksilöä muistamaan monimutkaisia toimintasekvenssejä. Skriptien ansiosta monet päivittäiset toiminnot sujuvat automaattisesti. Algoritmit liittyvät rutiinomaisiin toimintoihin. Esimerkiksi yksinkertaiset matemaattiset kaavat ovat algoritmeja. Heuristiikat puolestaan soveltuvat sellaisten ongelmien ratkaisuun, joihin ei ole olemassa selkeää vastausta. Heuristiikat ovat käyttökelpoisia ongelmien ratkaisussa myös silloin, kun on olemassa useita vaihtoehtoisia ratkaisumalleja ja niistä on löydettävä paras mahdollinen. (Schraw 2006, 249.)

4.2 Oppiminen

Oppiminen voidaan yleisellä tasolla määritellä kokemuksen aiheuttamaksi suhteellisen pysyväksi käyttäytymisen muutokseksi, tai toisaalta oppimisen potentiaalien – tietojen, taitojen ja tunnereaktioiden muutokseksi, joka ilmenee joko oppimishetkellä tai myöhemmin käyttäytymisen muutoksena. Monimutkaisemmat oppimisen muodot rakentuvat ihmisen kyvyille välittää, ottaa vastaan ja käsitellä tietoja yleisessä, symbolisessa muodossa. Oppiminen on osa ihmismielen toimintoja, jotka muuttavat käsityksiä ympäristön ilmiöistä ja tapahtumista. Oppiminen kognitiivisena tapahtumana merkitsee muutoksia ihmismielen tietorakenteissa. (Kuusinen ja Korkiakangas 1995, 24–25.)

Ruohotien (2005) mukaan oppiminen on oppijan sisäinen prosessi, jossa omakohtaisen kokemuksen tuloksena syntyy suhteellisen pysyvä muutos hänen suorituspotentiaalissaan (Ruohotie 2005, 5). Tämän määritelmän mukaan oppiminen on prosessi, joka vaatii aikaa. Aiemmin hyviksi havaitut toimintatavat tai ajatusmallit on usein poisopittava, ennen kuin uuden käytännön tai ajatusmallin omaksuminen on mahdollista. Oppiminen suorituspotentiaalin muutoksena tarkoittaa sitä, että kaikki oppiminen ei välttämättä näy yksilön avoimessa toiminnassa. Opittu asia tai taito voidaan ottaa tarvittaessa käyttöön uudessa tilanteessa, kun tilanne sitä vaatii. Kokemuksen vaikutus oppimisessa merkitsee sitä, että oppiminen ei ole vain kypsymisprosessin tulos, joka tapahtuu hermosysteemin kehittymisen myötä. Oppimisessa oppijan omalla aktiivisuudella on siten keskeinen merkitys. (Ruohotie 2005, 5) Yksilön kehitys ja oppiminen nivoutuvat toisiinsa läpi koko ihmiselämän. Erityisesti varhaislapsuuden aikaiselle kehitykselle on ominaista, että monet taidot (mm. kävelemään oppiminen, puhuminen) opitaan suhteellisen luontevasti tietyssä iässä saavutetun kypsyiden ja toisaalta aiemmin opittujen valmiuksien pohjalta. Yleisesti kehitykseen kuuluu herkkyykskausia tai ajanjaksoja, jolloin yksilö osoittaa erityistä valmiutta oppia tiettyjä asioita tai taitoja. (mm. Kuusinen ja Korkiakangas 1995, 26–27.)

Donovan ja Brandsford (2005) korostavat kolmea periaatetta, jotka ovat oppimisen kannalta erityisen tärkeitä (Donovan ja Brandsford 2005, 1–2):

1. Oppilaat tuovat oppimistilanteisiin omat ennakkokäsityksensä siitä, kuinka maailma toimii. Jos tätä heidän alkuperäistä ymmärtämystään ei oteta opetuksessa huomioon, he eivät ymmärrä uusia käsitteitä ja informaatiota. He saattavat oppia ne muodollisesti, mutta heidän alkuperäiset käsityksensä säilyvät arkiajattelussa.
2. Jotta oppilaille kehittyisi kyky tutkivaan oppimiseen, heillä täytyy muodostua a.) riittävä perusta tosiasioihin perustuvasta tiedosta, b.) heidän täytyy oppia ymmärtämään tosiasiat ja peruseriaatteet suhteessa käsitteelliseen viitekehykseen ja c.) oppia organisoimaan tieto siten, että sen mieleen palauttaminen ja käyttäminen ovat mahdollista.
3. Metakognitiivinen lähestymistapa opetuksessa helpottaa oppilaita ottamaan vastuuta oppimisestaan, määrittelemään oppimistavoitteita ja tarkkailemaan niiden saavuttamista.

Elektroniikan oppimateriaali suunniteltiin siten, että se antaisi oppilaille riittävästi ja monipuolisesti tietoa elektroniikan perusasioista: sähkön olemuksesta, komponenteista ja niiden toiminnasta virtapiireissä. Oppimateriaalin avulla heillä oli näin mahdollisuus saada riittävä perusta tosiasioihin perustuvasta tiedosta. Oppimateriaalin tarkoitus oli kannustaa oppilaita tutkivaan ja kokeilevaan oppimiseen. Oppimateriaalin asiasisällöt oli järjestelty selkeiksi kokonaisuuksiksi, minkä voisi olettaa helpottavan myös oppilaiden tiedon käsittelyyn ja organisointiin liittyvää prosessointia. Metakognitiivisten taitojen huomioon ottaminen ja niiden aktivoiminen oppimateriaalin avulla on haaste materiaalien suunnittelijoille. Tässä tutkimuksessa käytetyn elektroniikan oppimateriaalin tehtäväosan suunnittelussa Eskelinen ja Göös (2006) pyrkivät erityisesti siihen, että se motivoisi oppilaita opiskeluun. He kiinnittivät suunnittelussa huomiota oppimateriaalin tehtävien kiinnostavuuteen, haasteellisuuteen, tehtävän lopputuloksen tai ratkaisun innostavuuteen, tunnustuksen saamiseen tehtävän suorituksen jälkeen sekä omaehtoiseen oppimiseen kannustamiseen. Tehtävistä pyrittiin saamaan myös konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisia. (Eskelinen ja Göös 2006, 44–45.)

4.3 Yksilön ja ympäristön välinen vuorovaikutus ja ajattelun rakenteiden muodostuminen: Piaget'n teoria

Jean Piaget'n tieteellistä työtä voidaan pitää yrityksenä luoda tiedon ja kehityksen kokonaisteoria. Hänen kehityspsykologinen teoriansa on osa yleisempää tiedon kehityksen teoriaa, geneettistä epistemologiaa. Geneettisen epistemologia pyrkii tutkimaan tiedon alkuperää. Tässä tietoteoriassa yksilön tietorakenteiden kehittyminen, biologisten rakenteiden kehittyminen ja tietojärjestelmien sosiaalinen kehittyminen kuvataan samoja yleisiä lainalaisuuksia noudattavaksi vuorovaikutteiseksi rakentumisprosessiksi. Piaget'n mukaan nämä rakenteet kehittyvät jatkuvan uudelleenorganisoinnin myötä yhä tasokkaammiksi rakenteiksi. Tiedon ja toiminnan rakenteiden uudelleenorganisointi tapahtuu Piaget'n mukaan assimilaation ja akkommodaation kautta. Uuden ilmiön liittäminen olemassa olevaan vakiintuneeseen tiedon rakenne-elementtiin eli skeemaan tapahtuu assimilaation eli sulauttamisen kautta. Kun ihminen käyttää tieto- tai toimintaskemojaan, ne myös mukautuvat eli akkommodoituvat paremmin tilannetta vastaavaksi. (Lehtinen, Kuusinen ja Vauras. 101–102.) Piaget kuvaa yksilön kognitiivisen kehityksen kulkua erilaisten kehitysvaiheiden kautta. Piaget'n teoriassa uusi kehitysvaihe tarkoittaa lukuisten skeemojen yhdistymistä laajemmaksi organisoiduksi kognitiiviseksi rakenteeksi. Jokainen uusi kehitysvaihe merkitsee yhtäältä tietyn asteen saavuttamista ja toisaalta mahdollisuuden avautumista seuraavaan kehitysvaiheeseen siirtymiselle. (Lehtinen ym. 2007, 107).

Piaget'n esittämistä kehitysvaiheista ensimmäinen on sensomotorinen vaihe, joka käsittää ensimmäiset n. 18 kuukautta lapsen syntymästä. Tähän vaiheeseen liittyy mm. alustavien tiedollisten perusrakenteiden kehittyminen. Toinen kehitysvaihe on esioperationaalinen vaihe. Siihen liittyy kielen kehityksen, symbolisten funktioiden ymmärtämisen ja ajattelun kehityksen alkaminen. Kolmas vaihe on konkreettisten operaatioiden vaihe. Tässä vaiheessa kehittyvät mm. luokitteluun, järjestykseen, numeroiden hahmottamiseen, avaruudelliseen ja ajalliseen hahmottamiseen liittyvät operaatiot. Myös olennaiset luokittelun ja suhteiden logiikkaan, yksinkertaisiin matemaattisten, geometrinen ja fysiikan operaatioiden ymmärtämiseen liittyvät toiminnot kehittyvät tässä vaiheessa. Formaalisten operaatioiden tai hypoteettis –

deduktiivisten operaatioiden vaihe on neljäs ja viimeinen Piaget'n kehitysvaiheista. Tässä vaiheessa yksilö pystyy mm. ymmärtämään hypoteeseja ja työskentelemään niiden avulla, eikä enää pelkästään konkreettisten ja läsnä olevien objektien parissa. Hän kykenee muodostamaan uusia ja johdonmukaisia teoreettisia operaatioita. (Piaget 2003, 9–10.) Formaalisten operaatioiden vaiheessa kausaalisuuden dimensio tulee osaksi syy- ja seuraussuhteisiin liittyvää loogista ajattelua. Loogis- matemaattisten suhteiden tarkastelu tulee näin mahdolliseksi. (Piaget 1972, 46) Tässä vaiheessa oleva nuori tai aikuinen pystyy kohdistamaan huomion omaan ajatteluunsa ja käyttämään oman ajattelunsa tuloksia myöhempien pohdintojensa lähtökohtana. Tämä tekee Piaget'n mukaan mahdolliseksi korkeamman ajattelun ja tieteellisen päättelyn. (Lehtinen ym. 2007, 223.)

Piaget esittää eri yhteyksissä esimerkinomaisia näkemyksiä siitä, missä iässä nämä vaiheet esiintyvät. Hänen mukaansa kehitysvaiheiden ikärajat kuitenkin vaihtelevat esimerkiksi kulttuuriympäristön vaihtuessa. Eri vaiheiden kesto saattaa vaihdella yksilöstä toiseen joko sosiaalisen ympäristön mukaan tai yksilöstä itsestään johtuvista tekijöistä (esim. älykkyys). Kehitysvaiheiden esiintymisjärjestystä Piaget pitää vakiona. (Piaget 1977, 146–47; Piaget 2003, 10). Piaget'n mukaan jokaisella kehitysvaiheella on luonteenomainen kokonaisrakenne. Nämä kokonaisrakenteet muodostuvat edellisten rakenteiden liittyessä niiden osarakenteiksi. (Piaget 1977, 147) Myöhemmässä vaiheessa Piaget viittaa lapsen asteittaisen kognitiivisen kehityksen sijaan kehityksen spiraalimaiseen luonteeseen (Turner 1984, 10).

Piaget'n kehitysvaiheluokittelu on saanut kritiikkiä. Tutkimusten mukaan Piaget mm. aliarvioi pienempien lasten suorituksia ja toisaalta yliarvioi nuorten ajattelua. Toistuvasti on osoitettu, että lapset yltyvät konkreettisten operaatioiden tasoihin suorituksiin paljon ennen seitsemättä ikävuottaan. Toisaalta formaalisten operaatioiden tasoinen ajattelu saattaa olla vaikeaa vielä aikuisiässäkin. (Lehtinen ym. 2007,109.) Turnerin (1984) mukaan lapsi saattaa olla tietyllä kehitystasolla tietynlaisen ymmärtämisen muodon suhteen, mutta samanaikaisesti toisella kehitystasolla toisenlaisen ymmärtämisen suhteen (Turner 1984, 10). Vosniadoun (2003) mukaan Piaget'n vaikutus yksilökonstruktivistisen oppimiskäsityksen kehitykseen on ollut merkittävä. Piaget korostaa aiemman tiedon merkitystä oppimisessa. Assimilaatio ja akkommodaatio, sekä mentaalisten rakenteiden

jäsentyminen korkeamman tason adaptaatioiksi yksilön konstruktivisen aktiivisuuden seurauksena ovat merkittäviä kontribuutioita konstruktivistiselle oppimisen ja opetuksen teorialle. Piaget korostaa kognitiivisen kehitysprosessin ja oppimisen yksilöllistä luonnetta. Prosessi edellyttää, että yksilölle annetaan mahdollisuus monipuolisten kokemusten ja aktiivisuuden kautta hankkia tietoa, ja että häntä rohkaistaan konstruktiviseen aktiivisuuteen. Vosniadou näkee Piaget'n teorian heikkoutena sen, että se ei riittävästi ota huomioon oppimisen sosiaalista ja kulttuurista luonnetta ja opetuksen vaikutusta siihen. Piaget korostaa myös tiedonrakentamisen yleistä luonnetta (global restructuring of knowledge). Vosniadou taas painottaa tiedonala- ja oppiainekohtaista näkökulmaa tiedonhankinnassa ja prosessoinnissa, ja jo olemassa olevien tiedonalaspesifien struktuurien uudelleenorganisointia. (Vosniadou 2003, 384.)

4.4 Vygotsky: sosiaalinen vuorovaikutus ja lähikehityksen vyöhyke

Vygotsky tarkastelee ihmisen oppimista siitä näkökulmasta, miten kulttuurikäytännöt, sosiaalinen vuorovaikutus ja kieli ajattelun apuvälineenä luovat ihmisen oppimiselle erityisedellytyksiä. (Lehtinen ym. 2007, 112) Vygotsky (1978) tarkastelee lapsen kehitystason ja meneillään olevan kehitysprosessin suhdetta oppimiskykyyn. Vygotsky puhuu käsitteestä ”lapsen aktuaalinen kehitystaso” tarkoittaen kehitys- ja kasvusyklin vaihetta, jolle henkisten toimintojen taso on vakiintunut. Vygotsky kritisoi sitä, että lapsen henkisten kykyjen ja kehityksen tason mittana käytetään kykyä selvittää annetuista tehtävistä itsenäisesti. Vygotskyn mielestä se, mitä lapset osaavat tehdä toisten avustamana, kuvastaa heidän henkistä kehitystään jopa paremmin kuin se, mitä he osaavat tehdä yksin. Lähikehityksen vyöhyke on tärkeä käsite Vygotskyn teoreettisessa ajattelussa. Lähikehityksen vyöhyke on itsenäisen ongelmanratkaisun perusteella määritellyn aktuaalisen kehitystason ja potentiaalisen kehityksen tason välinen alue. Lähikehityksen vyöhyke kuvaa niitä toimintoja, jotka ovat vasta kehittymässä. Se kuvaa lapsen henkistä kehitystä suhteessa tulevaisuuteen, kun taas aktuaalinen kehitystaso luonnehtii henkistä kehitystä suhteessa menneisyyteen. (Vygotsky 1978, 85–87.)

Vygotsky ei näe lähikehityksen vyöhykkeen merkitystä vain aikuisen ja lapsen välisessä vuorovaikutuksessa tai opetustilanteessa. Vastaava prosessi voi hänen mukaansa muodostua myös virikkeellisessä esineympäristössä, jossa lapsi voi oppia uuden taidon turvautumalla aluksi ulkoisten välineiden apuun. (Lehtinen ym. 2007, 115.) Tämä näkökulma on huomion arvoinen erityisesti vaikeiden tieteellisten käsitteiden oppimisen yhteydessä. Oppimateriaalin tulisi tarjota oppilaalle sellaisia työvälineitä, jotka helpottavat käsitteellistä ajattelua ja tuovat käsitteet lähemmäksi oppilaan ajattelun tasoa. Myös tarvittava opettajan henkilökohtainen ohjaus tulisi olla aina oppilaan saatavilla. Modernin tieto- ja viestintäteknologian ja multimedian keinoin rakennettu oppimateriaalikaan ei aina kykene avaamaan oppilaalle ymmärrystä monimutkaisista asioista, käsitteistä tai toiminnallisista kokonaisuuksista. Tällöin opettaja voi asiantuntijana olla auttamassa oppilasta ymmärtämiseen liittyvissä ongelmakohdissa.

4.5 Käsitteet, käsitykset ja käsitteellinen ymmärrys

Käsitteiden olemusta on tarkasteltu monesta näkökulmasta. DiSessa ja Sherin (1993) viittaavat ainakin 5 erilaiseen lähestymistapaan (DiSessa ja Sherin 1993, 1162–1164)

1. Klassisen luokitteluun perustuvan näkökulman mukaisesti käsitteitä voidaan määrittää tiettyjen ominaispiirteiden ja ominaisuuksien mukaan, jotka ovat tarpeellisia ja välttämättömiä määrittelemään käsitteeseen kuuluvia tai kuulumattomia käsitteitä. Esimerkiksi lintu voidaan määrittää elolliseksi olioksi, jolla on siivet, nokka ja höyhenet. Jos tarkastelun kohteena olevalla oliolla on kaikki nämä ominaisuudet, se voidaan määrittää linnuksi. Tähän näkökulmaan liittyy läheisesti ns. tyypillisyysefekti. Jotkut esimerkit tietystä käsitteestä voivat olla parempia kuin toiset. Esimerkiksi västäräkki voisi olla tyypillisempi esimerkki linnusta kuin vaikkapa kiiwi. Joissain tapauksissa ominaisuuksien perusteella on vaikea päätellä, edustaako tietty tapaus lainkaan kyseistä käsitettä.

2. Propabilistiset teoriat lähtevät oletuksesta, että käsitteestä voidaan määritellä prototyyppi. Käsiteluoikkaan kuulumista arvioidaan vertaamalla testattavan käsitteen ominaisuuksia tämän prototyypin ominaisuuksiin. Toinen tämän teoriasuunnan lähestymistapa määrittelee erilaisia, täsmällisempiä esimerkkejä prototyypistä.
3. Suhdeteorioiden mukaan käsitteet saavat merkityksensä suhteessa muihin käsitteisiin. Muutokset käsitteissä ovat seurausta muiden käsitteiden lisäämisestä tai poistamisesta käsitteiverkon sisällä, tai muutoksia näiden suhteissa. Tämän näkökulman mukaan käsitteitä kuvataan erilaisien ehtojen avulla. Nämä ehdot muodostuvat väitteistä ja propositioista.
4. Konnektionistisen, neuroniverkon aktivaatiomalliin perustuvan lähestymistavan mukaan ei ole olemassa mitään konkreettista mentaalista representaatiota, joka kuvaisi käsitettä. Sen sijaan aktivaatiomalli olettaa, että käsitteellä on yhteys neuroniverkon aktivaatioon, joka ilmenee käsitteeseen liittyvän mentaalisen aktivaation aikana.
5. Toiminnallis- situationaalisen lähestymistavan mukaan käsitteet ovat abstraktioita, jotka ovat käytössä ihmisten erilaisissa toimintayhteyksissä. Käsitteet eivät ole pelkästään hermosolujen aktivaatiota, vaan ihmisten tilannesidonnaisia toimintamalleja eri tilanteissa. Niitä ei voida paikallistaa puhtaiksi, mentaaliseksi representaatioiksi.

DiSessa ja Sherinin (1993) mukaan määrittely siitä, mitä käsitteet ovat, pitäisi tehdä teoreettisen ja empiirisen tarkastelun perusteella. Kehittyneen määritelmän käsitteestä tulisi lisätä ymmärrystä erilaisten käsitteiden ominaispiirteistä: käsite termi pitäisi korvata joukolla teoreettisia konstruktioita. Disessa ja Sherin käyttävät termiä tietosysteemi (knowledge system) kuvaamaan ihmismieleen sijoittuvaa käsitteiden ymmärtämiseen liittyvää kokonaisrakennetta. Tätä kokonaisuutta voidaan tarkastella reaaliaikaisesti systeemin erillisten osien kautta. (DiSessa ja Sherin 1993, 1169–1170.)

Tietorakenteet muodostuvat yksittäisistä tiedonpalasista, joita muokkaamalla ja käsittelemällä opimme uutta. Tietorakenteet muuttuvat ja jäsentyvät, kun opimme uusia asioita tai käsittelemme informaatiota. Käsitteet ovat ajattelun työkaluja. Niiden merkitykset ja käyttötapa muuttuvat ihmisen kasvaessa ja kehittyessä. (Havu-Nuutinen, 2005, 29.)

Oppimista mahdollistavien tekijöiden kuten ajattelun, sekä erilaisten käsitysten kehittymistä ja muutoksia selitetään ja ymmärretään yksilön kognitiivisten tietorakenteiden muokkautumisella. Tietorakenteet ovat yksilön henkilökohtaisia rakennelmia jo olemassa olevasta tiedosta sekä opiskeltavista ja käsiteltävistä asioista. Näistä henkilökohtaisista kognitiivisista rakennelmista käytetään kirjallisuudessa monia nimityksiä, mm. tietorakenteet, tietostruktuurit, tietämysrakenteet tai skeemat, riippuen siitä, minkä tieteenalan näkökulmasta tai missä kontekstissa ilmiötä tarkastellaan.

(Havu-Nuutinen 2005, 29.)

Logiikassa ja semantiikassa käsitteet ovat joukko todellisia tai mahdollisia objekteja ja kuvauksia niiden funktioista, kun taas filosofiassa ne ovat ominaisuuksia, ”merkityksiä” (”senses”), pääteltävissä olevia tapauksia (rules) tai erottelemisen välineitä. Psykologiassa käsitteitä pidetään tyypillisesti sisäisinä representaatioina (mielikuvina, stereotyyppioina), jotka ovat ihmismielessä ajattelun välineitä. Käsitteiden ja niiden oppimisen tutkimuksessa turvaudutaan yleisesti joihinkin kombinaatioihin näistä erilaisista merkityksistä. (Ferrari ja Elik 2003, 24.)

Novakin (2002) mukaan käsitteellä tarkoitetaan ilmiön tai olion havaittua tai tunnistettua säännönmukaisuutta, jolla on tietty nimi. Käsitteiden oppimiseen liittyy sekä käsitteen nimen oppiminen että sen merkityksen oppiminen. Tietylle käsitteelle annettu merkitys muodostuu propositioista, joita tiedämme käsitteen sisältävän. Propositiot ovat lauseita, jotka muodostavat väitteen ilmiöstä, oliosta tai ideasta. Kuhunkin käsitteeseen liittyvä merkitysriikkaus lisääntyy eksponentiaalisesti niiden oppimiemme pätevien propositioiden avulla, jotka liittyvät tämän käsitteen muihin käsitteisiin. (Novak 2002, 49–51.) Haapasalon mukaan käsitteet ymmärretään sekä yksilön henkisenä rakenteena että yhteisesti hyväksytyinä ilmausten merkityksinä. Ne voidaan määritellä joko väljästi ilmoittamalla käsiteluoikkaan kuuluvia tai kuulumattomia jäseniä tai esittämällä määritteleviä ominaisuuksia tai ehtoja. (Haapasalo 1997, 51.)

Elektroniikkaan liittyvät käsitteet ovat hyvin abstrakteja: sähkövirtaa tai jännitettä ei voi esimerkiksi nähdä muuten kuin numeerisena lukemana mittarin näytöllä tai komponentin tietynlaisena reagoimisena niihin. Komponenttien sisällä tapahtuvat toiminnot ovat myös kaukana oppilaiden konkreettisesta kokemusmaailmasta. Niiden havainnollistaminen ymmärrettäväksi on vaikeaa. Ronenin ja Eliahun (2000) mukaan oppilaille on yksinkertaisten sähkövirtapiirien oppimiseen ja opiskeluun liittyen vaikeuksia ymmärtää niitä käsitteitä, joita virtapiirien toimintaa havainnollistavissa malleissa esiintyy. Vaikeuksia on myös ymmärtää ja nähdä yhteys muodollisen kuvauksen ja todellisten virtapiirien välillä. (Ronen ja Eliahu 2000, 14.) Sähkövirran kulkusuunnan ja elektronien liikkumissuunnan vastakkaisuus virtapiirissä on oppilaille hämmentävää. Sähkövirran kulun ymmärtäminen piirikaavioissa vaatii monimutkaista ajattelua. Ajattelua ja ymmärtämistä eivät ainakaan helpota sähkövirran ja elektronivirran kulkusuuntien vastakkaisuus.

Oppilaille saattaa olla erilaisia sähköön ja elektroniikkaan liittyviä virheellisiä käsityksiä. Epäselvyyttä saattaa olla esimerkiksi sähkövirran ja jännitteen käsitteiden ymmärtämisessä ja niiden erottamisessa toisistaan. Käsitteet eivät ole toisistaan irrallisia ja riippumattomia yksiköitä, vaan ne ovat linkittyneet järjestelmäksi, jota voidaan nimittää käsitteelliseksi ekologiaksi. Siten vaikeus jonkin käsitteen oppimisessa saattaa johtaa oppimisvaikeuksiin myös toisen käsitteen yhteydessä. (Tsai, Chen, Chou ja Lain 2007, 491–492.) Opettajan on hyvä tiedostaa tämä. Nevanpää esittää viitaten Ahteen (1997) sekä Leightoniin ja Bizanz`iin:

Opetuksen kehittämisen välttämätön edellytys on se, että opettaja on tietoinen oppilaiden erilaisista käsityksistä. Tämä korostuu erityisesti abstraktien käsitysten oppimisprosessien yhteydessä.

(Nevanpää 2005, 17.)

Käsitteet ovat Chin ja Roscoen (2002) mukaan monimutkaisesti linkittyneet käsiteluoiksi. Käsitteitä voidaan kuvata, ymmärtää ja tulkita suhteessa käsiteluoikiin. Käsiteluoikat voivat olla joko hierarkkisia tai lateraalisia. (Chi ja Roscoe 2002, 13.) Esimerkiksi käsite PNP transistori on yksi transistori käsitteen alikategoria. NPN transistoria voidaan myös pitää transistori käsitteen

alikäategoriana. Kaikki edellä mainitut kuuluvat puolestaan puolijohdeisiin, joka on siten ylätasoinen käsite. Vielä yleisemmälle tasolle päästään, kun otetaan käyttöön käsite elektroniset komponentit. Tämä sisältää transistorien lisäksi monenlaisia muita komponentteja, kuten vastukset, kondensaattorit ym.

Lateraalit käsiteläkat eivät ole hierarkkisessa suhteessa toisiinsa. Ne voivat olla hyvinkin lähellä toisiaan, kuten PNP ja NPN transistorit, joiden yhteisenä, seuraavana yläkategoriana on käsite transistori. Toisaalta esimerkiksi transistori ja tuoli ovat lateraalisia kategorioita: ne ovat molemmat konkreettisia esineitä. On kuitenkin käsitteitä, joilla ei ole yhteistä yläkategoriaa korkeimmallakaan mahdollisella tasolla: tällaisia ovat esimerkiksi käsitteet materiaali ja prosessi. Tällaiset käsitteet ovat *ontologisesti eri kategorioissa*. (Chi ja Roscoe 2002, 13.) Chi ja Roscoe (2002) puhuvat virhekäsityksistä (misconceptions), jos käsite on luokiteltu ontologisesti väärään kategoriaan. Oppilaalle voi olla esimerkiksi vaikeaa ymmärtää syvällisellä tasolla sähkön käsitettä, jos hän on mielessään luokitellut sen virheellisesti käsiteläkkaan *materiaalit* käsiteläukan *prosessit* sijaan. Oppilas saattaa ymmärtää tällöin, että sähkö on varastoituneena paristoon, kuten jotain muuta materiaalia voi olla varastoituna laatikoissa tai astioissa. (Chi ja Roscoe 2002, 13–14.) Näin väärin luokitellut käsitteet saavat ominaisuuksia väärästä käsiteläkastasta ja aiheuttavat virheellisiä oletuksia käsitteiden välille. Samalla ne estävät opiskeltavana olevan asian todellisen ymmärtämisen (Mällinen 2007, 45).

Havu-Nuutinen (2005) määrittelee käsitykset seuraavasti:

Kun tarkastelun kohteeksi otetaan muistielementteihin liittyvät ulottuvuudet, kuten tiedon määrä ja tiedon luonne, on käsitteiden ja niiden ymmärryksen sijasta puhuttava käsityksistä. Kun yksilölle on muodostunut käsitys jostakin, hän käyttää ilmiön kuvaukseen käsitteitä, jotka paljastavat hänen käsityksensä laadun ja sisällön. Käsitykseen liittyvät myös käsitteiden välisten suhteiden ymmärtäminen sekä mahdolliset mielikuvat ja kokemukset. (Ks. White, 1988.) Näiden sisältö linkittyy vastaavasti yksilön kokemuksiin tai kognitiivisiin taitoihin.

(Havu-Nuutinen 2005, 31–32.)

Tässä tutkimuksessa käsitteet nähdään ajattelun välineinä, osana yksilön tietorakenteita ja samalla merkitysten luokittelun ja tunnistamisen välineinä.

Käsitykset ovat laajempia kokonaisuuksia, jotka sisältävät konteksti- ja kokemussidonnaista tietoa esimerkiksi tietyn aihekokonaisuuden piiristä. Käsitykset tulevat ilmi vuorovaikutus- ja diskurssisuhteissa toisten ihmisten kanssa, tieteelliseen tutkimukseen liittyen esimerkiksi haastattelutilanteessa. Fenomenorafisesta näkökulmasta katsottuna kokemukset konstituoituvat suhteina subjektin ja ilmiön välillä:

...todellisuus, maailma jossa elämme ja se tapa, jolla koemme, konstituoituu ihmisen mielessä kognitioina maailmasta. Kyse on siten kokemusten kognitiivisesta sisällöstä, kognitiosta.

(Niikko 2002, 18.)

Fenomenografinen tutkimus koskee kognitiivisia sisältöjä ja ihmisten kokemuksia ja niistä rakentuvia käsityksiä tuosta sisällöstä (Niikko, 2002, 8). Oppilaiden käsityksiä sähköstä ja elektroniikasta tarkastellaan tässä tutkimuksessa fenomenografisen analyysin kautta. Fenomenografiassa (kuten myös fenomenologiassa) kokemukset ovat sisäisiä suhteita subjektin ja todellisuuden välillä. Ne eivät ole mentaalisia tai fyysisiä entiteettejä. (Niikko 2002, 18.) Fenomenografiassa tutkitaan ihmisten kokemuksista syntyneitä käsityksiä. Tavoitteena on kuvata kokemisen variaatioita. Saman asian kokeminen ja ymmärtäminen voi saada eri ihmisillä eri merkityksen. Fenomenografiassa on olennaista tietyn tutkittavien joukon käsitysten kokonaisvaihtelu, jota tutkimusanalyysistä saadut kategoriat ja kuvauskategoriat heijastavat. (Niikko 2002, 22–23.) Fenomenografiassa käsityksiä tutkitaan siten kollektiivisella tasolla. Käsitteellisen muutoksen teorioissa käsityksiä ja niiden muuttumista tarkastellaan yksilötasolla. Niissä kokemuksella ei myöskään ole niin merkittävä rooli kuin fenomenografiassa. Tässä suhteessa nämä kaksi lähestymistapaa eroavat toisistaan.

4.6 Käsitteellisen muutoksen teorioita

Käsitteellisen muutoksen tutkimus on perinteisesti tapahtunut kahdesta eri tutkimusperinteestä käsin. Nämä tutkimustraditiot ovat luonnontieteiden opetuksen tutkimus ja kehityspsykologia tai kognitiivinen kehitystutkimus (Sinatra ja Pintrich 2003, 7; Nevanpää 2005, 26.) Luonnontieteiden opetuksen tutkimuksessa ovat korostuneet opiskelijoiden oppimiskokemukseen mukanaan tuomat vaihtoehdot

käsitykset tieteellisistä ilmiöistä. Ajatus käsitteellisestä muutoksesta luonnontieteiden oppimissa juontaa Vosniadoun (2003) mukaan Novakin (1978), Driverin ja Easley'n (1978) sekä Viennot'n (1979) tieteelliseen työhön. He toivat ensimmäisten joukossa esiin ajatuksen siitä, että oppilaat tuovat luonnontieteiden oppimistilanteisiin mukanaan omat vaihtoehdot suhteutus- tai viitekehjensä (alternative frameworks), ennakkokäsityksensä (preconceptions), tai virhekäsityksensä (missconceptions). Posner, Strike, Hewson ja Gertzog (1982) loivat ensimmäisen käsitteellisen muutoksen teorian. Posnerin ym. (1982) teoriasta tuli paradigma, joka vaikutti pitkään luonnontieteiden opetuksen tutkimukseen ja käytäntöihin. (Vosniadou 2003, 379–380.)

Posner ym. (1982) esittivät neljä kriittistä muuttujaa käsitteellisen muutoksen prosessissa: 1.) tyytymättömyys (dissatisfaction) olemassa oleviin käsityksiin, 2.) uusien käsitysten tai selitysmallien järkevyyden (intelligible) henkilön tai oppilaan näkökulmasta, 3.) uusien käsitysten tai selitysmallien uskottavuus (plausible), sekä 4.) selitysmallien tai käsitteiden sisältämät uudet näkökulmat ja uuden ajattelun mahdollisuudet (fruitfull). Teoriassaan Posner ym. tarkastelivat käsitteellistä muutosta lähinnä Kuhnin (1970) tieteen kehittymisen viitekehjessä. (Sinatra ja Pintrich 2003, 7; Nevanpää 2005, 27.) Kognitiivisen konflikti vanhan ja uuden käsityksen välillä ei kuitenkaan empiiristen tutkimusten mukaan välttämättä johda käsitteelliseen muutokseen. Niihin käsitykset ovat varsin käyttökelpoisia arkielämän tilanteissa. Oppilaat eivät välttämättä lainkaan tunne tyytymättömyyttä niihin, joten he eivät myöskään koe tarvetta luopua niistä. Miksi he luopuisivat hyväksi havaituista kognitiivisista työkaluista ja omaksuisivat niiden sijaan tieteellisen selityksen? (Schnotz, Vosniadou ja Carretero, 1999, *xiv*)

Useimmat tutkijat ovat yhtä mieltä siitä, että käsitteellinen muutos on prosessi, jossa ei ole kysymys pelkästään yksilön ajattelusta, vaan siihen vaikuttavat ulkoiset seikat kuten sosiokulttuuriset tekijät ja opetusjärjestelyt. Vosniadoun (2003) mukaan käsitteellisen muutoksen teorian tulisikin sisältää tietoa erilaisista muuttujista: tietoa tarvitaan yksilön kognitiivisista muutoksista, kuten muutoksista uskomuksissa, ajatteluprosesseissa ja strategioissa, jotka omaksutaan muutosprosessin kuluessa. Tietoa tarvitaan myös motivationaalisista ja tunnesidonnaisista tekijöistä, kuten

yksilön käsityksistä ja asenteista tieteeseen, motivaatiosta ja sitoutumisesta opiskeluun, sekä käsityksistä itsestään oppijoina. Yksilönäkökulmaa laajempaan, tärkeänä tekijänä Vosniadou näkee opetusjärjestelyt: otetaanko niissä huomioon tieteellinen opetus? Painottuuko opetusjärjestelyissä muistaminen vai ymmärtäminen, tutkiminen vai auktoriteettiin perustuva oppiminen? Onko oppilailla mahdollisuus itse säädellä ja kontrolloida oppimistaan? Otetaanko opetusjärjestelyissä huomioon konstruktivistinen näkökulma tietoon, metakognitiivisuuden edistäminen, oman tietoisuuden käyttäminen ja intentionaalinen oppiminen? Tarvitaan tietoa myös laajemmasta sosiaalisesta ja kulttuurisesta ympäristöstä, jossa oppilaat elävät ja opiskelevat. Edellytetäänkö oppilailta tieteellistä tietoa arkipäivän keskustelussa ja arvostetaanko tieteellistä tietoa? (Vosniadou 2003, 380).

4.6.1 Kognitiivisten merkitysten vaihtelu ja käsitteellinen muutos

Useimmat käsitteellisen muutoksen teoriat sisältävät ajatuksen, että käsitteellisen muutoksen prosessin päämääränä on vanhojen uskomusten, käsitteiden tai teorioiden korvaaminen uusilla. Tätä ajatusta ovat monet tutkijat (esim. DiSessa 1993; Spada 1993; Caravita ja Halldén 1994; Halden 1999) myös kritisoineet (Limon 2001, 368.) Lapsen kehitykselle on luonteenomaista, että hänellä voi olla erilaisia representaatioita tai käsityksiä samasta asiasta tai ilmiöstä. Vaihtoehtoisia representaatioita käytetään kontekstisidonnaisesti erilaisissa tilanteissa esimerkiksi tehtävien tai sosiaalisen tilanteen vaatimusten mukaisesti. Rodrigo, Triana ja Simon käyttävät tästä ilmiöstä termiä kognitiivisten merkitysten vaihtelu, kognitiivinen variabiliteetti (Rodrigo, Triana ja Simon 2002, 165).

Limon (2001) esittää, että tietoisuus kognitiivisesta konfliktista, eli vanhojen uskomusten ja uuden tiedon välisestä konfliktista on ensimmäinen askel uuden tiedon integroitumisen prosessissa. Oppilaiden käsitteellisten rakenteiden tulisi organisoitua uudelleen niin, että he osaavat erottaa eri tilanteissa sopivat ja adekvaatit käsitteet tai representaatiot, vaikka vanhat uskomukset tai käsitykset säilyisivätkin. (Limon 2001, 368.) Kognitiivisten merkitysten vaihtelevuuteen liittyy erilaisten ajattelutapojen lisäksi myös tiedon representaatioiden eri muodot. Sama

tiedonsisältö saattaa olla representoituneena joko implisiittisessä tai eksplisiittisessä muodossa. Eksplisiittinen tieto on tietoisesti lähestyttävää tietoa, kun taas implisiittinen tieto on tiedostamatonta. Jotta oppilaan implisiittinen tieto voidaan saada kuvailtavaan muotoon, oppilaan on tultava tietoiseksi uskomuksistaan. Opetuksessa lapsia tulisikin rohkaista tuottamaan verbaalisia selityksiä ilmiöistä, muuttamaan implisiittisiä representaatioita eksplisiittisiksi. Tällä tavoin oppilas huomaa, että hänen uskomuksensa ovat ilmiön tulkintoja, eivätkä ehdottomia faktoja. (Rodrico ym. 2002, 167–168.)

4.6.2 Vosniadoun kognitiivis- kehityksellinen näkökulma käsitteelliseen muutokseen

Vosniadoun (2003) mukaan systemaattisen luonnontieteiden opetuksen (meillä Sumessa ympäristö- ja luonnontieto, fysiikka ja kemia) alkuun mennessä useimmille lapsille on kehittynyt eräänlainen naiivi fysiikan käsitejärjestelmä, jonka selitykset auttavat lasta jäsentämään aistikokemuksiaan ja ympäröivän kulttuurin välittämää informaatiota. Tämä käsitejärjestelmä on Vosniadoun mukaan suhteellinen ja selittävä. Sen rakenne ja siihen liittyvät selitykset ja käsitykset ilmiöistä ovat hyvin erilaisia kuin tieteelliset teoriat, joihin lapset tutustuvat koulussa. Luonnontieteiden oppiminen vaatii perusteellista arkikokemukseen perustuvan käsitejärjestelmän uudelleenorganisointia. Käsitteellinen muutos on seurausta monimutkaisista kognitiivisista ja sosiaalisten prosesseista, joissa alkuperäinen arkikokemukseen perustuva käsitejärjestelmä jäsentyy uudelleen. Tutkimukset ovat osoittaneet, että käsitteellinen muutos on hidas ja asteittainen prosessi, johon liittyvät väärinkäsitykset, tiedon muuttumattomuus, sisäiset epäjohdonmukaisuudet ja kriittisen ajattelun puute. (Vosniadou 2003, 377.)

Vosniadoun (2003) mukaan Ihmismieleen on kehittynyt evoluution kuluessa erikoistuneita mekanismeja, joilla kerätään informaatiota fyysisestä ja sosiaalisesta maailmasta. Pieni lapsi oppii nopeasti ja tehokkaasti heti syntymän jälkeen. Lapselle alkaa jo varhain kehittyä naiivi käsitejärjestelmä, joka auttaa häntä toimimaan fyysisessä ympäristössä. Käsitejärjestelmä on kapea-alainen, mutta yhtenäinen. Se koostuu selityksistä, jotka auttavat lasta jäsentämään

aistikokemuksiaan ja ympäröivän kulttuurin välittämää informaatiota. Naiivi fysiikan käsitejärjestelmä voi Vosniadoun mukaan hankaloittaa luonnontieteiden oppimista. Näin tapahtuu siksi, että tieteelliset selitykset usein rikkovat sen peruseriaatteita, jotka jatkuvasti todentuvat ja vahvistuvat arkikokemuksina. Käsitteelliseen muutokseen vaaditaan monien tieteellisten käsitteiden oppimista. Luonnontieteiden oppiminen vaatii kokonaan erilaisen teorian omaksumista, koska naiivin käsitejärjestelmän selitykset ympäröivästä maailmasta eivät ole erillisiä havaintoja, vaan muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Käsitteellinen muutos on hidas ja asteittainen prosessi, jossa yksilön käsitejärjestelmän ennako-oletukset korvautuvat vähitellen. Monet virheelliset käsitykset (miscopnceptions) johtuvat siitä, että oppilaat yrittävät assimilaation avulla liittää uutta tietoa olemassa olevaan käsitejärjestelmäänsä jonkinlaisiksi synteettisiksi malleiksi. (Vosniadou 2003, 381–382.)

Vosniadoun (2003) mukaan käsitteellinen muutos liittyy intentionaaliseen oppimiseen, johon Vosniadou liittää käsitteet metakognitio, itsesääätely, sitoutuneisuus ja kriittinen ajattelu (Vosniadou, 2003, 378). Intentionaaliseen oppimiseen liittyy myös metakäsitteellinen tietoisuus: tämä tarkoittaa oppijan tietoisuutta uskomuksistaan ja ennako-oletuksistaan. Siihen liittyy myös tietoisuus oppimisprosessin aikana tapahtuvista muutoksista näissä uskomuksissa ja siitä, miten oppija kykenee suhteuttamaan tapahtuvat muutokset mielessään. (Vosniadou 2003, 401–402.)

4.6.3 Kognitiivis- kontekstuaalinen näkökulma käsitteelliseen muutokseen

DiSessa (2002) kritisoi käsitteellisen muutoksen tutkimusta siitä, että mentaalisten rakenteiden luonteen teoreettiseen tarkastelu on jätetty liian vähäiselle huomiolle: tarvittaisiin yksityiskohtaista ja täsmällistä käsitteistöä. DiSessan mukaan käsitteellinen muutos on naiivin tason tiedon, arkitiedon, muuttumista monimutkaisiksi tietosysteemeiksi. Naiivin tason monet erityyppiset käsitteelliset elementit muuntuvat ja ryhmittyvät uusiksi rakenteiksi. DiSessa käyttää tästä

kompleksien tietosysteemien muodostamasta näkökulmasta nimitystä käsitteellinen ekologia (conceptual ecology). (DiSessa 2002, 29–32.)

DiSessa ja Sherin (1993) esittävät kaksi rakennetta, jotka ovat keskeisiä tarkasteltaessa käsitteiden olemusta ja ymmärtämistä: koordinaatioluokat (coordination classes) ja p-primitiivit eli fenomenologiset primitiivit (p-primitives, phenomenological primitives). Koordinaatioluokat ovat systemaattisesti yhtenäisiä tapoja, joilla yksilö kerää informaatiota ympäröivästä maailmasta. Koordinaatioluokkien tehtävänä on ensiksikin ohjata mielen toimintoja tietyissä tilanteissa ja erottaa tarpeellinen tieto havaintojen ja näkökulmien moninaisuudesta. Tätä DiSessa ja Sherin nimittävät integraatiotehtäväksi. Toiseksi, koordinaatioluokkien tehtävänä on eri tilanteissa varmistaa, että informaation tulkinnassa on kysymys nimenomaan oikeasta tiedosta. (DiSessa ja Sherin 1993, 1171–1172.) DiSessa erottaa yhtenä koordinaatioluokkien sisäisen rakenteen osana tiedonhankinnan kannalta tarpeelliset tulkintastrategiat (readout strategies), joiden avulla tarpeellinen tieto eri tulkintamahdollisuuksien joukosta voidaan valita. Toisen rakenteellisen kokonaisuuden muodostaa kausaalinen verkosto (causal net), joka sisältää erilaisten kausaalisten päätelmien tekemiseen tarvittavat strategiat. (DiSessa 2002, 44.)

DiSessan (1993) mukaan p-primitiivit ovat pieniä tiedon rakenneosia, skeemoja tai tulkintoja koetusta maailmasta. Ne ovat pieniä kognitiivisen systeemin alkuelementtejä. P-primitiivit alkavat toimia muiden, jo aiemmin aktivoituneiden tietorakenteiden herättäminä, ja aktivoivat puolestaan muita kulloiseenkin kontekstiin liittyviä tietoelementtejä. (DiSessa 1993, 111–112.) DiSessan (2002) mukaan erilaisia p-primitiivejä on valtavasti. Ne ovat löyhästi kytkeytyneet toisiinsa, eikä niiden välillä ole deduktiivisia suhteita tai systemaattisuutta. P-primitiivit ovat yksinkertaisia abstraktioita tutuista asioista. Tieteelliset käsitteet eivät korvaa niitä, vaan niillä on oma paikkansa käsitteiden monimutkaisissa systeemirakenteissa. P-primitiivit eivät voi yksinään toimia fysiikan ilmiöiden selittävinä rakenneelementteinä. Niiden tehtävänä on priorisoida oppimiseen liittyviä näkökulmia ja toimia eriasteisina kiinnekohtina eri yhteyksissä. (DiSessa 2002, 39.) P-primitiivien olemus suhteessa teorioihin tai mentaalsiin malleihin on esikäsitteellinen tai esiteoreettinen.

4.7 Intentionaalinen käsitteellinen muutos

Käsitteellistä muutosta kuvataan tutkimuskirjallisuudessa Limónin (2003) mukaan eri tavoin. Carey (1985) erottaa toisistaan käsitysten heikon ja radikaalin uudelleen organisoitumisen (weak and radical restructuring). Heikossa uudelleen organisoitumisprosessissa keskeisen teorian ytimessä tai uskomuksissa ja ennako-oletuksissa ei tapahdu muutoksia. Sen sijaan radikaalissa uudelleen organisoitumisprosessissa ristiriitaisuudet eivät ole selitettävissä olemassa olevien teorioiden tai käsitysten kautta, vaan tarvitaan kokonaan uusi paradigma, joka mahdollistaa radikaalin muutoksen. Vosniadou (1994) erittelee kolmenlaista käsitteellistä muutosta, joita ovat käsitysten rikastuminen, revisio, ja viitekehysteorian muutos. (Limón 2003, 136.) Ihmisen kognitiivinen prosessointisysteemi on eriytynyt rakenteellisesti siten, että informaation prosessointi voi tapahtua eri tavoin. Algoritmisen tason prosessointi tapahtuu tiedostamattomasti: nopeasti, helposti ja automaattisesti, ilman harkintaa tai tietoista huomion keskittämistä asiaan. Intentionaalisen tason prosessointi taas on päämääräsuuntautunutta ja oppijan itsensä kontrolloimaa. (Sinatra ja Pintrich 2003, 3–4.)

Intentionaalinen käsitteellinen muutos vaatii Limónin (2003) mukaan yksilön tietorakenteiden syvällistä uudelleen järjestäytymistä. Se on vaativa ja aikaa vievä prosessi, joka edellyttää vahvaa sitoutumista ja tavoitteellisuutta, sekä riittävää tiedonalakohtaista tietoa. (Limón 2003, 164.) Limón (2003) esittää kolme välttämätöntä ennakkoehtoa intentionaalille käsitteelliselle muutokselle. Ensiksi, yksilön täytyy olla tietoinen tarpeesta muuttaa omia käsityksiään. Lisäksi hänen täytyy tietää, minkä täytyy muuttua (metakognitiivinen ennakkoehto). Toiseksi, yksilöllä täytyy olla halu muuttaa käsityksiään. Muutos on nähtävä henkilökohtaisena, ei muiden asettamana tavoitteena (tahdonalaisuusehto). Kolmanneksi, yksilöiden tulee pystyä säätelemään muutosprosessia, suunnittelemaan, tarkkailemaan ja arvioimaan sitä (itsesääteleyehto). (Limón 2003, 136.)

Yksilön täytyy tulla tietoiseksi omien käsitystensä ja vaihtoehtoisten käsitysten tai selitysmallien välisestä ristiriidasta. Vaihtoehtoiset selitysmallit on nähtävä uskottavina, omaan entiseen selitysmalliin uutta näkökulmaa tuovina. Yksilön täytyy arvioida muutostarve, sen konteksti ja mahdollinen oletettu lopputulos. Omat resurssit (aiemmat tiedot, epistemologiset uskomukset, päämäärä, motivaatio, ongelmanratkaisutaidot) on otettava huomioon. Tämä vaatii metakognitiivisen tason itsearviointia. Muutos vaatii tiedonala- ja asiaspesifejä metakognitiivisia, suunnitteluun, tarkkailuun ja arviointiin liittyviä taitoja. (Limón 2003, 140–141.) Tietty määrä asiaspesifiä tietoa on tarpeen, jotta intentionaalinen käsitteellinen muutos olisi mahdollista. Liian vähäinen tai olematon asiaan liittyvä tieto vaikeuttaa muutosprosessia. On vaikea tietää minkä pitäisi muuttua ja miksi, jos tietoa ei ole riittävästi. Intentionaalinen käsitteellinen muutos vaatii korkean tason tiedonalakohtaista metakognitiivista valmiutta suunnitella, säädellä ja arvioida muutosprosessia. Riittävä asiaan liittyvä tai tiedonalakohtainen tieto ei kuitenkaan takaa intentionaalisen muutosprosessin onnistumista. Erityisesti eksperttitasolla tehtävän haasteellisuus vaikuttaa siten, että rutiininomaisesta orientaatiosta siirrytään vaativampaan ongelmanratkaisuun. (Limón 2003, 165–166.)

Hennessey (2003) näkee intentionaalisen oppimisprosessin ja intentionaalisen käsitteellisen muutoksen analogisina. Metakognitiivinen työskentely ja intentionaalinen käsitteellinen muutos ovat vahvasti toisiinsa sidoksissa. Metakognitiivinen työskentely voi Hennesseyn mukaan tapahtua joko representaatiotasolla tai evaluaatiotasolla. Representaatiotasolla tapahtuva metakognitiivinen ajattelu merkitsee sisäistä tietoisuutta ajatusrakennelmista, mikä tuodaan ilmi verbaalisten diskurssien kautta. Se on aikaan ja hetkeen sidottua kognitiivista kontrollia, joka antaa oppijalle mahdollisuuden tarkkailla ja hienosäätää ajatteluaan päämääräsuuntautuneeseen tehtävään liittyen. Tämä kyky ulkoisesti tuoda ilmi sisäisiä ajatusrakennelmia voi tapahtua joko algoritmisella, heikosti tiedostetulla tasolla, tai intentionaalisella tasolla. Evaluatiivisen tason metakognitiiviset prosessit tapahtuvat useimmiten intentionaalisella tasolla. Evaluatiivisen tason prosessointi merkitsee yksilön kykyä tehdä päätelmiä ajatusrakennelmista, ja kykyä tarkastella persoonallisten tiedonrakenteiden sisältöjä tai niiden rajoituksia. Se viittaa ajattelu- tai oppimisprosesseihin: selittää yksilön käsitysten olemusta tai viittaa yksilön käsitteellisen ekologian eri komponentteihin.

Tämä metakognition aspekti käsittää oppijan kyvyn sitoutua työstämään ajattelun kautta määrätietoisesti ja evaluatiivisesti irrallisia tietoelementtejä ja merkityksellisesti kokoamaan sekä yhdistelemään niitä. Molemmat metakognition tasot ovat tarpeellisia oppilaille, kun he yrittävät ohjata ja kontrolloida itse aloitettua oppimisprosessiaan. (Hennessey 2003, 125–126.)

Oppilaiden metakognitiivisen, intentionaalisen työskentelyn aktivoimisessa opetusjärjestelyillä on tärkeä merkitys. Opettajan rooli oppimisyhteisön luojana, organisoijana ja innostajana on keskeinen. Oppimateriaali on vain yksi osatekijä kokonaisuudessa. Olennaista on, että oppilas oppii tiedostamaan opiskeltavaan asiaan liittyviä ennakkokäsityksiään ja uskomuksiaan, rohkaistuu keskustelemaan ja jakamaan ajatuksiaan muiden kanssa metakognitiivisella tasolla, oppii ankkuroimaan uusia ideoita analogisesti ja rohkaistuu soveltamaan oppimaansa erilaisissa konteksteissa. (Vrt. Hennessey 2003, 114–115.) Vaikka oppilaat itse ovat oppimisprosessin keskiössä, opettajalla on silti kriittinen rooli opetustilanteiden organisoijana, oppimisen edistäjänä, informaation lähteenä ja erilaisten oppimiseen ja opetukseen liittyvien tekijöiden koordinaattorina. Jos opetuksessa on mukana informaatio- ja kommunikaatioteknologiaa, opettajan tehtävänä on tukea oppilaiden oppimisprosessia ja tarjota tukea sekä oppimisympäristöön ja teknologiaan että oppimisen kohteena oleviin asioihin liittyen. (Vrt. Qi ja Jianwei 1999, 232.)

Käsitteellisen muutoksen prosessissa on mukana erilaisia välittäjiä ja vaikuttajia. Ferrari ja Elik (2003) pitävät kulttuurista viitekehystä, sosiaalista kontekstia ja ontologista fokusta prosessin kriittisinä välittäjinä (mediators). Kulttuurinen ympäristö toimii välittäjänä yleisesti hyväksytyjen kertomusten ja käsitteiden, institutionaalisten normien ja käytäntöjen, kulttuurin tuottamien artefaktien sekä kielen kautta. Nämä kaikki muodostavat sen kulttuurisen ja institutionaalisen todellisuuden, joka toimii käsitteellisen ymmärtämisen kehyksenä. Sosiaaliset kontekstit vaikuttavat käsitteelliseen muutokseen toisten ihmisten kautta. Käsitteet tulevat ymmärretyksi omissa ontologisissa kategorioissaan (esim. substanssit - prosessit, mieli - materia). Ontologinen fokus vaikuttaa siihen, kuinka käsite suhteutuu yksilön käsitteelliseen ekologiaan. Jos käsite luokitellaan väärään kategoriaan, siihen liittyvän uuden käsitteen oppiminen vaikeutuu. (Ferrari ja Elik 2003, 39–41.)

Ferrari ja Elik (2003) määrittelevät kolmentyyppisiä vaikuttajia, jotka joko helpottavat tai vaikeuttavat käsitteellistä muutosta: a.) uskomuksiin liittyvät vaikuttajat, b.) tunnesidonnaiset vaikuttajat, kuten emotionaalinen arviointi, motivaatio ja arvot, ja c.) intentioniin liittyvät vaikuttajat, kuten tahdon voimakkuus ja itsesäättely. Intentioniin liittyvät vaikuttajat sisältävät intentioiden voimakkuuden (erityisesti yksilöllisen tahdon voimakkuuden, volition) vaikutukset käsitteelliseen muutokseen. Tahdon voimakkuuteen vaikuttavat yksilön intention taso, intentionaalinen sitoutuminen ja itsesäättelyn taso. Intention tai intentionaalisuuden taso voi vaihdella niin, että toisessa ääripäässä on intention täydellinen puuttuminen, kun taas toisessa ääripäässä on äärimmäinen intentionaalisuus ja päättäväisyys. Intention tasoon vaikuttavat yksilön uskomukset ja tunteet, metakognitiivinen tieto ja metatahto (metadesires, desires about desires). Käsitteellistä muutosta ei todennäköisesti tapahdu, jos yksilöllä on vähäinen intentio muuttaa käsityksiään. Toisaalta vahva intentio ja päättäväisyys johtavat joko vääristyneeseen tai positiiviseen ja radikaaliin käsitteelliseen muutokseen. Tämä taas on sidoksissa itsesäättelyn laatuun. (Ferrari ja Elik 2003, 42.) Intentioniin vaikuttaa myös intentionaalisen itsesäättelyn muoto. Intentionaalisuus voi suuntautua pohdiskeluun ja teoreettisen ymmärryksen lisäämiseen (mind - to - world fit), tai se voi olla käytännöllisesti suuntautunutta. Intentionaalisuus on käytännöllisesti suuntautunutta, kun arvioinnin kohteena on se, kuinka toimia tietyssä tilanteessa (world - to - mind fit). Käytännöllisessä muutoksessa saattaa esimerkiksi olla kysymys toimintatapojen valinnasta. Yksilön täytyy päättää, ottaako tarkasteltavakseen paradigmaattisen tason, prototyyppitason vai rajoitettujen tapausten tason. (Ferrari ja Elik 2003, 43.)

Itsesäättelyn laadulla Ferrari ja Elik (2003) tarkoittavat sitä, kuinka tehokkaasti yksilö on sitoutunut käsitteellisen muutoksen prosessiin. Matala itsesäättelyn taso merkitsee vähäistä suunnitelmallisuutta, vähäistä itsesäättelyä ja arviointia. Vahva itsesäättelyn taso merkitsee huolellista suunnittelua ja suunnitelmallisuutta, itsesäättelyä ja arviointia. Tehokas itsesäättely vaatii strategista toimintaa, joka perustuu huolelliseen itsearviointiin ja itsehallintaan. Se edistää sellaisten selitysmallien muodostumista, joiden prosessoinnissa on ollut mukana tahto ja taito. Tässä yhteydessä Ferrari ja Elik viittaavat Parisiin ja Winogardiin (1990). (Ferrari ja Elik 2003, 42.)

5. Käsitteiden oppiminen ja käsitykset tutkimuksen kohteena

5.1 Käsitteiden oppiminen ja käsitykset tässä tutkimuksessa

Tieto, osaaminen, tietorakenteet ja käsitykset ovat tässä tutkimuksessa keskeisesti tarkastelun kohteina. Tutkimus sisältää sekä kvantitatiivista, oppilailta kyselylomakkeen avulla kerätyn informaation tarkastelua että haastatteluaineiston laadullista analysointia. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen yhdistäminen voidaan nähdä ongelmallisena, jos teoreettisten lähestymistapojen taustaoletuksia ei huomioida. Käsitteet ovat osa ihmismielen tietorakenteita, joiden avulla annetaan merkityksiä asioille ja tulkitaan todellisuutta. Tässä tutkimuksessa ihmismieleen oppimisen seurauksena linkittyneet käsitteiden representaatiot ja käsiterakenteet nähdään tulkintoina todellisuudesta. Informaatio, jota otamme vastaan, kulkee aina aistiemme kautta, ja on siten väistämättä tulkintamme kohteena vastaanottaessamme sitä. Puhdasta, täysin tulkinnasta vapaata informaatiota ei tämän tutkimuksen ontologisen viitekehyksen mukaisesti ole (Vrt. mm. DiSessa 1993, 262; Marton 1993, 262). Martonin mukaan puhdas, tulkitsematon data ihmismielessä on mahdottomuus. DiSessa käyttää tulkinta termin asemesta sanaa ”skematisaatio”, tarkoittaen sillä juuri tulkintaa. DiSessan mukaan p-primitiivit ovat tulkintoja tai skematisaatiota todellisuudesta. (DiSessa 1993, 262; Marton 1993, 262) Käsitykset ovat puolestaan käsitteitä laajempia mentaalisia, tulkinnallisia kokonaisuuksia. Tässä tutkimuksessa ei nähdä ongelmana laadullisen ja määrällisen tutkimusotteen yhdistämistä. Paremminkin monipuolinen kuvaus voidaan nähdä positiivisessa valossa, osoituksena monipuolisesta, triangulatiivisesta lähestymistavasta tutkimuksen kohteena olevaa ilmiökenttää kohtaan.

5.2 Virheelliset käsitykset

Käsitteellisen muutoksen teoriat puhuvat virheellisistä käsityksistä monessa eri merkityksessä. Eri yhteyksissä ja hieman eri asioista käytetään erilaisia termejä: vaihtoetoiset käsitykset (alternative conceptions), ennakkokäsitykset (preconceptions), virhekäsitykset (misconceptions), vääristynyt mentaalimalli

(Flawed mental model, Chi ja Roscoe 2002, 7), vaihtoehdotiset tai väärät uskomukset (alternative beliefs, incorrect beliefs, Chi ja Roscoe 2002, 5 - 6) naiivit käsitykset (naive conceptions, Vosniadou) jne. Naiivi tieto on usein virheellistä (incorrect) verrattuna formaaliin tietoon. Se vaikeuttaa usein formaalin tiedon oppimista ja syvällistä ymmärtämistä. Tietyn tyyppinen naiivi tieto voidaan helposti korjata opetuksen avulla. Chi ja Roscoe nimittävät tällaista naivin tiedon muotoa ennakkokäsityksiksi (preconceptions). Chi ja Roscoe nimittävät virhekäsityksiksi (missconceptions) sellaisia naivin tiedon muotoja, joiden muuttuminen ei tapahdu helposti. Tällainen väärä ymmärrys säilyy opetuksesta huolimatta (Chi ja Roscoe 2002, 3). **Tässä tutkimuksessa virheellisillä käsityksillä tarkoitetaan arkitietoa, joka ei ole relevanttia todellisuuden tai tieteellisen ajattelun näkökulmasta. Ne ovat virheellisiä uskomuksia, joita oppilailla saattaa olla erilaisista tämän tutkimuksen aihepiirin käsitteistä, asioista tai ilmiöistä.**

5.3 Aikaisempia tutkimuksia

Oppilaiden ja opiskelijoiden käsityksiä sähkövirrasta on tutkittu laajasti. Tutkimusta on suunnattu sekä peruskoulutuksen tiedeopetukseen (Primary School science) että yliopistotasolle (Introductory Physics Courses at University level). Tutkimukset ovat tuoneet tietoa oppilaiden ja opiskelijoiden käsityksistä ja toisaalta niistä vaikeuksista, joita heillä on sähkövirran käsitteen ymmärtämisessä. Myös lasten käsityksiä jännitteestä, energiasta ja resistanssista on tutkittu. Tutkimus on ollut paljolti kuvailevaa, ja menetelmät erilaisia eri tutkimuksissa. (Borges ja Gilbert 1999, 95.) Tutkimukset keskittyvät erilaisten käsitystyyppien määrittelyyn usein melko kapea-alaisesta näkökulmasta käsin. Tarvittaisiin kuitenkin myös laaja-alaisia selvityksiä siitä, kuinka oppilaat ajattelevat sähkön tai elektroniikan osana arkielämäänsä. Teknisen työn opetuksen tehtävänä on antaa oppilaille valmiuksia ymmärtää ja hallita arkielämän moninaista teknologiaa. Sen vuoksi myös oppilaiden käsitysten tutkiminen nimenomaan käytännön näkökulmasta olisi tärkeää.

Ronen ja Eliahu (2000) selvittivät tutkimuksessaan, tuoko sähkövirtapiirien toimintoja simulaatioiden avulla havainnollistava tietokoneohjelma lisäarvoa oppimiseen. Tutkimukseen osallistui 4 Israelilaisen kaupunkikoulun 9. luokkaa (126 oppilasta) Oppilaat olivat 15-vuotiaita. He opiskelivat valtakunnallisen

opetussuunnitelman mukaisesti sähköön liittyviä oppisisältöjä yli kahden kuukauden ajan. Luokat jaettiin satunnaisesti kahteen koeryhmään ja kahteen kontrolliryhmään. Opetuksesta huolehti kaksi opettajaa, joilla kummallakin oli sekä koe- että kontrolliryhmä. Koeryhmä tutustui simulaatio-ohjelmaan kaksi viikkoa opetuksen alkamisen jälkeen. Yhden harjoittelukerran jälkeen he saivat käyttöönsä simulaatio-ohjelman ja harjoitustehtäviä, jotka olivat osa heidän kotitehtäviään seuraavan kuuden viikon ajan. Opiskelujaksoon liittyvä teoreettinen loppukoe järjestettiin kaikille ryhmille samana päivänä. Luokkien tai ryhmien saavutusten välillä ei ollut testin perusteella eroja. Oppilailla oli havaittavissa samoja yleisiä vaikeuksia ja virhekäsityksiä, mitä oli havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa. (Ronen ja Eliahu 2000, 15–16.)

Teoriakokeen jälkeen oppilaat osallistuivat varsinaiseen tutkimusjaksoon, joka muodostui sekä koe- että kontrolliryhmien osalta neljästä sessiosta. Näissä sessioissa oppilaat työskentelivät pareittain. Sessioihin osallistuneiden oppilasparien tehtävänä oli ratkaista kaksi tehtävää. Ensimmäisessä tehtävässä oppilaiden piti piirtää pulpetille rakennetusta kytkennästä kytkentäkaavio. Tehtävänä oli analysoida, kuinka kytkentään kuuluvat komponentit oli yhdistetty toisiinsa johtimilla, ja tehdä kytkennästä piirikaavio. Toisena tehtävänä oli rakentaa saatavilla olevista komponenteista todellinen virtapiiri, joka toimisi määritellyllä tavalla, mielellään ensimmäisellä yrityksellä. (Ronen ja Eliahu 2000, 16–17.)

Tutkimustulokset osoittivat, että tutkimuksen harjoitustehtävien ratkaisuihin simulaatioita käyttäneiden oppimistuloksissa oli merkitseviä eroja suhteessa niiden oppilaiden saavutuksiin, jotka eivät simulaatio-ohjelmaa hyödyntäneet. Simulaatio-ohjelman käyttö tutkimustilanteessa lisäsi oppilaiden motivaatiota ja sitoutumista tehtävän ratkaisuun. Simulaatiot toimivat konstruktivisena palautteena oppilaille: tämä auttoi heitä huomaamaan virheellisiä käsityksiään ja korjaamaan niitä. Simulaatioiden hyödyntäminen ja simulaatiomallien manipuloimisen kautta hankittu kokemus näytti edistävän oppilaiden kykyä tuottaa piirikaavio todellisesta kytkennästä. Tutkimustulosten mukaan n. 70 % oppilaista hyötyi jollain tavoin simulaatio-ohjelman käytöstä. Ohjelman käytöstä ei ollut hyötyä niille oppilaille, joilla oli muutoinkin erittäin hyvä käsitteellisen ymmärryksen taso. Myöskään oppilaat, joilla oli riittämätön oppimisen sisältöjen ymmärtämisen taso, eivät hyötäneet

simulaatioista. Jotkut oppilaista asennoituivat tietokoneisiin kielteisesti, eivätkä sen vuoksi halunneet käyttää ohjelmaa. Simulaatiot näyttäisivät tutkimustulosten mukaan lisäävän teoreettisten perusteiden ymmärtämistä. Lisäksi ne toimivat linkkinä teoreettisten mallien kuvaamisen ja todellisten sovellusten välillä. (Ronen ja Eliahu 2000, 25.)

Jaakkola ja Nurmi (2007) ovat tutkimuksessaan selvittäneet simulaatioiden ja laboraatiotyöskentelyn yhdistämistä sähköön perusteiden opettamisessa. Tutkimukseen osallistui 66 neljännen ja viidennen luokan oppilasta (10–11 vuotiaita, joista 29 poikia ja 35 tyttöjä) yhdestä suomalaisesta kaupunkikoulusta. Koska sähköön liittyvät asiat olivat ensimmäistä kertaa kouluopetuksessa esillä näillä oppilailla, opetuksen tarkoituksena oli perehdyttää heidät sähköopin perusteisiin, tehdä heille tutuksi suljetun virtapiirin käsite sekä jännitteen eli potentiaalieron periaate sarjaan ja rinnankytkennässä. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa oppilaille tehtiin alkutestaus. Alkutestauksen perusteella oppilaat jaettiin kolmeen tietämykseltään samantasoiseen ryhmään. Yksi ryhmistä opiskeli laboraatioympäristössä perinteistä rakenteluserjaa käyttäen (paristot, lamput, johtimet, kytkimet, yleismittari). Toinen ryhmä opiskeli pelkästään simulaatioiden avulla. Kolmas ryhmä käytti opiskelussa sekä simulaatio-ohjelmaa että perinteisiä laboraatiovälineitä. Oppilaat työskentelivät ryhmissä pareittain intervention ajan. Interventio eli opetuksellinen jakso kesti yhden kaksoistunnin verran, ja se ajoittui alkutestausta seuraavalle viikolle. Lopputestaus tehtiin interventiopäivän jälkeisenä päivänä. Oppilaat testattiin sekä alku- että lopputestauksessa niin, että he tekivät testit yksilösuorituksina. (Jaakkola ja Nurmi 2007, 3–4.)

Lopputestissä oli perustehtävien (samat kuin alkutestissä) lisäksi vaativampia tehtäviä. Tuloksia tarkasteltiin sekä perustehtävien että vaativampien tehtävien osalta. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että oppimistulokset olivat merkitsevästi paremmat lopputestissä alkutestin tuloksiin verrattuna kaikkien opiskeluryhmien osalta ($p < 0.05$). Lopputestin pistemäärissä oli tilastollisia eroja kaikkien ryhmien suhteen perustehtävien, vaativampien tehtävien ja molempien tehtävien yhteispistemäärien suhteen. Kombinaatioryhmä eli ryhmä, joka opiskeli sekä simulaatioita että laboraatiotyöskentelyyn tarkoitettua rakenteluserjaa käyttäen, menestyi selvästi paremmin kuin laboraatioryhmä kaikilla kolmella pistemäärällä

mitattuna. He menestyivät myös simulaatioryhmää paremmin vaativampien tehtävien pistemäärissä ja kokonaispistemäärissä, mutta eivät perustehtävien pistemäärissä. Laboraatioryhmän ja simulaatioryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa testin tuloksissa. (Jaakkola ja Nurmi 2007, 7.)

Juuti (2005) on tutkinut fysiikan oppisisällöistä Newtonin mekaniikan oppimista tieto- ja viestintäteknikan keinoin. Tämä tutkimus halutaan ottaa esille tässä yhteydessä, vaikka se ei liity sähkön tai elektroniikan oppisisältöihin. Kysymyksessä kuitenkin on tämän käsillä olevan tutkimuksen tavoin tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntävä, osaksi käsitteelliseen ymmärtämiseen ja käsitteelliseen muutoksen ja oppimiseen liittyvä tutkimus. Hänen laaja design tutkimuksensa keskittyi virtuaalisen Newtonin mekaniikkaa käsittelevän oppimisympäristön kehittämiseen. Varsinaiseen oppimistuloksia kartoittavaan kenttätutkimuksen osallistui 53 viides-kuudesluokkalaista helsinkiläisoppilasta kolmelta eri luokalta. Oppilaat opiskelivat 6 tuntia Newtonin mekaniikkaa kolmen viikon aikana virtuaalista oppimisympäristöä käyttäen. Tutkimuksessa käytettiin alkutesti–opiskelujakso–lopputesti asetelmaa. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että oppilaat kykenivät oppimaan Newtonin mekaniikkaan (voima, liike) liittyviä oppisisältöjä. Oppilaiden oppimistulokset eivät lopputestin mukaan olleet kuitenkaan kovin korkeat. Puolet testiin osallistuneista oppilaista antoi oikean vastauksen yli puoleen lopputestin kysymyksistä. Juuti toteaaakin, että kuuden tunnin opiskelujakso oli ehkä liian lyhyt aika käsitteellisen muutoksen tapahtumiseksi Newtonin mekaniikkaan liittyvässä tietämyksessä. (Juuti 2005, 86–94.)

Pilatou ja Stavridou (2004) ovat tutkineet 11–12 -vuotiaiden oppilaiden käsityksiä sähkön syntymisestä ja tuottamisesta, sen siirtämisestä alkulähteiltään koteihin sekä sähkön yhdistämisestä kodin sähkölaitteisiin. Oppilaiden alkuperäisten käsitysten kehittymistä selvitettiin kahdenlaisessa opiskeluympäristössä. Opiskelu tapahtui koeryhmän osalta yhteistoiminnallisuuteen perustuvassa sosiaalis-konstruktivistisesti toteutetussa oppimisympäristössä ja kontrolliryhmän osalta perinteisessä opiskeluympäristössä. Tutkimuksessa oli mukana 383 oppilasta, joista 213 opiskeli koeryhmissä ja 170 kontrolliryhmissä. Tutkimuksessa oli mukana oppilaita seitsemästä peruskoulusta, jotka sijaitsivat Voloksen alueella Kreikassa. (Pilatou ja Stavridou 2004, 697–698.) Tutkimus osoitti, että oppilailta oli ennen

opetusjaksoa erilaisia vaihtoehtoisia käsityksiä sähkön perusteista ja kodin sähkölaitteiden kytkennästä. He mm. uskoivat, että sähkövirta on voimakasta ja sitä on kaikkialla, esim. pistokkeissa, seinässä, sähkölaitteiden sisällä, lattiassa jne. Heillä oli kapea ja pirstaloitunut kuva sähkövirran kulusta sen alkulähteiltä koteihin. Piirroksissaan he esittivät mm., että voimajohtopylväs tai seinäpistoke ovat sähkön alkulähteitä. He myös uskoivat, että sähkön siirtämiseksi sähkölähteestä kotiin riittää yksi johdin. Heillä ei ollut arkikokemuksen perusteella selvää mielikuvaa kodin sähköjärjestelmästä. (Pilatou ja Stavridou 2004, 712–713.)

Pilatou ja Stavridou (2004) tutkimuksessa koeryhmien opetusta varten suunnitellut 9 erilaista oppimiskokonaisuutta olivat perusrakenteeltaan suunniteltu ottaen huomioon alkutestin tulokset ja niiden perusteella havaitut oppilaiden vaikeudet. Opetuskokonaisuuksien toteutuksessa korostettiin oppilaiden aktiivisuutta, jolloin oppilailla oli mahdollisuus ilmaista omia käsityksiään opetettavasta asiasta. Myös ryhmätyöskentelyn merkitys oli korostunut. Ryhmillä oli käytössään välineistö, johon kuului lampuja, johtimia, paristoja, kytkin ja yleismittari. Innovatiivisiin oppimiskokonaisuuksiin sisältyi yleismittarin käytön opettelua, kahden lampun sarjaan ja rinnankytkentöjen tekemistä. Niissä käsiteltiin kodin sähkölaitteita ja sähköjärjestelmää, sekä sähkövirtaa sen alkulähteiltä koteihin. Oppimistilanteissa tehtiin harjoitustöitä ja mittauksia käytettävissä olevilla välineillä. Oppilaat perehtyivät mm. resistanssin ja sähkövirran käänteiseen verrannollisuuteen. He perehtyivät laborointitehtävien kautta kodin sähkövirtapiireihin ja keskustelivat näiden eroista ja yhtäläisyyksistä. Ryhmä teki yhdessä harjoitukset, kirjasi havainnot ylös, vertaili mittauksia ja mittauksista tekemiään johtopäätöksiä. Ryhmäkeskusteluissa käytiin läpi oppilaiden ajatuksia ja väiteltiin oppilaiden ideoista, sekä hyväksyttiin lopulta ryhmän yhteinen johtopäätös. Ryhmien tiedoista ja johtopäätöksistä keskusteltiin muun luokan kanssa. Niistä etsittiin yhtäläisyyksiä ja eroja, ja lopulta tehtiin lopulliset johtopäätökset luokan kanssa käydyistä keskusteluista. (Pilatou ja Stavridou 2004, 700–701.)

Kontrolliryhmien opetus koostui viidesluokkalaisten osalta kuudesta oppitunnista, ja kuudesluokkalaisten osalta kahdeksasta oppitunnista. Traditionaalinen opetus tapahtui voimassaolevan opetussuunnitelman mukaisesti. Sen mukaisesti opetus oli opettajajohtoista: opettaja on tiedon jakaja. Kokeiden tai demonstraatioiden

tekemistä opetussuunnitelmassa ei painoteta. Demonstraatiot tekee opettaja, jos niitä esitetään. Yhteistoiminnallisuutta tai keskustelua toisten oppilaiden kanssa ei korosteta. Viidesluokkalaisten opetukseen sisältyi tietoa sähkövarauksesta, sähkölähteistä, sähkövirrasta, virtapiireistä, sähkönsiirrosta ja kulutuksesta, kodin sähkölaitteistosta, sähköjärjestelmästä ja sähkökeskuksesta, sekä sähkövirran vaikutuksista. Kuudesluokkalaisten opetukseen sisältyi tietoa sähkönsiirto- ja voimantototavoista, voimalaitoksista ja generaattoreista, sekä kodin sähkölaitteiden (mm. imuri, tuuletin) sekä erilaisten sähköisten lelujen toiminnasta. Sekä viides että kuudesluokkalaisilla oli mahdollisuus keskustella kolmen lampun rinnan ja sarjaan kytkennän periaatteista kirjan kuvien perusteella. He keskustelivat myös sähkönsiirto- ja voimantototavoista, sähköenergian siirrosta ja kulutuksesta, sähkönsiirtojohtimien lukumäärästä ja liittamisestä rakennuksiin, sulakkeiden merkityksestä, sähkölaitteiden liittamisestä sähköverkkoon ja kodin sähkölaitteiden toiminnasta. (Pilatou ja Stavridou 2004, 701–702.)

Opetusjakson jälkeen kontrolliryhmiin kuuluvien oppilaiden käsitykset kodin sähkölaitteiden toiminnasta eivät olleet muuttuneet. Heidän sähkönsiirtämistä koteihin ja kodin sähkölaitteita kuvaavat piirroksensa olivat samanlaisia tai jopa heikompiäisiä kuin ennen opetusjaksoa. Sen sijaan koeryhmiin kuuluneiden lasten vastaukset ja piirrokset paranivat huomattavasti intervention jälkeen. Heidän käsityksensä kodin sähköjärjestelmän rakenteesta ja toiminnasta parani oleellisesti. Monet oppilaat ymmärsivät, että kolme sähkölaitetta voi toimia yhtä aikaa kodin sähköjärjestelmässä, koska ne on kytketty rinnan järjestelmään, ja kukin niistä muodostaa oman virtapiirin. Oppilaat kehittivät myös uusia mentaalisia malleja sähkövirran alkuperästä ja sen siirtämisestä koteihin ja kytkemisestä kodin sähkölaitteisiin. Monet ymmärsivät, että virtapiiri on välttämätön sähkölaitteiden toiminnalle. He ymmärsivät, että sähkövirran siirtämiseksi sähkölaitokselta kotiin tarvitaan kaksi sähköjohdinta. He esittivät myös, että kodin sähkölaitteet on kytketty rinnan toisten kodin sähköjärjestelmässä olevien laitteiden kanssa. (Pilatou ja Stavridou 2004, 713.)

Borges ja Gilbert (1999) olivat valinneet tutkimuksensa kohteeksi ryhmän toisen asteen opiskelijoita, ja kolme eri ryhmää sähköalan ammattilaisia. Yksi ammattilaisryhmä koostui fysiikan opettajista, toinen sähköinsinööreistä ja kolmas

sähköasentajista ja laboratorioavustajista. Opiskelijat (yhteensä 28) olivat ensimmäisen ja kolmannen vuosikurssin, toisen asteen koulutuksessa olevia opiskelijoita, sekä kolmannen vuosikurssin opiskelijoita teknillisestä koulusta. Fysiikan opettajia oli mukana 11, sähköinsinöörejä 7 ja 10 sähköalan töissä olevaa henkilöä, joilla ei ollut muodollista koulutusta alalle. Tutkimustuloksena Borges ja Gilbert (1999) nimesivät neljä erilaista käsitysmallia sähköstä: sähkö virtauksena, vastakkaisten sähkövirtojen malli, sähkö varausten liikkeenä ja virtapiirimalli. (Borges ja Gilbert 1999, 101–102.)

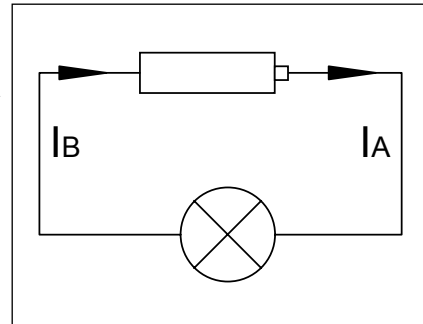
Virtausmallissa käsityksille oli luonteenomaista, että sähkövirran, energian, sähkö ja jännitteen tieteellisiä käsitteitä ei selkeästi kyetty erottamaan toisistaan. Sähkövirta oli käsitysten mukaan ”jotain, joka virtaa” piirin läpi paristosta lamppuun, kuten vesi hydraulisessa systeemissä. Tämä virtaava, näkymätön ”jokin” nimettiin joko energiaksi, sähköksi tai sähkövirraksi. Paristo oli tämän energian tai sähkön lähde. Se nähtiin passiivisena varastona, joka vain varastoi sähköä ja kuluu loppuun kun virtapiirin osat kuluttavat sitä. Virtapiirin toimintaa ei osattu kuvata sisäisten mekanismien tai prosessien kautta, vaan kuvaukset perustuivat havaittuihin tapahtumiin ja niiden vaikutuksiin. Tämä käsitysmalli esiintyi yksinomaan ensimmäisen vuoden opiskelijoilla (ikä 15 vuotta), sekä osaksi myös heikosti koulutetuilla sähköalan ammattilaisilla. Opiskelijat yrittivät aluksi liittää lampun paristoon vain yhden johdon avulla, mikä viittaa muissa tutkimuksissa havaittuun ”unipolaariseen” käsitykseen sähköstä. (Borges ja Gilbert 1999, 102–103.)

Vastakkaisten sähkövirtojen mallin omaksuneet henkilöt eivät selkeästi erottaneet sähkövirtaa energiasta. Termeillä saattoi olla yhtäläinen merkitys. Sähkövirta nähtiin energiana tai sähkönä, joka virtaa johtimia pitkin virtapiirissä pariston molemmista navoista kohti lampua. Positiivisen ja negatiivisen virran oletettiin liikkuvan erillisiä johtimia pitkin. Kohdatessaan hehkulampussa ne tuottavat lämpöä ja valoa. Paristo nähtiin tässäkin mallissa sähkön tai energian varastona, joka kuluu loppuun aikaa myöten lampun kuluttaessa sitä. Opiskelijat mainitsivat silloin tällöin myös protonit ja elektronit. He olettivat, että sähkövirta muodostuu sähköisistä hiukkasista jotka liikkuvat virtapiirin läpi. Tämän selitysmallin omaavat opiskelijat eivät kahta toisen vuosikurssin opiskelijaa lukuun ottamatta olleet opiskelleet sähköön liittyviä oppisisältöjä aiemmin. (Borges ja Gilbert 1999, 104–105.) **Sähkövarausten liikkumisen mallin** omaksuneet henkilöt pitivät

sähkövirtaa sähköisten varausten liikkeenä johteessa. Paristo nähtiin aktiivisena sähköön lähteenä, joka tuottaa energiaa. Energia muuttuu sähkövarauksiksi kemiallisen reaktion seurauksena. Virtapiiriin liitettävien elementtien kaksinapaisuus ja suljetun virtapiirin muodostamisen tarve tunnistettiin selkeästi. Virtapiirin toiminta nähtiin aikasidonnaisten tapahtumien sarjana. Käsityksissä painottuivat yksittäisten komponenttien toiminta. Virtapiiriä ei kyetty näkemään interaktiivisena systeeminä. (Borges ja Gilbert 1999, 106.) **Virtapiirimallissa** sähkövirran ja energian käsitteet erotettiin toisistaan. Sähkövirta nähtiin sähköisesti varautuneiden hiukkasten liikkeenä jännitteen eli potentiaalieron seurauksena. Sähkövirta kiertää ja säilyy suljetussa virtapiirissä. Virtapiirin elementtien kaksinapaisuus tunnistettiin. Pariston napojen välillä vallitsee potentiaaliero, joka synnyttää virtapiirin: tämän vuoksi sähkövaraukset liikkuvat johdeainetta pitkin. Virtapiiri ymmärrettiin kokonaisuudessaan interaktiivisena systeeminä, jolloin sähköinen muutos leviää koko virtapiiriin. Puolet fysiikan opettajista ja muutamat teknisen koulun opiskelijat olivat omaksuneet virtapiirimallin mukaisen käsityksen. (Borges ja Gilbert 1999, 107–108.)

Taiwanissa toteutettu kansallinen tutkimus kartoitti oppilaiden käsityksiä fysiikan eri osa-alueilta. Tsai ym. (2007) raportoivat osana kansallista tutkimusta tutkimusartikkelissaan taiwanilaisten oppilaiden sähkövirtapiireihin liittyvistä käsityksistä. Kyseinen tutkimus koostui kahdesta ositetusta satunnaisotannasta, joista toisessa oli mukana 7145 kahdeksannen ja yhdeksännen luokan oppilasta, ja toisessa 2857 11. luokan oppilasta. Oppilasmäärä oli n. 2.3 % kyseisistä kokonaisikäluokista. Tsai ym. (2007) käyttivät tutkimuksessaan kaksitasoista diagnostista mittaria (ks. kuvio 8 s. 63), jota on yleisesti käytetty oppilaiden vaihtoehtoisten käsitysten diagnosointiin tiedeopetukseen liittyvissä tutkimuksissa (mm. Treagust 1988; Tamir 1989; Tan, Goh, Chia ja Treagust 2002). Tutkimuksessa käytetty mittari käsitti kaksi versiota, joista toinen oli 8. ja 9. luokan oppilaille ja toinen 11. luokan oppilaille. Testeissä oli myös joitakin yhteisiä kysymyksiä eri ikäluokille. Niiden avulla oli mahdollista vertailla yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia ikäluokkien välillä. (Tsai ym. 2007, 485.)

Yhdistä paristo ja lamppu virtapiiriksi kuvan mukaisesti. Jos I_A on paristolta lähtevä virta ja I_B on virta joka palaa takaisin paristolle, kumpi on suurempi?



- (1) $I_A > I_B$ (2) $I_A = I_B$ (3) $I_A < I_B$

Syy

- (A) Lamppu kuluttaa virtaa
 (B) Lamppu kuluttaa sekä virtaa että energiaa
 (C) Sähkövirta on sähkövarausten liikettä ja virrat ovat yhtä suuret koska sähkövaraus säilyy
 (D) Sähkövirta on energian liikettä ja virrat ovat yhtä suuret koska energia säilyy

KUVIO 8: Esimerkki mittarin tehtävästä (Tsai ym. 2007, 488)

Tsain ym. tutkimuksen mukaan oppilailla oli erilaisia virhekäsityksiä virtapiirien ymmärtämiseen liittyen. Tutkijat määrittelevät virhekäsitystyyppit Sähkövirran vähenemisen malliksi (ACCM, Alternative Current Consumption Model) ja Energian säilymisen malliksi (AECM, Alternative Energy Conservation Model). Sähkövirran vähenemisen mallin mukaisesti ajatteleva oppilas uskoi, että sähkövirta vähenee kulkiessaan pariston navalta toiselle, koska virtapiirissä oleva lamppu kuluttaa sitä. Tämä virhekäsitystyyppi on tunnistettu useissa eri tutkimuksissa (mm. Grayson 1996; Osborne 1981, 1983; Shipstone 1985; Shipstone ym. 1988; Tsai, 2003). Energian säilymisen malli puolestaan merkitsi sitä, että oppilas ajattelee pariston navalta virtapiiriin lähtevän ja toiselle navalle tulevan sähkövirran olevan yhtä suuret energian säilymisen perusteella. Oppilaiden oli vaikea erottaa sähkövirran ja energian käsitteitä toisistaan. (Tsai ym. 2007, 486–489.) Tsain ym. (2007) tutkimuksen mukaan 22 prosentilla 8. ja 9. luokkalaisista oppilaista oli tieteellisesti hyväksyttävä käsitys yksinkertaisen virtapiirin toiminnasta. 38 prosenttia oli omaksunut sähkövirran vähenemisen mallin mukaisen virhekäsityksen (ACCM) ja 19 prosenttia oppilaista oli omaksunut energian säilymisen mallin (AECM) mukaisen virhekäsityksen. Vastaavasti sarjaan kytkennässä 25 prosentilla oppilaista oli tieteellisesti hyväksyttävä käsitys sähkövirran kulusta ja suuruudesta sarjaan kytkennässä, 17 prosentilla oli sähkövirran vähenemisen malli virhekäsitys ja 28

prosentilla energian säilymisen malli virhekäsitys. Rinnankytkennässä luvut olivat tieteellisesti hyväksyttävä käsitys 19 prosenttia ja sähkövirran vähenemisen malli 12 prosenttia. Rinnankytkennässä 45 prosentilla oppilaista oli erilaisia sarjaan kytkentään liittyviä, virheellisiä perusteluja virtapiirin toiminnasta. (Tsai ym. 2007, 493–494.)

Edellä esiteltyjen tutkimusten mukaan sähköä ja sähkövirtaa koskevaan osaamiseen ja tietämykseen liittyi paljon virheellisiä käsityksiä sekä nuorilla oppilailla että myös aikuisilla opiskelijoilla ja jopa sähköalan ammateissa toimivilla. Tästä näkökulmasta katsottuna sähkö- ja elektroniikkaopetuksen kehittämiseen tähtäävä tutkimus on hyvin perusteltua.

6. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

6.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaista tietoa oppilailla on sähköstä ja elektroniikan käsitteistä. Tarkoitus on samalla selvittää oppilailla mahdollisesti tapahtuvaa käsitteellistä muutosta elektroniikan opintojakson aikana teknistä työtä opiskelevilla seitsemäsluokkalaisilla. Opiskelun välineenä on käytetty vuorovaikutteista oppimateriaalia, joka käsittelee elektroniikan perusteita: elektroniikan ja sähköopin peruskäsitteitä, komponentteja, niiden toimintaa virtapiirissä jne. Materiaaliin sisältyy tutkimustehtäviä. Oppilaat kokeilevat, toteuttavat ja ratkaisevat niitä rakentelumateriaalin avulla. Rakentelumateriaali muodostuu koekytkentälevystä, elektroniikan komponenteista, sähkölähteistä ja muusta kytkentöjen tekemiseen tarvittavasta materiaalista, kuten johtimista yleismittarista ja työvälineistä. Multimeditamateriaali ja rakentelumateriaali on suunniteltu ja valmistettu Säkylän yhteiskoulun opetussuunnitelman sisällöt huomioiden.

6.2 Tutkimusongelmat

1. Millaisia tietoja oppilailla on sähkön ja elektroniikan perusteista ennen elektroniikan opetusjakson alkamista?
2. Millaisia tietoja oppilailla on sähkön ja elektroniikan perusteista opetusjakson jälkeen?
3. Eroavatko lyhyemmän ja pidemmän opetusjakson läpi käyneiden oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista?
4. Millaisia sähköön ja elektroniikkaan liittyviä käsityksiä oppilailla on?

6.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen toteuttaminen

Erilaisten tutkimusmenetelmien taustalla on erilaisia oletuksia tiedon ja todellisuuden luonteesta. Perinteinen kahtiajako määrällisen ja laadullisen tutkimuksen välillä ei ole enää yksiselitteisen riittävä. Metodologioiden taustalla olevien epistemologioiden ja ontologioiden kriittinen pohdiskelu onkin tärkeää. (Heikkinen, Huttunen, Niglas ja Tynjälä, 2005, 340–341.) Perinteisesti (määrällisessä) tutkimuksessa on nojaututtu realistiseen oletukseen, jonka mukaan todellisuus on olemassa ihmisen ulkopuolella hänen tajunnastaan riippumatta. Määrällisen tutkimusperinteen taustalla on luonnontieteellisen maailmankuvan suurien nimien Galilein ja Descartesin ajatuksia. Galileisen ajatusperinteen keskiössä ovat kausaalisuhteet eli syyn ja seurauksen logiikka. Descartesin ajatusten pohjalta puolestaan on syntynyt kartesiolainen dualismi ja tutkijan objektiivisuuden ihanne. Tutkija on tuon ihanteen mukaisesti todellisuudesta erillinen olento, joka pyrkii tarkastelemaan todellisuutta ulkopuolisen, puolueettoman tarkastelijan näkökulmasta. Ihmistieteissä on alettu kuitenkin käyttää kokoavana käsitteenä konstruktivismia kuvaamaan nykyajalle tyypillisiä uskomuksia tiedon ja todellisuuden luonteesta. Todellisuutta ei enää nähdä objektiivisena tosiasioden tilana, vaan todellisuus tuotetaan kielen ja kommunikaation kautta. Ihmiset antavat

asioille nimiä ja merkityksiä, jolloin todellisuus rakentuu jatkuvina diskursseina ja uusiutuvina kertomuksina. (Heikkinen, ym. 2005, 341–342.)

Kokemusperäisten tieteiden metodologiat sisältävät ne periaatteet, joiden mukaan yhteydet tieteen teorian ja hypoteesien suunnalta tapahtuvat kokemusmaailmaan ja sen tosiasioihin. Tutkimusmetodologian valinnan tulisi pohjautua tutkittavan kohteen ja tutkimusongelmien luonteen varaan. Kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen menetelmän ero koskee todellisuuden erilaisia kuvaustapoja. Toinen menetelmä voi olla hedelmällisempi jonkin ongelman käsittelyssä, toinen jonkin toisen ongelman analysoinnissa eikä menetelmien rinnakkainenkaan käyttö ole kiellettyä. (Heinonen, 1989.) Niiden käyttäminen samassa tutkimuksessa on kuitenkin ongelmallista, jos tutkija ei ole tietoinen lähestymistapojen erilaisista tieteenfilosofisista taustaoletuksista. Tässä Heikkinen viittaa Niglakseen (2004). (Heikkinen ym. 2005, 352.)

Tämän tutkimuksen avulla oli tarkoitus saada tietoa, joka auttaa ymmärtämään syvällisemmin oppimista elektroniikan opetusjakson aikana. Tutkimuksessa käytettiin alkumittaus – opetusjakso – loppumittaus asetelmaa. Yhden ryhmän osalta opetusjaksoa jatkettiin kahdella viikolla, käytännössä kaksi 3 oppitunnin istuntokertaa. Heille tehtiin uusittu loppumittaus. Tutkimuksen mittarit pyrittiin suunnittelemaan niin, että ne antaisivat riittävän laajan kokonaiskuvan oppilaiden elektroniikkaan ja sähköopin perusteiden tietämyksestä. Alkumittauslomake muodostui monivalintatehtävistä ja avoimista kysymyksistä. Monivalintatehtävissä oli pääsääntöisesti 4 vastausvaihtoehtoa. Kaksi täydentävää taustatietoa kartoittavaa kysymystä sisälsivät vain kaksi vastausvaihtoehtoa.

Oppilaiden käsitysten tutkimisessa käytettiin puolistrukturoitua haastattelua. Haastatteluaineiston analysointi tapahtui fenomenografisen analyysin avulla. Fenomenografia määritellään tieteelliseksi, tutkimukselliseksi lähestymistavaksi, joka asettaa tavoitteeksi kuvata yksilöiden käsityksiä ympäröivästä maailmasta. Fenomenografian päätavoite on luonnehtia variaatiota ihmisten kokemuksissa ja käsityksissä ja korostaa sitä, kuinka asiat ilmenevät heidän maailmassaan (Niikko, 2002, 46). Fenomenografiassa yksilöt nähdään erilaisia ilmiöitä täysin tai osittain eri tavoin kokevina. Fenomenografinen kuvaus on vaihtelevuuden kuvausta

kollektiivisella tasolla. Yksilöitä ei siis huomioida, vaan kuvauksen tarkoitus on säilyttää eri tavoin koettujen ilmiöiden rakenne ja olennainen merkitys (Marton 1996, 187.) Fenomenografia kuvaa Martonin (1982) mukaan niitä laadullisesti erilaisia tapoja, joilla todellisuuden eri puolet käsitteellistetään, sekä etsii saavutettujen kuvaustapojen kategorioiden välisiä loogisia suhteita (Järvinen ja Järvinen 2004, 83).

6.4 Haastattelu tutkimusmenetelmänä

Lomakehaastattelulla, teemahaastattelulla ja syvähaastattelulla pystytään tutkimaan erilaisia ilmiöitä ja hakemaan vastauksia erilaisiin ongelmiin. Teknisesti näiden kolmen haastattelun ero perustuu haastattelun pohjana olevan kyselyn ja tutkimuksen toteutuksen strukturoinnin asteeseen. Toisaalta näillä haastattelumuodoilla on kullakin erilainen suhde tutkittavaa ilmiötä kuvaavaan teoriaan ja tutkimusmenetelmää perusteleviin teoreettisiin oletuksiin. Lomakehaastattelu on kvantitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmä. Teemahaastattelu eli puolistrukturoitu haastattelu on avoimuudessaan lähellä syvähaastattelua. (Tuomi ja Sarajärvi 2004, 76–77.) Teemahaastattelussa edetään tiettyjen keskeisten etukäteen valittujen teemojen ja niihin liittyvien tarkentavien kysymysten varassa. Metodologisesti teemahaastattelussa korostetaan ihmisten tulkintoja asioista, heidän asioille antamia merkityksiä sekä sitä, miten merkitykset syntyvät vuorovaikutuksessa. (Hirsjärvi ja Hurme 2001, 48.) Teemahaastattelussa pyritään löytämään merkityksellisiä vastauksia tutkimuksen tarkoituksen ja ongelmanasettelun tai tutkimustehtävän mukaisesti. Periaatteessa etukäteen valitut teemat perustuvat tutkimuksen viitekehukseen eli tutkittavasta ilmiöstä jo tiedettyyn. (Tuomi ja Sarajärvi 2004, 76 – 78.)

Haastattelutilanteessa, jossa haastateltavana on lapsi tai oppilas, on läsnä aikuisen ja lapsen välinen valtaero. Valtaero on tutkimushaastattelun näkökulmasta sekä myönteinen että kielteinen asia. Toisaalta se suo aikuiselle oikeuden tehdä erilaisia kysymyksiä, ja sen seurauksena lapselta odotetaan vastauksia niihin. Tämä kysyminen ja vastausten antaminen on aikuisen ja lapsen välisen vuorovaikutuksen arkipäiväinen piirre, johon lapset sosiaalistuvat perheissä, koulussa ja muissa

kohtaamisissaan aikuisten kanssa. Toisaalta aikuisen ja lapsen epätasa-arvo voi heijastua haastatteluun ja sen tavoitteisiin myös negatiivisella tavalla. Keskusteluun saattaa rakentua opettaja-oppilas suhde. Aikuinen tietää vastaukset, joiden osaamisen hän ikään kuin tarkistaa lapselta. Lapsen tietämisen raportointi voi olla haastattelun ja kysymysten tavoite. Jos pyrkimyksenä on saada käsitys lapsen arjen kokemuksista ja niihin perustuvista näkemyksistä, ei tietämisen kertominen välttämättä tuota tätä. Jos lapsi toimii haastattelutilanteessa opettaja-oppilas suhteen tavoin, hänen vastaamistaan ohjaa pyrkimys oikeiden vastausten antamiseen. Lapsen vastaukset voivatkin kertoa enemmän siitä, mitä hän olettaa haastattelijan odottavan vastauksilta kuin siitä, miten asiat näyttävät hänelle hänen omassa elämänpiirissään. Tällöin lapsen ja aikuisen valtaero muovaa merkittäväällä tavalla haastatteluvuorovaikutusta. Lapsen runsaat ”en tiedä” tai ”en muista” vastaukset voivat olla merkki tästä. (Alasuutari 2005, 152 - 153.) Lapsen kvalitatiivista haastattelua ei voida toteuttaa puhtaana siten, että aikuisen ja lapsen yhteiskunnallisen aseman ero voitaisiin hälventää tilanteesta kokonaan. Haastattelijan roolia voi kuvata asemaksi, jossa tämä on ilman kontrollipyrkimystä vakavasti kiinnostunut ymmärtämään lapsen tavan nähdä asioita, ajatella asioita tai siitä, millaisia käsityksiä hänellä on kyseessä olevista asioista. (Alasuutari 2005, 153.) Oppilailla oli joissain tämän tutkimuksen teemahaastatteluissa runsaasti ”en tiedä” -vastauksia. On vaikea arvioida, oliko niiden taustalla todellinen tiedon puute, oliko kysymys haastattelutilanteeseen liittyvästä jännityksestä vai valtasuhteiden luomasta epävarmuudesta. Toisaalta pidän rooliani opettajana melko suorana ja välittömänä suhteessa oppilaisiin. Sen voisi ajatella heijastuvan myös haastattelutilanteeseen positiivisesti. Uusi tilanne saattaa kuitenkin tuoda oppilaalle epävarmuuden tunnetta.

6.5 Tutkimusprosessin eteneminen

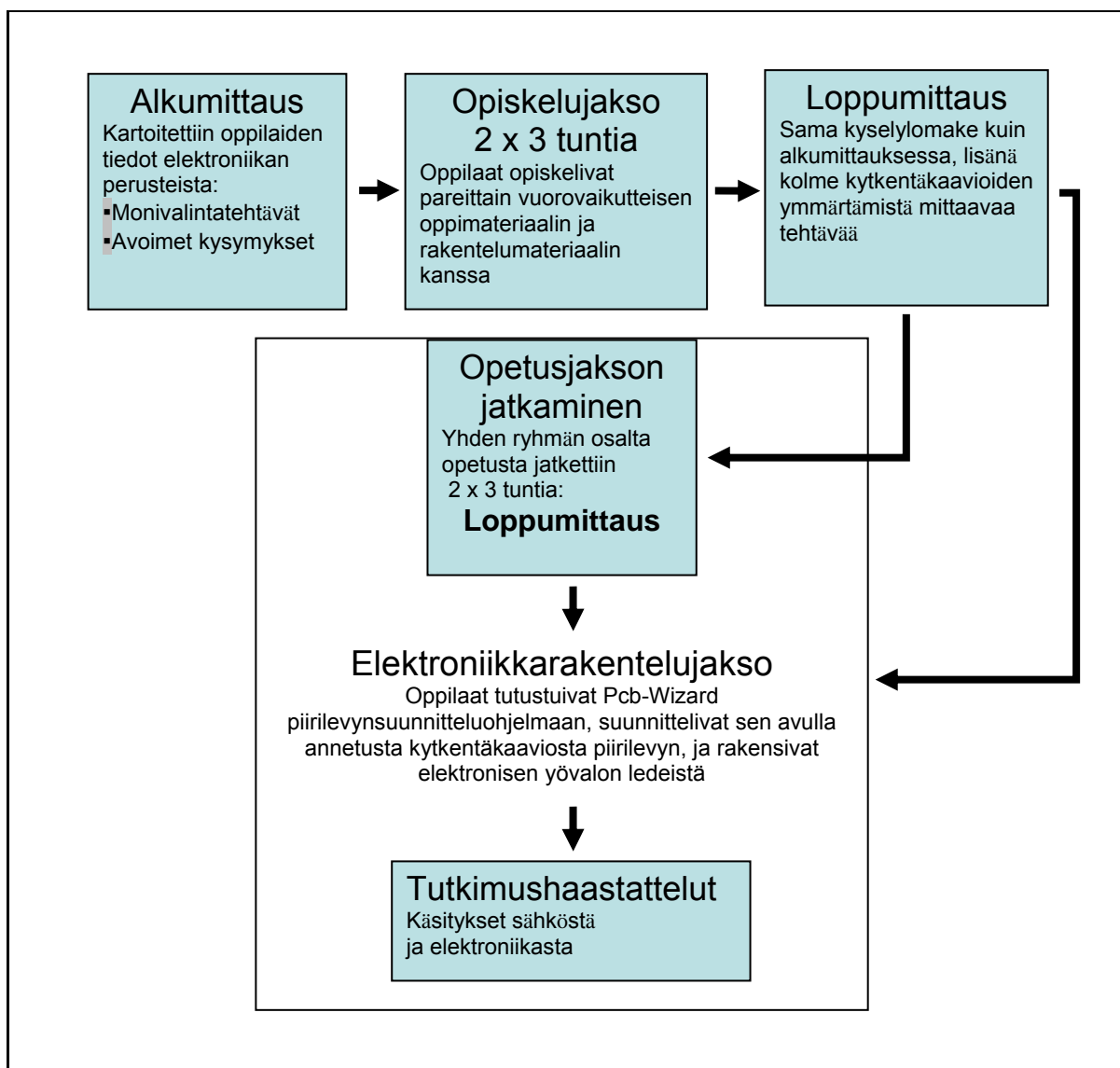
Alun perin tämän tutkimuksessa tarkoitus oli tarkastella oppimisprosessia ja erityisesti siltä kannalta, miten elektroniikan käsitteiden oppiminen tapahtuu kognitiivis-sosiaalisena konstruointiprosessina. Oppimistilanteissa seurattiin erityisesti muutamia oppilaspareja. Oppilasparit valittiin kustakin ryhmästä vapaaehtoisuuden pohjalta. Heidän etenemistään, toimintaa ja sosiaalista

vuorovaikutustaan seurattiin videoimalla. Tarkoitus oli analysoida videotallenteet käyttämällä Kumpulaisen ja Wrayn (2002) luokittelua oppilasryhmien sisäisen vuorovaikutuksen analysoimisessa. Analyysin tuloksia oli tarkoitus verrata oppimistuloksiin. Tästä tutkimustehtävästä kuitenkin luovuttiin. Tähän oli useita syitä. Ensiksikin kahden oppilasparin osalta opiskelujakson aikana sattui parin toiselle oppilaalle poissaolo, jolloin poissaolleen parin tilalle vaihtui kesken tutkimusjakson toinen oppilas. Toiseksi, videotallenteiden siirtämisessä tietokoneelle oli ongelmia. Tallennusta yritettiin useita kertoja sillä tuloksella, että koneen uudelleen toimintakuntoon saaminen oli työn takana. Kolmanneksi, kolmen oppilasparin seuraaminen noin kuuden oppitunnin ajan tuotti videomateriaalia 18 tuntia. Tuon materiaalin purkaminen ja analysoiminen alkoi tuntua liian suurelta urakalta saavutettavaan hyötyyn ja tietoon nähden. Kausaalisten vertailujen tekeminen kuuden oppilaan aineiston perusteella ei näyttänyt mahdolliselta.

Tutkimus toteutettiin Säskylän yhteiskoulun 7. luokkien teknisen työn ryhmissä helmimaaliskuussa 2006. Oppilaiden tiedot elektroniikan perusteista kartoitettiin alkumittauksessa kyselylomakkeella ennen varsinaisen tutkittavan opiskelujakson alkua. Oppilaita oli tässä vaiheessa tarkoitus myös haastatella. Haastattelun avulla olisi tarkemmin selvitetty oppilaiden käsityksiä elektroniikan perusasioista. Alkumittaus antoi kuitenkin viitteitä siitä, että haastattelu ei tässä vaiheessa toisi lisäarvoa tutkimuksen kannalta. Lomakekyselyjen perusteella oppilailla oli yllättävän vähän tietoa aivan elektroniikan peruskäsitteistä. Oppilaat osallistuivat tutkimukseen normaaleilla teknisen työn tunneillaan. Opetusryhmät olivat kukin saman luokan oppilaiden muodostamia 9–10 oppilaan ryhmiä (7.a: 9 oppilasta, 7.b: 10 oppilasta ja 7.c 10 oppilasta).

Tutkimus toteutettiin siten, että oppilaat opiskelivat pareittain. Näin heillä oli mahdollisuus sosiaaliseen vuorovaikutukseen oppimistilanteessa. Oppimistilanne nähdään tässä tutkimuksessa paitsi yksilön kognitiivisten prosessien näkökulmasta, myös sosiaalisen vuorovaikutuksen myötä tapahtuvana tiedonrakentamisprosessina, jossa ovat osallisena yksittäiset oppilaat sekä toisaalta oppilaat työskentelypareina, ryhmänä ja yhteisönä opettaja ja tutkijat mukaan lukien. Itse toimin opiskelujakson ajan sekä tutkijana että opettajana ja tilanteen koordinoijana yhdessä kasvatustieteen opiskelijoiden Olli Eskelisen ja Marko

Göösin kanssa. Oppimistilanteet videoitiin yhteensä kolmen oppilasparin osalta. Näitä videoita ei muuttuneen tutkimustehtävän vuoksi myöhemmin hyödynnetty



KUVIO 9: Tutkimuksen toteutus

Kahden 3 oppitunnin mittaisen istuntokerran jälkeen oppilaille tehtiin loppumittaus, joka koostui alkumittauksen kyselylomakkeesta, johon oli lisätty kolme piirikaavioiden ymmärtämistä mittaavaa tehtävää. Alustavan loppumittauskyselylomakkeiden tarkastelun jälkeen päätettiin opiskelujaksoa jatkaa vielä yhden opetusryhmän (10 oppilasta) osalta toiset 2 kertaa 3 oppitunnin istuntoa. Ratkaisuun päädyttiin, koska loppumittauksessa ei havaittu ainakaan kovin selviä muutoksia suhteessa alkumittaukseen. Aineistoa ei tässä

vaiheessa analysoitu mitenkään systemaattisesti. Päättely perustui pintapuoliseen tarkasteluun, ja osoittautui tutkimuksen edetessä jopa virheelliseksi.

Tutkimusjakson pidentyessä yhden ryhmän osalta, multimediamaateriaaliin tehtiin lisätehtäviä, joiden tarkoitus oli saada oppilaat aktiivisemmin kiinnittämään huomiota myös materiaalin teoriaosuuteen. Yksi lisätehtävistä oli piirikaaviosymboleiden tunnistustehtävä. Toisen lisätehtävän tarkoituksena oli saada oppilaat perehtymään NPN ja PNP transistorien toimintaperiaatteisiin sekä niiden eroihin. Oppilaat vastasivat tehtävään kirjallisesti. Yhdeksi lisätehtäväksi valittiin yksinkertainen vaihtoehtotehtävä, joka koski avoimen ja suljetun virtapiirin tunnistamista. Tässä tehtävässä oppilaille esitettiin piirikaavioiden muodossa yksinkertainen avoin ja suljettu virtapiiri, ja pyydettiin heitä valitsemaan suljettu virtapiiri. Tämä tehtävä otettiin mukaan, koska avoimen ja suljetun virtapiirin käsitteiden ymmärtäminen oli osoittautunut oppilaille erityisen vaikeaksi. Yhtenä lisätehtävänä oli koekytkentälevyllä toteutettava kondensaattori–transistoriajastin. Oppilaat rakensivat kytkennästä kaksi eri versiota ja mm. mittasivat transistorin kantajännitteen ja kannan kynnysjännitteen. Näissä tehtävissä opettaja ohjasi tarvittaessa oppilaita. Viimeisen opiskelukerran päätteeksi pidemmän opiskelukakson läpi käyneille oppilaille tehtiin toinen loppumittaus, joka oli sisällöltään ja toteutukseltaan samanlainen kuin kaikille ryhmille tehty ensimmäisen loppumittaus.

Varsinaisen aktiivisen opiskelukakson jälkeen oppilaat siirtyivät elektroniikan rakentelukaksonlle. Lyhyemmän opiskelukakson oppilaat siirtyivät tähän vaiheeseen heti ensimmäisen loppumittauksen jälkeisillä teknisen työn tunneilla. Pidemmän opiskelukakson läpi käynyt ryhmä siirtyi rakentelukaksonlle oman opiskelukaksonsa päätyttyä. Rakentelukaksonlla oppilaat tutustuivat Pcb-Wizard piirilevyn suunnitteluohjelman käyttöön. He suunnittelivat annetun kytkentäkaavion mukaisen piirilevyn ja valmistivat sen piirtämis-syövyttämistekniikalla. Piirilevylle toteutettiin ohjeen mukainen yövalokytkentä. Oppilaat suunnittelivat itse myös yövalon kotelon. Tutkimushaastattelut tehtiin oppilaille tämän jakson aikana.

7. Tutkimuksen aineisto ja aineiston analysointimenetelmät

7.1 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto muodostui alkumittauksen kyselylomakkeiden vastauksista, sekä oppimistuloksia mittaavien loppumittausten vastauksista. Lisäksi 18 oppilaalta kerättiin haastatteluaineisto, joka kartoitti laajemmin heidän käsityksiään sähköstä ja elektroniikasta. Tämä haastateltujen oppilaiden joukko koostui teknisen työn ryhmien osalta siten, että yhdestä ryhmästä haastateltiin neljää oppilasta, yhdestä ryhmästä kuutta ja yhdestä kahdeksaa oppilasta. Haastatelluista kahdeksan oppilasta kuului pidemmän interventiojakson läpi käyneeseen opiskeluryhmään. Tämän aineiston keräämiseen päädyttiin, koska lomakehaastattelujen antaman informaation avulla ei olisi päästy tarkastelemaan oppilaiden käsityksiä laajemmin. Oppimisjakson aikana oppilaiden tekemiä tuotoksia ja piirroksia ei nähty tarpeellisena analysoida. Niiden tehtäväksi jäi olla osana oppilaiden tiedon konstruointiprosessia. Kyselylomakkeilla kerättyä tutkimusaineistoa analysoitiin yksinkertaisin tilastollisin tunnusluvuin ja erilaisten taulukoiden ja kuvaajien avulla. Aineistosta muodostettuja summamuuttujia analysoitiin myös käyttämällä Wilcoxonin testiä oppimistulosten erojen tilastollisen merkitsevyyden selvittämiseksi. Haastatteluaineisto analysoitiin fenomenografista menetelmää käyttäen. Sen rinnalla tarkasteltiin yksittäisten oppilaiden tuottamaa haastatteluaineistoa tapauskohtaisesti, osana analyysia.

Käsityksiä tarkasteltaessa kartoitettiin samalla oppilailla esiintyviä virhekäsityksiä. Opettajaa ja tutkijaa kiinnostaa, onko opetus jättänyt jälkiä ja onko minkäänlaista käsitteellistä muutosta tapahtunut. Koska ennen tutkimusjaksoa ei tehty haastatteluja oppilaiden käsityksistä, käsitysten muuttumista ei siinä mielessä voi tutkia. Toisaalta alkumittausten perusteella oppilailla oli hyvin hatarat tiedot monista elektroniikan perusteisiin liittyvistä käsitteistä, jonka vuoksi haastatteluista ennen opetusjaksoa siis alun perin luovuttiin. Haastatteluaineistosta tehdyn fenomenografisen analyysin perusteella hahmottui haastateltujen oppilaiden käsitteellisen ymmärryksen rakenne. Sitä tarkastellaan myös suhteessa alkumittausten tuloksiin. Tällöin voidaan pohtia käsitysten muuttumisen

mahdollisuutta. Sinänsä fenomenografian avulla ei voi tehdä päätelmiä syy- ja seuraussuhteista opetuksen ja analyysin avulla muodostuneen käsiterakenteen välillä.

7.2 Mittausten luotettavuus

Mittarin luotettavuus on tutkimuksen luotettavuuden kannalta olennainen tekijä. Luotettavuutta kuvataan reliabiliteetillä ja validiteetillä. Reliabiliteetin sisältö viittaa tutkimuksen toistettavuuteen: jos mittari on reliaabeli, mittaustulokset olisivat eri mittauskerroilla samansuuntaisia. Ongelmana tällaisessa tarkastelussa on mittausten aikaväli ja mittausten välillä tapahtuvat mahdolliset muutokset tutkittavan ominaisuuden suhteen. Validiteetin keskeinen sisältö on se, mitataanko sitä, mitä on tarkoitus mitata. (Metsämuuronen 2006, 56.) Mehrens ja Lehmann (1984, 59–60) reflektivat seuraavia puutteita opettajien tekemissä testeissä:

1. **Kysymykset voivat olla epämääräisiä** – kysymyksen tai yksittäisen sanan voi ymmärtää monella tavalla. Kysymyksen muotoilussa tulisi pyrkiä siihen, että kaikki vastaajat tulkitsevat sen samalla tavoin. Vastauksissa esille tulevien erojen tulisi olla seurausta erilaisesta tietämyksestä.
2. **Sanoja käytetään liikaa** – Kysymyksen monisanaisuus ei edistä välttämättä sen ymmärtämistä. Mitä täsmällisempi ja ytimekkäämpi kysymys on, sitä todennäköisemmin oppilas ymmärtää sen oikein.
3. **Kysymysten taso painotettu epätarkoituksenmukaisesti** – Kysymykset eivät kata niitä tavoitteita ja painotuksia, joita opettaja on opetuksessaan tuonut esille. Jos monet kysymykset käsittelevät yksittäisiä faktoja tai tietoja, ylemmät taidot, kuten ymmärtäminen ja soveltamiskyky saattavat jäädä mittaamatta.
4. **Käytetään epätarkoituksenmukaisesti erilaisia tehtävätyyppejä** – on valittava sellainen tehtäväformaatti, joka sopii parhaiten juuri kyseessä olevan

asian mittaamiseen. Eri tehtävätyypeillä on eri yhteyksissä omat etunsa ja haittansa.

7.2.1 Reliabiliteetista

Mittauksen toistettavuuden mittana käytetään usein reliabiliteettikerrointa. Reliabiliteetti voidaan laskea kolmea eri tietä: rinnakkaismittauksella (samaan aikaan eri mittarilla), toistomittauksilla (eri aikaan samalla mittarilla), tai mittarin sisäisen konsistenssin, yhtenäisyyden kautta. Toistomittausta käytettäessä yksilö voi muuttua mittausten välillä. Muutos saattaa olla myös toivottu, jos on kysymyksessä tämän tutkimuksen tavoin opetuksen vaikutusten mittaamisesta. Sisäisen konsistenssin mittaaminen tapahtuu joko jakamalla mittari keinotekoisesti kahteen osaan (esim. Cronbachin alfa ja Spearmanin-Brownin Rho). (Metsämuuronen 2006, 58.) Tässä tutkimuksessa mittarin reliabiliteetin arviointi on sikäli ongelmallista, että samaa yksittäistä asiaa ei mitattu kuin yhdellä kysymyksellä tai kysymysosalla. Kysymykset kyllä liittyvät samaan ilmiö- ja käsitekokonaisuuteen, mutta edustavat sen hyvin erilaisia osia ja erillisiä kokonaisuuksia. Esim. Cronbachin alfan laskeminen ei siten anna luotettavaa tietoa mittarin reliabiliteetistä.

Tässä tutkimuksessa käytetyn mittarin osioita suunniteltaessa pyrin siihen, että mittari kartoittaisi riittävän laajasti elektroniikan ja sähköopin perusteita. Esimerkiksi avoin kysymys suljetusta virtapiiristä on sähkökäsitteen ja virtapiirin ymmärtämisen kannalta aivan olennainen. Voidaan kuitenkin miettiä, oliko avoimien kysymysten reliabiliteetti riittävä? Avoimien kysymysten pisteytyksessä olisi pystyttävä erottamaan ja pisteyttämään toisaalta samaa osaamista osoittavat erilaiset ilmaisut, että erilaista osaamista osoittavat ilmaisut johdonmukaisesti ja täsmällisesti. Olisiko pelkästään monivalintatehtäviä sisältävällä mittarilla saatu parempi ja luotettavampi mittaustulos? Tässä tutkimuksessa kaikki avoimien kysymysten vastaukset käytiin vielä tutkimuksen viimeistelyvaiheessa läpi pisteytyksen osalta. Kaikista vastauksista annetut pisteet käyvät ilmi liitteistä 2–4. Rantasen (2003) mukaan avoimet tehtävät mittaavat käsitevaliditeettitarkastelussa tarkemmin tiettyä asiaa. Monivalintatehtävillä on kuitenkin merkittävästi suurempi mittaustarkkuus, ja

mittausten tekeminen monivalintatehtävinä johtaa usein parempaan mittaustulokseen. (Rantanen 2003, 12.) Suljetun ja avoimen virtapiirin tunnistamiseksi testiin olisi avoimen kysymyksen lisäksi ehkä ollut syytä lisätä yksi tai useampi monivalintakysymys, joiden vaihtoehtoina olisi ollut erilaisia virtapiirejä. Näistä tehtävistä oppilaan olisi pitänyt tunnistaa suljettu ja avoin virtapiiri. Tällä tavoin sama asia olisi tullut mitatuksi usealla tavalla. Samalla sekä mittaustarkkuus että mittauksen luotettavuus olisi lisääntynyt.

TAULUKKO 7: Monivalintatehtävien suunnittelu (Mehrens ja Lehman 1984, 156–164)

1. Huolehdi, että tehtäväkohdan perusidea on selkeästi ilmaistu varsinaisessa kysymysoosassa.
2. Avainsanat tulisi esittää kysymysoosassa, jotta niitä ei tarvitse toistaa jokaisessa vastausvaihtoehdossa
3. Liiallista monisanaisuutta tulisi välttää. Monisanaisuus tekee tehtäväkohdan epäselväksi ja vaikeaksi ymmärtää,
4. Jos tehtäväkohdassa käytetään lauseentäydennysformaattia, vastausvaihtoehdot esitetään vasta koko kysymysoosan jälkeen
5. Järjestä vastausvaihtoehdot selkeäksi ja homogeeniseksi kokonaisuudeksi
6. Vältä liian vaikeaa sanastoa kysymyksissä ja vastausvaihtoehdoissa
7. Vastausvaihtoehtojen (myös väärrien) tulisi olla uskottavia ja homogeenisia.
8. Oikeat vastausvaihtoehdot eivät saisi järjestelmällisesti poiketa pituudeltaan n harhauttajista
9. Vältä antamasta asiaankuulumattomia vihjeitä oikeista vastauksista. (sama avainsana tehtäväkohdassa ja vastausvaihtoehdossa, absurdit vastausvaihtoehdot.)
10. Harkitse ”en tiedä” vaihtoehdon käyttämistä. Heikoilla oppilailla saattaa olla taipumus välttää sitä. Formatiivisessa arvioinnissa sen käyttö on perusteltua, koska se antaa viitteitä opetuksen ohjaamiseksi.
11. Jokaisessa tehtäväkohdassa tulisi olla vain yksi oikea tai paras vaihtoehto.
12. Vältä ”kaikki edelliset” tai ”ei mikään edellisistä” vaihtoehtoja.
13. Vältä päällekkäisiä vastausvaihtoehtoja.
14. Vältä negatiivisia väittämiä. Jos käytät niitä, käytä alleviivausta tai **lihavointia**.
15. Jos haluat mitata korkeampia henkisiä prosesseja, älä esitä tehtäväkohdassa oppilaille tuttua esimerkkiä.

Mehrens ja Lehman (1984, 156–164) antavat ohjeita monivalintatehtävien kysymysten suunnitteluun (taulukko 7). Tässä tutkimuksessa käytettyä kyselylomaketta laadittaessa tämä kysymyslista ei ollut käytettävissä, mutta lopputulos täyttäneen suhteellisen hyvin edellä mainittujen suositusten kriteerit. Kysymykset pyrittiin suunnittelemaan selkeiksi ja rakenteeltaan yksinkertaisiksi. Kysymyksen 8. (Mikä on paristo?) vastausvaihtoehtojen valintaa voidaan kylläkin pitää epäonnistuneena. Harhauttajat eivät olleet tarpeeksi uskottavia, mikä varmasti vaikutti oikean vastauksen valintaan. Kaikki oppilaat olivat sekä alku- että lopputestissä valinneet tähän kysymykseen oikean vastausvaihtoehdon. Transistorin toimintaan liittyvässä kysymyksessä (kysymys 12, mihin transistorin toiminta perustuu?) voidaan vastausvaihtoehdoissa todeta päällekkäisyyttä. Kysymyksessä oikeaksi vastausvaihtoehdoksi oli ajateltu vaihtoehto a.) (puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin sähköä johtavina materiaaleina). Vaihtoehto b.) (kolmeen käytettävissä olevaan kytkentäjalkaan) voidaan toisaalta myös nähdä oikeana vastauksena. Oikeaksi vastaukseksi tulkittiin ainoastaan vaihtoehto a.). Tämä seikka vaikutti monen oppilaan kohdalla kokonaispistemäärää vähentävästi.

Edellä kuvattujen mittarin heikkouksien merkitys tutkimustuloksien luotettavuuden kannalta selvitettiin laskemalla Wilcoxonin testiä varten uudet summamuuttujat, joista paristoa ja transistorin toimintaa käsittelevät kysymykset (8 ja 12) oli jätetty pois. Alkuperäisten summamuuttujien ja uusien, karsittujen summamuuttujien avulla tehtyjen testien tuloksia verrattiin toisiinsa. Uudessa testissä merkitsevyytensä pysyi samana (0,000), mutta z-arvo laski -4,036:sta -3,959:ään. Kysymysten pois jättäminen analyyseistä ei siten näyttänyt merkitsevästi vaikuttavan analyysin tulokseen. Tämän vuoksi tutkimustuloksissa esitetään alkuperäisten summamuuttujien antamat analyysin tulokset.

Tässä tutkimuksessa mittareiden monivalintatehtävissä käytettiin neljää vastausvaihtoehtoa, joista yksi oli ”en tiedä”. Ottamalla mukaan tämä vaihtoehto, haluttiin pienentää arvaamisen tuloksia vääristävää vaikutusta. Rantanen (2003) tarkastelee tutkimuksessaan monivalintatehtävien rakennetta ja vastausvaihtoehtojen määrän suhdetta reliabiliteettiin. Rantasen mukaan siirryttäessä 2 vaihtoehtoisiin osioista 3 vaihtoehtoisiin, vastaa reliabiliteetin muutos testin pituuden kasvua 50 prosentilla. Kun 3 vaihtoehtoiseen osioon lisätään

neljäs vaihtoehto, vastaa se testin pituuden kasvua 20 prosentilla. Myös muiden tutkimusten valossa (Tversky 1964; Grier 1975; Lord 1977) 3 vaihtoehtoisia testiosioita voidaan pitää tietyin edellytyksin hyvin toimivina. (Rantanen 2003, 178–180.)

3 -vaihtoehtoiset monivalintatehtävät ovat ylivoimaisia, kun vastausaika halutaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti hyväksi, monivalintatehtävien harhauttajat on laadittu osioanalyysin avulla, jokainen harhauttaja sitoo luku- ja prosessointiaikaa ja testauksen erityisenä tavoitteena ei ole erotella vastaajia kaikkein matalimmalla osaamistasolla. Tehtäviä on myös helpompi laatia ja niihin on miellyttävämpi vastata. Vaikuttaa siltä, että yhdenkin ehdon toteutumattomuus saattaa hävittää 3 -vaihtoehtoisten tehtävien ylivoimaisuuden, ja useamman ehdon toteutumattomuus tekee 4 vaihtoehtoisista suositeltavia.

(Rantanen 2003, 190.)

7.2.2 Validiteetista

Validiteetilla tarkoitetaan tutkimuksen luotettavuutta, ollaanko tutkimassa sitä mitä on tarkoitus tutkia. Validiteetti jaetaan usein sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin (esim. Cook ja Campbell 1979). Ulkoinen validiteetti tarkoittaa sitä, onko kyseinen tutkimus yleistettävissä, ja jos on, niin mihin ryhmiin. Tällöin tärkeitä kysymyksiä ovat tutkimusasetelma ja otanta. Laadullisessa tutkimuksessa tutkimusasetelma ei ole oleellinen seikka: se liittyy enemmänkin kokeelliseen tutkimukseen. (Metsämuuronen 2006, 48.) Laadullinen tutkimus ei pyri tuottamaan suureen perusjoukkoon yleistettäviä tutkimustuloksia. Sisäinen validiteetti tarkoittaa tutkimuksen omaa luotettavuutta. Ovatko käsitteet oikeita? Onko teoria oikein valittu? Onko mittari oikein muodostettu? Mitataanko mittarilla sitä, mitä on tarkoitus mitata. Mitkä tekijät mittaustilanteessa vaikuttavat luotettavuuteen alentavasti? (Metsämuuronen 2006, 48).

Sisäinen validiteetti voidaan jakaa useallakin tavalla. Metsämuuronen (2006) tarkastelee sitä kolmesta näkökulmasta, jotka ovat sisällön validius (Content validity), käsitevalidius (Construct validity) ja kriteerivalidius (Criterion tai Criterion-oriented validity) (Metsämuuronen 2006, 57). Sisällön validiteetissa tutkitaan, ovatko mittarissa tai tutkimuksessa käytetyt käsitteet teorian mukaiset ja oikein operationalisoidut sekä kattavatko käsitteet riittävän laajasti kyseisen ilmiön.

Käsitevalidiutta tarkasteltaessa tarkastelun kohteena on yksittäinen käsite ja sen operationalisointi. Mikäli käsitettä mittaavat osiot todellakin mittaavat muuttujien taustalla olevaa latenttia muuttujaa, käsitettä, tulee kyseisten osioiden korreloida eli olla yhteydessä keskenään systemaattisemmin kuin muiden muuttujien kanssa. Kriteerivalidiuus on sisäisen validiuden laji, jossa verrataan mittarilla saatua arvoa johonkin arvoon, joka toimii validiuden kriteerinä. Tällaisina kriteereinä voivat toimia esimerkiksi samalla mittarilla mitattu muu pistemäärä tai toisella mittarilla samanaikaisesti saatu arvo, jolloin puhutaan yhtäaikaisvaliditeetista (Concurrent validity). (Metsämuuronen 2006, 57.) Tämän tutkimuksen suhteen tietynlaisena kriteerinä voidaan pitää aiempia tutkimuksia. Aiemmat tutkimukset tukevat sitä, että monimutkaisten tieteellisten käsitteiden ja ilmiöiden oppiminen on hidas ja vähittäinen prosessi. Erityisesti tämän tutkimuksen piirikaaviotehtävien ymmärtämiseen liittyvät tulokset ovat hyvin suhteutettavissa aiempiin tutkimustuloksiin.

Tässä yhteydessä voidaan pohtia myös sitä, oliko summamuuttujien muodostaminen tutkimuksen mittarien kysymyskohdista perusteltua? Mitä summamuuttujat oikeastaan kuvaavat? Onko niiden taustalla pelkkää sirpaletietoa, vai voidaanko niiden avulla saatua informaatiota pitää luotettavana kuvauksena sähköön ja elektroniikkaan liittyvien käsitteiden ymmärtämisestä? Mittarin sisällöllistä kattavuutta voidaan kaikesti pitää riittävänä, kun oppilaiden ikä ja kehitystaso sekä opiskeluhistoria ja opetussuunnitelman vaatimukset otetaan huomioon. Mittarin sisällöt olivat jopa liiankin vaikeita ja haasteellisia oppilaiden kehitystasoon nähden. Piirikaaviotehtävien osalta on kuitenkin tarpeen miettiä, toimivatko ne riittävän luotettavasti niiden kuvaamien kytkentöjen ymmärtämisen indikaattoreina. Piirikaaviotehtävissä tarvittiin laajempaa tietämystä komponenttien tehtävistä ja sähkövirran kulusta. Olisiko niitä pitänyt ohjeistaa enemmän? Jos komponentteja ei tunnistanut, myöskään virtapiirin toiminta ei hahmottunut. Viimeinen tehtävä oli suoraan oppimateriaalista. Oliko se liian helppo ja oppilaille tuttu? Ei ainakaan tulosten perusteella, sillä harva oppilas osasi selittää sen toimintaperiaatetta. Olisiko sittenkin parempi vaihtoehto ollut antaa oppilaille tehtäväksi rakentaa piirikaavioiden mukainen kytkentä komponenteista koekytkentälevylle? Tällöin oppilas olisi kytkentää tehdessään saanut tehdä havaintoja ratkaisujensa vaikutuksista ja kytkennän toiminnasta. Edelleen

kaaviosymboleiden ymmärtäminen ja komponenttien oikea sijoittelu toistensa suhteen olisi ollut ratkaisevaa kytkennän onnistumisen ja sen toiminnan ymmärtämisen kannalta. Vaikeudet tai epäonnistuminen kytkennän rakentamisessa olisi mahdollisesti vaikeuttanut samalla piirikaavion toimintaperiaatteen selittämistä. Edellä kuvatulla tavalla toteutettuna testaus olisi vaatinut täysin erilaiset järjestelyt tilanteiden toteuttamisen, taltioimisen, ja analysoimisen suhteen.

7.2.3 Kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuudesta

Cohen, Manion ja Morrison (2005) esittävät, että laadullisen aineiston validiteettiin vaikuttavat triangulaation ulottuvuudet ja tutkijan objektiivisuus (Cohen, Manion ja Morrison 2005, 105). Tutkijat määrittelevät triangulaation kahden tai useamman aineiston hankintamenetelmän käytöksi tutkimuksessa. Tieteellisessä tutkimuksessa pyritään triangulaation avulla kartoittamaan ja selittämään paremmin ihmisen käyttäytymiseen liittyvää rikkautta ja monimuotoisuutta useammasta kuin yhdestä näkökulmasta käyttämällä sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista aineistoa. Jos erilaisilla tutkimus tai havainnointimenetelmillä saadaan samasta ilmiöstä tai tutkimuskohteesta toisiaan tukevaa informaatiota, sitä luotettavampana tätä tietoa voidaan pitää. (Cohen ym. 2005, 112.)

Triangulaatio voidaan Denzin'in (1970) mukaan nähdä moniulotteisena tutkimuksellisenä lähestymistapana, jonka ulottuvuuksia ovat esimerkiksi aikaan sidottu triangulaatio (time triangulation), paikkaan tai kulttuuriin sidottu triangulaatio (space triangulation), yksilö, ryhmä tai organisaatiotason triangulaatio (combined levels of triangulation), teoreettinen triangulaatio (theoretical triangulation), tutkijakeskeinen triangulaatio (investigator triangulation) tai menetelmällinen triangulaatio (methodological triangulation). (Cohen ym. 2005, 113). Tässä tutkimuksessa teoreettisen triangulaation näkökulmana voidaan nähdä tutkimukseen liittyvä teoreettinen tarkastelu, jota on pyritty tekemään hieman toisistaan poikkeavista teoreettisista näkökulmista käsin. Näitä teoreettisia näkökulmia käsillä olevassa tutkimuksessa edustavat mm. Vosniadoun (2003) kognitiivis-kehityksellinen näkökulma, DiSessan (DiSessa 1991, 2002, DiSessa ja Sherin 1993) kognitiivis-kontekstuaalinen näkökulma sekä Limónin (2003) ja

Hennesseyn (2003) ajattelun ja oppimisen intentionaalisuuteen ja metakognitioon liittyvät teoreettiset tarkastelut. Näiden teoreettisten näkökulmien valossa tutkittavaa ilmiökenttää yritetään jäsentää sekä saada tausta ja viitekehys tämän tutkimuksen ongelmien tarkastelulle. Menetelmällisenä triangulaationa nähdään tässä tutkimuksessa käytetyt erilaiset tiedonhankinnan keinot ja menetelmälliset ratkaisut. Aineistoa on hankittu sekä kyselylomakkeiden avulla että yksilöhaastatteluin. Näin on saatu sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista tutkimusmateriaalia, joiden ajatellaan täydentävän ja vahvistavan toisiaan.

Koro-Ljungbergin (2005) mukaan kvantitatiivisesta tutkimusperinteestä lainatuissa validiteettitarkasteluissa on ongelmallista se, että ne pohjautuvat usein ulkoisiin ja tutkijasta riippumattomiin keinoihin ja kriteereihin. Tällaiset validiteettikäsitteet pohjautuvat olettamukseen, että tutkijan rooli muodostaa osan validiteettitarkastelua, mutta silti validiteettitarkastelu objektifioidaan, eikä sitä lähestytä jatkuvuuden ja muokkautuvuuden näkökulmasta. Koro-Ljungberg (2005) korostaa tutkimusprosessin ja tutkijoiden aktiivista roolia tutkimuksen validiteettitarkastelussa yleistettävän validiteettikäsitteen tai jälkeempään tapahtuvan arvioinnin sijasta. Koro-Ljungbergin mukaan tutkimuksen yksityiskohtainen raportointi mahdollistaa sen, että jokainen lukija voi tehdä omat johtopäätöksensä tutkimuksen aitoudesta ja totuudenmukaisuudesta. (Koro-Ljungberg 2005, 274–279.)

...tietoteoreettiselle validiteettitarkastelulle on keskeistä se, että tutkijat tuovat työssään yksityiskohtaisesti reflektoiden esille tutkimukseen liittyvät epistemologiset, moraaliset ja eettiset valinnat. Tämän lisäksi on tärkeää kuvata tutkimuksen avoimuutta uusille tutkimuskysymyksille ja tutkimustavoille, sekä sitä, miten tutkimus muuttaa teoriaa ja käytäntöä. Keskeistä laadullisen tutkimuksen validiteettitarkastelulle on myös luovuus sekä tutkimuksen keskeisten päätösten ja metodologisten käännekohtien yksityiskohtainen raportointi.

(Koro-Ljungberg 2005, 274.)

Tutkimuksen luettavuuteen vaikuttavat monenlaiset tekijät, joiden tiedostaminen on tarpeellista. Yhtenä myös tutkimuskirjallisuuden mainitsemana luotettavuuden kannalta ongelmallisena tekijänä on uutuusvaikutus. Tutkimuksen kohteena oleminen ja uuden opetus- tai opiskelumenetelmän käyttäminen saattavat vaikuttaa oppilaiden motivaatiota lisäävästi ja parantaa oppimistuloksia. Kun uusi menetelmä,

esimerkiksi uudenlaisen oppimisympäristön käyttäminen muuttuu rutiiniksi, sen motivaatiota ja samalla oppimistuloksia lisäävä vaikutus saattaa hävitä tai ainakin vähentyä. Tässä tutkimuksessa käytetty uudenlainen oppimisympäristö ja tutkimustilanne sekä mukana olleet vierailevat tutkijat varmasti ainakin jonkin verran vaikuttivat tutkimuksessa mukana olleiden 7. luokan oppilaiden motivaatioon ja sitoutumiseen opiskelutilanteeseen. Samanlaista sitoutumista ja keskittymistä oppimiseen kyseistä oppimateriaalia käytettäessä ei ole enää myöhemmin ilman tutkimussidonnaisuutta opiskelleilla 7. luokan ryhmillä ollut havaittavissa. Aluksi tutkimukseen ajateltiin otettavaksi mukaan myös muutama ylemmän vuosiluokan ryhmä. Heille kerrottiin tutkimuksesta, mutta heidän motivaationsa opiskelutilanteessa oli paljon 7. luokan oppilaita huonompi. Oppilasryhmien koostumus, oppilaiden taidot ja motivaatio vaihtelevat tietenkin myös aivan normaalisti ikäluokittain ja ryhmittäin. Sen vuoksi onkin vaikea arvioida luotettavasti tutkimustilanteesta johtuvaa virhettä.

Olen pyrkinyt tämän tutkimuksen raportoinnissa tuomaan esille tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Olen arvioinut luotettavuutta tarkastelemalla sekä perinteisiä reliabiliteetin ja validiteetin kriteerejä suhteessa tutkimuksen toteuttamiseen että käyttämällä tutkijalähtöistä lähestymistapaa. Tällaisessa tutkijalähtöisessä validiteettitarkastelussa mm. tutkijan kriittisen itsetutkistelu, avoimuus ja eettisyyden merkitys ovat korostetusti mukana (Koro-Ljungberg 2005, 280). Yhdeksi tämän tutkimuksen luotettavuuden kriittisen tarkastelun kohteeksi katson alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta ja tutkimustehtävästä luopumisen. Siirtyminen oppimisprosessin ja siihen liittyvän sosiaalisen vuorovaikutuksen analysoinnista tiedon ja käsitteiden omaksumisen ja käsitysten tutkimiseen vaati teoreettisen viitekehyksen rakentamista uudelleen tilanteessa, jossa suurin osa tutkimusaineistosta oli jo kerätty. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa käytännön ratkaisujen tulisi perustua teoriaan, eikä päinvastoin. Teoreettisen viitekehyksen lopullinen rakentuminen on tässä tutkimuksessa tapahtunut aivan tutkimusprosessin loppuvaiheessa. Tähän on vaikuttanut tutkimuksen tekeminen pääosin oman opetustyön ohessa. Viitekehyksen rakentaminen on haluttu joka tapauksessa tehdä niin hyvin kuin se tällä tavoin on ollut mahdollista. Koro-Ljungbergin (2005) mainitsema tutkimuksen reflektointi ei tämän tutkimuksen osalta ole ollut

reaaliaikaista, mikä luonnollisesti vähentää sen arvoa. Havaittuihin ongelmiin on kuitenkin tartuttu ja niiden vaikutusta tutkimuksen luotettavuuteen on pohdittu.

7.4 Kyselylomakkeiden tehtävien pisteytyksen kriteerit

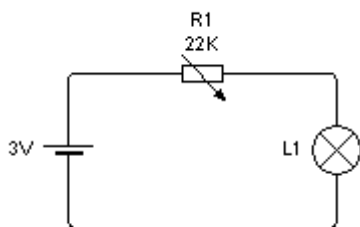
Kyselylomakkeiden tulosten analysoimista ja kuvaamista varten lomakkeiden tehtävistä muodostettiin muuttujia. Kustakin monivalintatehtävästä muodostettiin 2 muuttujaa. Esimerkiksi lomakkeen kysymyksestä 1 muodostettiin muuttujat vkulj1a ja vkulj1b. Muuttuja vkulj1a voi saada arvot a - d. Muuttuja vkulj1b voi saada arvot 0 tai 1, mikä tarkoittaa sitä, että väärästä vastauksesta sai 0 pistettä ja oikeasta vastauksesta 1 pisteen. Muuttujan vkulj1a avulla oli tarkoitus kuvata oppilaiden vastausten vaihtelua. Muuttuja antaa kuvan siitä, millaisia vaihtoehtoisia vastauksia oppilailla oli varauksenkuljettajina toimivista atomin osista. Muuttujalla vkulj1b oli merkitystä oppilaan kokonaistietämystä kuvaavaa summamuuttujaa muodostettaessa. Oikean vastausvaihtoehdon valinta kartutti summamuuttujan arvoa yhdellä pisteellä.

Kyselylomakkeen avoimet kysymykset pisteytettiin määriteltyjen kriteerien mukaisesti. Kaikkien eri kyselylomakkeilla annettujen vastausten tarkat pisteytykset ilmenevät liitteistä 2–4. **Lomakkeen kysymyksessä kolme (Mikä on johde?)** mahdollinen pistemäärä oli 0–2 pistettä. Jos oppilas tiesi, että johde on sähköä johtava aine tai materiaali ja lisäksi osasi antaa jonkun esimerkin tällaisesta materiaalista, hän sai 2 pistettä. Väärästä vastauksesta tai vastaamatta jättämisestä sai 0 pistettä. Jos vastauksesta ilmeni, että johde johtaa sähköä tai on sähköä johtava aine tai materiaali, sai 1 pisteen. Jos oppilas pelkästään tiesi esimerkin tai nimesi jonkin sähköä johtavan aineen, hän sai 1 pisteen. **Kyselylomakkeen kohdassa 5 (Mikä on suljettu virtapiiri?)** mahdollinen pistemäärä oli 0–2. Väärästä vastauksesta tai vastaamatta jättämisestä sai 0 pistettä. Jos oppilas tiesi, että suljetussa virtapiirissä kulkee sähkö tai että suljettu virtapiiri on sähkövirran kulkureitti, hän sai 1 pisteen. Jos edellisen lisäksi antoi esimerkin sähkönsä vaikutuksesta virtapiirissä (esim. lamppu syttyy), sai 2 pistettä. Vastauksesta ”sähkö pyörii ympyrää suljetussa virtapiirissä” annettiin myös 1 piste. Vastauksesta ”Sähkövirta ei kulje virtapiirin ulkopuolella” annettiin 0,5 pistettä. Lomakkeen

kohdassa 6 (Mikä on eriste?) pistemäärä oli 0–2. Väärästä vastauksesta tai vastaamatta jättämisestä sai 0 pistettä. Esimerkki eristemateriaalista ja tieto, että eriste estää sähkön kulun antoivat oppilaalle 2 pistettä. Jos vastauksesta ilmeni, että eriste ei johda sähköä tai se eristää sähköä, sai 1 pisteen. Jos oppilas mainitsi pelkästään jonkin eristemateriaalin, hän sai 1 pisteen.

Kohdassa 9 (Mitä tarkoitetaan paristojen sarjaankytkennällä? Miten se vaikuttaa paristojen jännitteeseen?) pistemäärä oli 0–2. Väärästä vastauksesta tai vastaamatta jättämisestä sai 0 pistettä. Kahden pisteen vastaus edellytti täsmällistä selostusta paristojen liittämistä yhteen ja tietoa siitä, että sarjaan kytkettyjen paristojen jännitteet lasketaan yhteen. Jos oppilas vastasi, että sarjaan kytkennässä jännite kasvaa, hän sai 0,5 pistettä. Vastauksesta ”liitetään paristot yhteen” sai 0,5 pistettä. Vastauksesta ”liitetään paristot yhteen niin että toisen pariston miinus liitetään toisen plussaan” sai 1 pisteen. Vastauksesta ”kytkettyjen paristojen jännitteet lasketaan yhteen eli jännite suurenee” sai 1 pisteen. **Kohdassa 11 (Miten sähköenergian vaikutus ilmenee virtapiiriin kytketyssä hehkulamppussa?)** pistemäärä oli 0–2. Väärästä vastauksesta tai vastaamatta jättämisestä sai 0 pistettä. Jos oppilas mainitsi valovaikutuksen (esim. lamppu syttyy), hän sai 1 pisteen. Jos oppilas mainitsi, että hehkulamppu tuottaa lämpöä, hän sai 1 pisteen. Sekä lämpö että valovaikutuksen mainitsemisesta sai 2 pistettä.

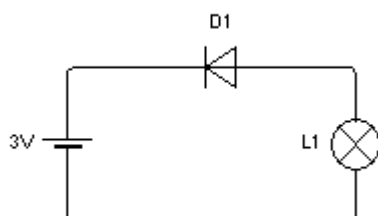
Myös piirikaaviotehtävät pisteytettiin. Ensimmäisen piirikaaviotehtävän asteikko oli 0–5 pistettä.



3 V paristo	1p
22kΩ trimmeri / säätövastus	1p
lamppu	1p
Lampun kirkkautta voidaan säätää trimmerillä	1p
Trimmerillä säädetään sähkövirtaa	1p

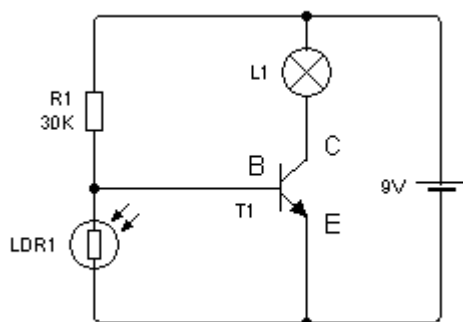
Jos oppilas oli trimmerin tai säätövastuksen asemesta nimennyt kyseisen komponentin vastukseksi, hän sai 0,5 pistettä. Samoin jos vastauksessa ilmeni, että vastus rajoittaa sähkövirran kulkua, oppilas sai 0,5 pistettä.

Toisen piirikaaviotehtävän pisteytysasteikko oli 0–5 pistettä.



3V paristo	1p
diodi	1p
lamppu	1p
Diodi on kytketty estosuuntaan, jolloin lamppu ei saa sähkövirtaa	1p
Lamppu ei pala	1p

Kolmannen piirikaaviotehtävän pisteytysasteikko oli 0–9 pistettä



30kΩ vastus	1p
LDR eli valovastus	1p
lamppu	1p
transistori	1p
9V paristo	1p
Kun LDR valovastus joutuu pimeään, sen resistanssi suurenee...	1p
...tällöin transistorille ohjautuu tarvittava kantavirta ja se alkaa johtaa	1p
Lamppu syttyy (pimeässä)	1p
Kyseessä on hämäräkytkin	1p

7.5 Fenomenografia tutkimuksellisena lähestymistapana

Martonin (1996) mukaan Fenomenografian perusajatus on, että mikä tahansa ilmiö voidaan kokea rajallisella määrällä erilaisia tapoja ("*...the basic principle of phenomenography is whatever phenomenon we encounter we experience it in a limited number of qualitatively different way*") Kokemisella tai kokemuksella Marton tarkoittaa sisäistä suhdetta yksilön ja maailman (tai jokin ilmiön maailmassa) välillä. (Marton 1996, 177.)

Fenomenografiassa tehdään käsitteellisellä tasolla ero objektiivisen maailman ja subjektiivisesti koetun maailman välillä. Objektiivisella maailmalla viitataan ympäröivään ja havaittuun todellisuuteen, mistä voidaan puhua tosiasioita. Tätä havaittua todellisuutta kutsutaan ensimmäisen asteen perspektiiviksi. Subjektiivisesti koettu maailma viittaa toiseen kuvaustasoon tai toisen asteen perspektiiviin, joka on fenomenografiassa erittäin keskeinen. Ihmiset kokevat ja ymmärtävät maailman eri tavoin, ja muodostavat siitä käsityksiä. (Kroksmark 1987, 229.) Ihmisen ja maailman suhde fenomenografiassa ei ole dualistinen, vaan maailma on samalla sekä todellinen että koettu. Tutkimuksen kohdetta lähestytään toisen asteen perspektiivistä: tutkimuksen kohteena ovat erilaiset tavat kokea maailma, sen ilmiöt ja erilaiset tilanteet. (Marton 1996, 185.) Tavat kokea (ways of experiencing) tai käsitykset (conceptions) ovat Martonin mukaan käsitteellistettyjä näkökulmia kokemuksista (Marton 1996, 180). Tutkijan tehtävänä on etsiä tutkittavasta aineistosta laadullisesti erilaisia tapoja kokea tai käsittää kyseessä oleva ilmiö. Yksilön kokemuksia tai käsityksiä tulkitaan suhteessa muihin hänen esittämiinsä käsityksiin sekä toisaalta suhteessa muiden haastateltavien käsityksiin. Tutkimuksen kohteena ovat siten käsitysten erilaiset variaatiot. (Marton 1996, 180.)

Käsittämiseen liittyy Kroksmarkin (1987) mukaan intentionaalinen tietoisuus. Siihen liittyy myös kaksi näkökulmaa: mitä ja kuinka. Mitä näkökulma viittaa ajattelun kohteeseen, joka voi olla luonteeltaan fyysinen (tuoli, pöytä) tai psyykinen (matemaattinen ongelma). Kuinka aspekti viittaa prosesseihin, jotka ovat seurausta mitä aspektista. Nämä prosessit helpottavat ajattelun kohteen sisällön rajausta. (Kroksmark 1987, 233) Uljensin (1996) mukaan fenomenografiassa mitä näkökulma

viittaa yksilön tietoisuuteen jostakin. Kuinka aspekti viitta puolestaan siihen, että tietoisuus on aina tietoisuutta jostakin jollain tietyllä tavalla. (Uljens 1996, 108.)

Fenomenografisen tutkimuksen tavoitteena on löytää ja systematisoida ajattelutapoja, jotka ovat jaettuja ja sosiaalisesti merkittäviä. Peruslähtökohtana on pyrkimys systemaattiseen kuvaukseen yli yksilöiden: käsityksistä ei pyritä tuottamaan yksilötason kuvauksia, vaan tarkoituksena on saada selville käsitysten eroja tietyssä ryhmässä. Mielenkiinto kohdistuu siihen, millaisia käsitykset ovat sisällöltään ja miten ne ovat suhteessa toisiinsa. Ajattelutavan lähtökohtana on, että on mahdollista muodostaa olettamus yleisestä käsitysten joukosta tietyssä kulttuurissa, yhteiskunnassa ja yhteisössä.

(Huusko ja Paloniemi 2006, 165.)

Fenomenografiassa käsitykset tai ymmärtäminen eivät ole mentaalisia tai psykologisia ajattelun malleja. Ne ovat ilmiö- ja tilannekohtaisia tulkintoja jostakin. Ne eivät ole sisältökohtaisia, mikä mahdollistaa niiden käytön eri konteksteissa. Fenomenografisen analyysin päämääränä on tuottaa yksinkertaistettu rakenne tai kuvausluokittelu tutkittavasta ilmiöstä. Luokkien välisten loogisten suhteiden ja samasta ilmiöstä tuotettujen erilaisten käsitysten esittäminen tämän kuvausluokittelun avulla erottaa fenomenografian muista kvalitatiivisista analyysitavoista. (Ramsden, Masters, Stephanou, Walsh, Martin, Laurillard ja Marton 1993, 303.) Käsitykset ymmärretään merkityksen antamisprosessina ja niille annetaan mielipidettä syvempi ja laajempi merkitys. Käsitykset muodostuvat tietoisuudessa todellisuutta koskevien kokemusten kautta. (Huusko ja Paloniemi 2006, 164.) Käsitysten asema ja olemassaolo ennen tutkimustilanteessa tapahtuvaa käsitteellistämistä on pohdinnan arvoinen asia:

Ovatko käsitykset sosiaalisesti luotuja niin, että ne tuotetaan kulloisessakin tilanteessa, vai ovatko ne esireflektiivisellä tasolla tiedostettuja? Jälkimmäisessä vaihtoehdossa keskeiseksi muodostuu kielellistäminen, käsityksen sisällön ja rakenteen pukeminen sanalliseen muotoon. Fenomenografiassa ei tehdä jyrkkää eroa esireflektiivisen kokemuksen ja käsitteellisen ajattelun välille, vaikka siinä korostetaan enemmän reflektiivistä kuin esireflektiivistä kokemusta. Toisaalta käsityksille on ominaista esireflektiivinen luonne: yksilön kokemukset ovat hänen tajunnassaan, vaikkei hän itse olisikaan niistä tietoinen.

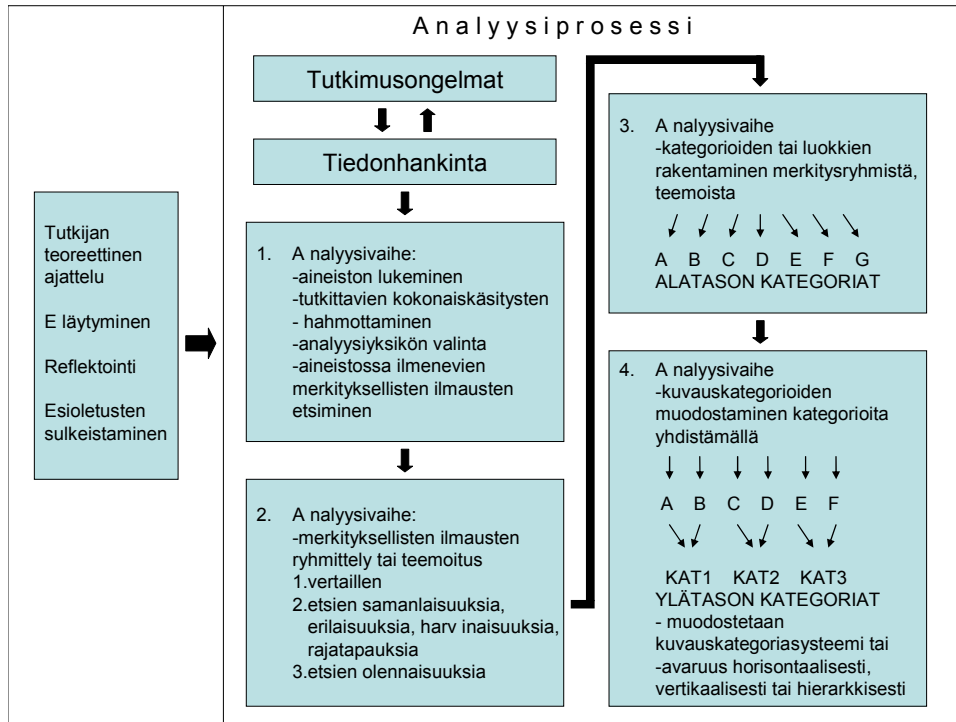
(Huusko ja Paloniemi 2006, 165–166.)

Fenomenografinen tutkimus toteutetaan empiirisen aineiston pohjalta (esim.

teemoittain etenevä yksilöhaastattelu). Teoriaa ei käytetä luokittelurunkona eikä teoriasta johdettujen oletusten perustana. Tulkinta muodostuu vuorovaikutuksessa aineiston kanssa. Keskustelu aikaisempien, vastakkaisten ja tukevien teorioiden kanssa on kuitenkin mukana tulkinnallisten kategorioiden muodostamisessa. Tutkijan on oltava avoin tutkittavien käsityksille, mutta samalla tietoinen omista käsityksistään, ja tuoda työssään esille teoreettiset oletuksensa, arvonsa ja uskomuksensa. Tätä voidaan kutsua kriittiseksi itsereflektioksi. (Huusko ja Paloniemi 2006, 166; Koro-Ljungberg 2005, 281). Keskeistä fenomenografiassa on, että aineiston pohjalta tehtävät luokitukset kattavat koko vastausten variaation ja syntyvät niistä ilmaisuista, joilla ihmiset kuvaavat havaintojaan ja käsitteitään. Näin syntyvät luokitukset ovat jo sinänsä tutkimuksen tuloksia. (Järvinen ja Järvinen 2004, 84.) Kuvauskategorioiden rajat määritellään sisällön perusteella niin, etteivät kategoriat mene limittäin toistensa kanssa (Niikko 2003, 36).

Fenomenografisessa tutkimusotteessa on keskeistä kategorioiden kehittäminen haastatteluaineistosta. Uljens (1989) erottaa toisistaan horisontaalisen, vertikaalisen ja hierarkkisen kategorisointisysteemin. Horisontaalisessa kategorisoinnissa laadullisesti erilaiset kategoriat ovat keskenään yhtä tärkeitä tai samanarvoisia (horisontaalisessa suhteessa), eivätkä kategoriat kuvaa keskinäistä paremmuutta. Erot luokkien välillä ovat suhteessa vain sisältöjen välisiin eroihin. Vertikaalisessa kuvaustavassa kategoriat asettuvat jonkin aineistosta nousevan kriteerin avulla keskinäiseen järjestykseen. Tällainen kriteeri voivat olla esimerkiksi yleisyysaste tai ajallinen järjestys (esimerkiksi käsityksen muutosta kuvattaessa). Hierarkkisessa kuvaustavassa kuvattavat käsitykset ovat toisiinsa nähden eri kehitysasteella. (Järvinen ja Järvinen 2004, 85; Niikko 2003, 38.) Kuvattavien käsityksien kehitysasteet voivat erota toisistaan esimerkiksi jäsenyisyyden, teoreettisuuden tai laaja-alaisuuden perusteella. Hierarkkisesta kuvauskategoriasysteemistä voisi olla esimerkkinä kolmen käsitystason systeemi, jossa alimmalla käsitystasolla on havaittavissa irrallisten osien tunnistamista. Toisen tason käsityksille on luonteenomaista, että niissä on havaittavissa ja erotettavissa joitakin systemaattisia suhteita määriteltujen elementtien välillä. Kehittyneimmällä tasolla käsityksissä on havaittavissa laaja-alaista ymmärtämistä ja syy-seuraussuhteiden tajuamista. (Niikko 2003, 38–39.) Martonin (1996) mukaan erilaiset tavat kokea tietty ilmiö muodostavat jatkuvasti monimutkaistuvan hierarkian. Nämä tavat ovat pienempien

käsityskomponenttien ja suhteiden muodostamia osajoukkoja, jotka ovat edelleen yhteydessä yhä monimutkaisempiin tapoihin nähdä ilmiö. (Marton 1996, 183.)



KUVIO 10: Fenomenografisen tutkimusaineiston analyysimalli ja sen toteuttaminen (vrt. Niikko 2003.)

Fenomenografisen analyysin tuloksena muodostunut kuvauskategoriasysteemi tai tulosavaruus hahmottuu lopullisen analyysin seurauksena. Kuvauskategoriasysteemi tai tulosavaruus voidaan esittää diagrammisena kuvaajana tai kaavioesityksenä loogisista suhteista käsitysten välillä. Saatujen tulosten luotettavuutta arvioitaessa fenomenografiassa ei voida puhua absoluuttisesta totuudesta. Tehtyjä ratkaisuja perusteltaessa ja arvioitaessa sovelletaan totuuden koherenssikriteeriä, kun taas tehdyn tulkinnan ja raaka-aineiston suhdetta arvioitaessa sovelletaan totuuden korrespondenssikriteeriä. Fenomenografisen analyysin ongelmana on, mihin laajuuteen saakka toiset tutkijat voivat tunnistaa rakenteellisia kuvauksia tai kuvauskategorioita alkuperäisaineistosta. On mahdollista, että toinen tutkija voi päätyä toisenlaisiin kategorioihin. (Niikko 2003, 38–40.) Fenomenografisessa tutkimuksessa haasteena on myös se, kuinka kuvata toisten kokemuksia ja käsityksiä tutkittavasta ilmiöstä

toisten silmin astumalla ulos omasta kokemuksen ja käsitysten piiristä. Kuvaukset sisäisistä suhteista henkilöiden ja asioiden välillä eivät saisi olla peräisin tutkijan omista kokemuksista, käsityksistä tai kiinnostuksen kohteista. (Niikko 2003, 47.) Tämän tutkimuksen haastatteluaineiston analyysi toteutettiin siten, että haastatteluja käytiin läpi samanaikaisesti sekä kuunnellen että lukien litteroituja tekstejä. Näin nostettiin esille haastattelukysymyksiä ja haastateltavien vastauksien pohjalta ydinkysymyksiä ja vastausten kiteytymiä sekä erilaisia virhekäsityksiä. Kun 10 haastattelua oli käyty näin läpi, määriteltiin varsinaiset analyysiyksiköt. Näitä analyysiyksiköitä käytettiin yhdessä haastattelurungon kanssa aineiston luokittelussa.

8. Tutkimustulokset

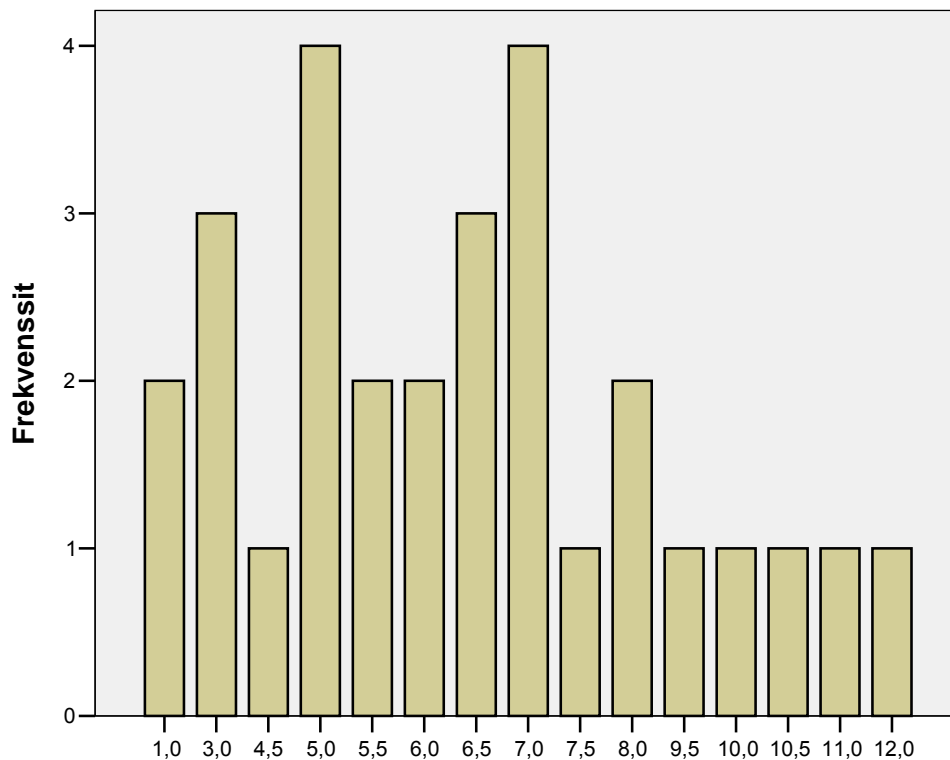
8.1 Oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista ennen elektroniikan opiskelujakson alkamista

Tutkimusongelman 1 keskeisenä sisältönä oli kysymys, millaisia oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista olivat ennen elektroniikan opetusjakson alkamista. Tähän kysymykseen vastaamiseksi alkutestin muuttujista 1–14 muodostettiin summamuuttuja (testisumma 1), jonka tarkoituksena oli kuvata oppilaan sähköön ja elektroniikkaan liittyvää kokonaisosaamista. Kyseisen muuttujan suurin mahdollinen arvo olisi ollut 19.

TAULUKKO 8: Alkutestissä sähkön ja elektroniikan osaamista kuvaava summamuuttuja testisumma 1

Alkutestin muuttujat 1-14		
n	Havaintoja	29
	Puuttuvia havaintoja	0
Keskiarvo		6,29
Mediaani		6,50
Keskihajonta		2,71
Minimi		1,00
Maksimi		12,00

Alkutestissä sähkön ja elektroniikan kokonaisosaamista kuvaavalla muuttujalla mediaani oli 6,50. Näin puolella koko oppilasjoukosta pistemäärä oli korkeintaan 6,50, mikä oli vain noin yksi kolmasosa kokonaispistemäärästä.



KUVIO 11: Oppilaiden sähkön ja elektroniikkaan liittyvä osaaminen alkutestissä: summamuuttujan testisumma 1 arvojen frekvenssit

Kuviosta 11 voi nähdä, että vain viidellä oppilaalla 29:stä sähkön ja elektroniikan kokonaisosaamista mittaavan muuttujan testisumma 1 arvo oli suurempi kuin 9,5, mikä oli puolet mahdollisesta maksimiarvosta 19. Suurin arvo 12 pistettä oli vain yhdellä oppilaalla. Pienin arvo 1,0 oli kahdella oppilaalla. Oppilaiden osaamisen taso alkutestissä oli siten kokonaisuutena tarkastellen erittäin heikko.

Alkutestin avoimet kysymykset liittyivät johde käsitteen, suljetun virtapiirin käsitteen, eriste käsitteen ymmärtämiseen, sekä paristojen sarjaan kytkennän ymmärtämiseen, ja sähkövirran vaikutuksen ilmenemiseen virtapiirissä. Alkutestauksessa kukaan oppilaista ei osannut selittää johde käsitettä oikean vastauksen kriteerien mukaisesti: kyseinen muuttuja ei saanut lainkaan täyttä arvoa 2. Oikea vastaus olisi edellyttänyt oppilaalta tietoa siitä, että johde on sähköä

johtava aine tai materiaali, ja hän olisi osannut lisäksi antaa jonkin esimerkin tällaisesta materiaalista. Seitsemän oppilasta osasi selittää käsitteen johde niin, että hän sai vastauksestaan 1 pisteen. Tällaisia vastauksia olivat: *Se johtaa sähköä joka puolelle, Se on sähkön liikkumista johtavassa aineessa, Sillä johdetaan sähköä, Sähkövirran liikkuminen kohteessa, Osa joka johtaa sähköä, Se johtaa sähköä ja Materiaali joka johtaa sähköä.* Yksi oppilas sai vastauksestaan (*Missä energia liikkuu eri paikkoihin*) 0,5 pistettä. 21 oppilaan vastaukset olivat joko ”en tiedä” vastuksia, tai sitten kysymykseen oli jätetty kokonaan vastaamatta.

Suljetun virtapiirin käsite on erittäin keskeisesti sähkön ja elektroniikan perusteisiin liittyvä. Kukaan oppilaista ei osannut alkutestissä selittää suljetun virtapiirin käsitettä niin, että selitys olisi täyttänyt täyden pistemäärän (2p) kriteerit. Täyden pistemäärän vastaus olisi edellyttänyt oppilaalta vastausta, josta olisi käynyt ilmi, että suljetussa virtapiirissä kulkee sähkö, tai että suljettu virtapiiri on sähkövirran kulkureitti. Lisäksi oppilaan olisi pitänyt osata antaa esimerkki sähkön vaikutuksesta virtapiirissä (esim. lamppu syttyy).

TAULUKKO 9: Frekvenssit alkutestissä suljetun virtapiirin ymmärtämistä kuvaavalla muuttujalla

		Frekvenssi	%
Muuttujan arvo	,0	24	82,8
	,5	4	13,8
	1,0	1	3,4
	Yht.	29	100,0

Yksi oppilas sai suljetun virtapiirin ymmärtämistä kuvaavalla muuttujalla yhden pisteen vastauksestaan *sähkö pyörii ”ympyrää” suljetussa virtapiirissä.* Neljässä tapauksessa oppilas sai vastauksesta tähän kysymykseen 0,5 pistettä. Tällaisia 0,5 pisteen vastauksia olivat: *Virtapiiri josta ei lähde sähkövirtaa muualle, En muista – Joku sellanen missä sähkö kulkee tietyn piirin sisällä ja vastukset estävät leviämästä sähköä, Sähkövirta ei kulje virtapiirin ulkopuolella ja Virta pyörii koko ajan samoissa kohdissa.* 11 oppilasta jätti kysymykseen joko kokonaan vastaamatta, tai ei tiennyt tai muistanut, mitä suljetulla virtapiirillä tarkoitetaan. 13

oppilasta oli vastannut kysymykseen, mutta heidän vastauksistaan ei voitu antaa lainkaan pisteitä. Suuressa osassa näitä vastauksia suljettu virtapiiri oli ymmärretty sellaisena, että siellä ei kulje sähkö, virta ei pääse liikkumaan, sinne ei pääse sähköä tai sähkö ei pääse sieltä eteenpäin.

Kuusi oppilasta ei tuntenut tai osannut selittää eristeen käsitettä lainkaan. Vain kaksi oppilasta sai selityksestään täydet 2 pistettä. Näissä vastauksissa eriste nähtiin materiaalina, joka ei johda sähköä. Lisäksi mainittiin nimeltä jokin eristemateriaali. Tällaisia 2 pisteen vastauksia olivat: *Esim. kumi voi olla eristeenä sähköesineessä eli se on osa tai materiaali joka ei johda sähköä (johteen vastakohta)* sekä *Esim. kumi se ei johda sähköä*. Yhdelle oppilaalle annettiin 1,5 pistettä vastauksestaan: *Sähkön suojaus juttu, kuten muovi mikä laitetaan sähköjohtojen päälle*. 15 oppilasta sai vastauksestaan 1 pisteen. Näistä vastauksista kävi ilmi, että eriste ei johda sähköä, tai niissä mainittiin jokin esimerkki eristeestä. Tällaisia vastauksia olivat mm. *Usein kumia, sähköä johtavan pinnan ympärillä, Aine, jota sähkö ei läpäise, Esim. sähköjohdon kuori eli se joka suojaa sähköiskulta tai Tiettyyn paikkaan ei pääse sähköä*. Kahdesta vastauksesta annettiin oppilaalle 0,5 pistettä. Nämä vastaukset olivat *Eristetty sähkö* ja *Se on suoja tavallaan*. Kolmessa vastauksessa eristeen käsite liitettiin joko autossa käytettävään bitumimassaan, eri aineiden hylkimisreaktioon tai äänen eristämiseen. Näistä kolmesta vastauksesta ei annettu pisteitä.

14 oppilasta tiennyt tai osannut kertoa, mitä tarkoitetaan paristojen sarjaan kytkennällä, ja miten se vaikuttaa paristojen jännitteeseen. Kukaan oppilasta ei saanut kyseisestä testikohdasta maksimipistemäärää 2. Täysin oikea vastaus olisi edellyttänyt oppilaalta täsmällistä selostusta siitä, kuinka paristot liitetään yhteen, ja että sarjaan kytkettyjen paristojen jännitteet lasketaan yhteen. Yksi oppilas sai 1,5 pistettä vastauksella *Paristojen plus ja miinus päiden toisiinsa kiinni juottaminen on sarjakytkentään. Jännite kasvaa aina kun paristoja liitetään enemmän yhteen*. Kahdeksan oppilaan vastaus sisälsi ajatuksen, että sarjaan kytkennässä paristoja liitetään yhteen ja samalla jännite kasvaa. Näistä vastauksista oppilaille annettiin 1 piste. *Paristot alkavat tuottaa virtaa* tai *Paristot kestää enemmän* vastauksista ei annettu pisteitä.

11 oppilasta ei tiennyt tai osannut kertoa, miten sähkön vaikutukset ilmenevät virtapiiriin kytketyssä hehkulampussa. 15 oppilasta osasi mainita lampun valovaikutuksen virtapiiriin kytketyssä hehkulampussa. Näistä vastauksista oppilaille annettiin 1 piste. Kolme oppilaista mainitsi sekä lämpö- että valovaikutuksen. Näistä vastauksista oppilaille annettiin maksimipistemäärä 2 pistettä.

8.2 Oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista opiskelujakson jälkeen

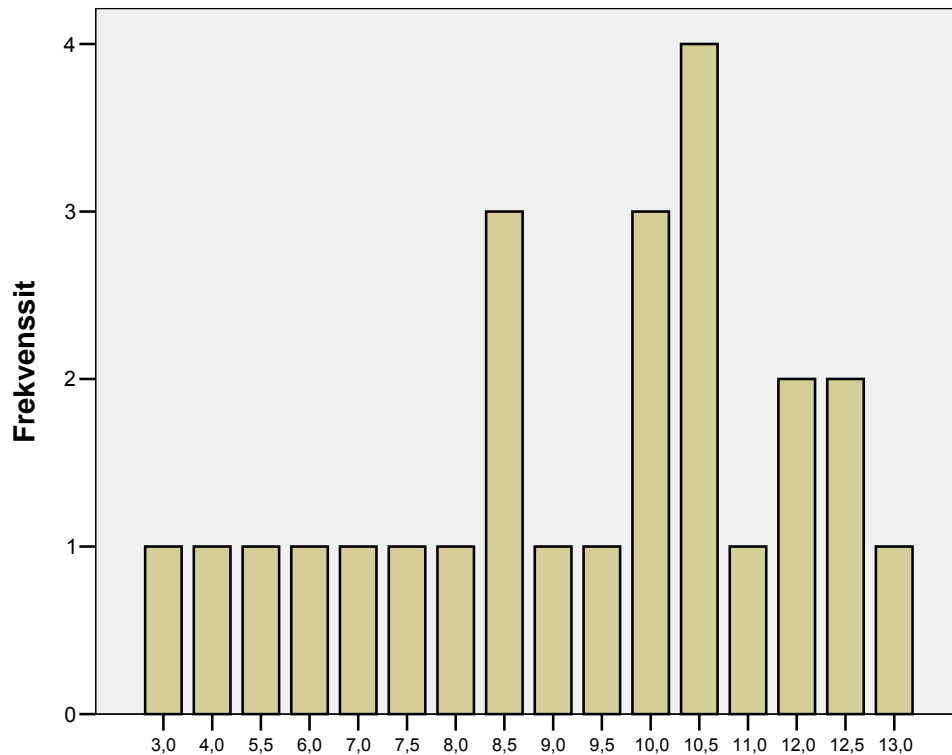
Tutkimusongelman 2 keskeisenä kysymyksenä oli, millaisia oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista olivat opiskelujakson jälkeen. Kahden viikon opiskelujakson (2 kertaa 3 tunnin istunnon) päätteeksi oppilaille tehtiin loppumittaus. Kyselylomake oli sama kuin alkumittauksessa. Siihen oli kuitenkin lisätty kolme piirikaaviotehtävää, joiden tarkoitus oli mitata oppilaan kykyä soveltaa oppimaansa. Kyselylomakkeen muuttujista 1–14 muodostettiin summamuuttuja testisumma 2 samalla periaatteella kuin alkumittauksessa.

TAULUKKO 10: Lopputestissä sähkön ja elektroniikan osaamista kuvaava summamuuttuja testisumma 2

1. lopputestin muuttujat 1-14		
n	Havaintoja	25
	Puuttuvia havaintoja	4
Keskiarvo		9,20
Mediaani		10,00
Keskihajonta		2,61
Minimi		3,00
Maksimi		13,00

Oppilaiden muuttujalla testisumma 2 saamien pisteiden keskiarvo oli 9,20, keskihajonta 2,61 ja mediaani 10,00. Keskiarvo on siis jonkin verran suurempi kuin alkutestissä (testisumma 1, keskiarvo 6,22). Nyt 50 prosenttia oppilaista (n = 25) sai pistemääräksi yli puolet maksimipistemäärästä 19.

Oppilaiden osaamista lopputestissä (muuttujan testisumma 2) kuvaava fekvenssidiagrammi (kuvio12) osoittaa, että oppilaiden saamat pistemäärät painottuvat mediaanin 9,5 paremmalle puolelle. Suurin havaittu arvo 13,0 on kuitenkin vielä kaukana mahdollisesta maksimiarvosta 19.



KUVIO 12: Oppilaiden sähköön ja elektroniikkaan liittyvä osaaminen lopputestissä

Alkutestin ja lopputestin tulosten eron (muuttujat testisumma 1 ja testisumma 2) tilastollista merkitsevyyttä tarkasteltiin Wilcoxonin testillä, joka on toistettujen mittausten t-testin epäparametrinen vastine. Wilcoxonin testillä Z arvoksi saatiin -4,036, ja merkitsevyytensä 0,000, mikä oli pienempi kuin asetettu merkitsevyytensä $\alpha = 0,001$. Testin perusteella oppilaiden pistemäärät olivat siten tilastollisesti erittäin merkitsevästi parempia toisella mittauskerralla mitattaessa heidän sähköön ja elektroniikkaan liittyvää tietämystään.

Summamuuttuja Piirikaaviosumma 1 muodostettiin kahden istuntokerran (2 kertaa 3 oppituntia) mittaisen opiskelujakson jälkeen kolmesta lopputestin piirikaavioiden ymmärtämistä mittaavasta muuttujasta. Summamuuttujan tarkoitus oli kuvata oppilaiden kykyä ymmärtää piirikaavioiden esittämien kytkentöjen sisältämää

informaatiota. Piirikaavion ymmärtäminen vaatii yksittäisten komponenttisympöleiden tunnistamista sekä komponenttien toiminnan ymmärtämistä yksittäin ja suhteessa kokonaisuuteen. Summamuuttujan tarkoitus oli kuvata siten myös tiedon soveltamiskykyä.

TAULUKKO 11: Loppupestissä piirikaavioiden ymmärtämistä kuvaava summamuuttuja

Piiriksumma1		
n	Havaintoja	25
	Puuttuvia havaintoja	4
Keskiarvo		7,82
Mediaani		8,50
Keskihajonta		3,27
Minimi		,00
Maksimi		14,00

Piirikaavioiden ymmärtämistä kuvaavalla summamuuttujalla mahdollinen maksimiarvo olisi ollut 19. Tämä olisi vastannut asetetuilla kriteereillä parasta mahdollista tietämystä esitetyistä piirikaavioista, niiden komponenteista ja niiden esittämien kytkentöjen toimintaperiaatteista. Muuttujan keskiarvoksi tuli 7,82 ja keskihajonnaksi 3,27. Mediaani oli 8,50. Tämän perusteella 50 % oppilaista sai hieman alle puolet summamuuttujan mahdollisesta maksimiarvosta. Yhdellä oppilaalla muuttujan arvoksi tuli 14 pistettä, mitä voidaan pitää jo kohtuullisena saavutuksena. Summamuuttujan arvojen perusteella voidaan todeta, että oppilaiden tietämys piirikaavioista oli yleisesti ottaen kovin pinnallista. Pelkästään kaavioiden komponenttien tunnistaminen toi muuttujalle arvon 11. Kaavioiden toiminnan selittäminen jäi siis hyvin vähäiseksi.

Jos piirikaavioiden ymmärtämistä kuvaavan summamuuttujan yksittäisiä muuttujia tarkastellaan erikseen, 4 oppilasta sai ensimmäisellä sen yksittäisistä muuttujista suurimman arvon 4 (maksimiarvo 5). Kyseinen muuttuja muodostui piirikaavioitehtävästä, jossa oli kuvattuna lampun, säätövastuksen ja pariston muodostama virtapiiri. Toisella sen erillisistä muuttujista mahdollisen maksimiarvon 5 sai yksi oppilas. Tämä muuttuja muodostettiin piirikaavioitehtävästä, joka kuvasi diodia kytkettynä estosuuntaan pariston, diodin ja lampun muodostamassa

virtapiirissä. Kolmannella summamuuttujan yksittäisistä muuttujista yksi oppilas sai arvon 5,5, kun mahdollinen maksimiarvo olisi ollut 9. Tämä muuttuja oli muodostettu hämäräkytkintä kuvaavasta piirikaaviotehtävästä. Kuusi oppilasta sai tällä muuttujalla arvon 0. Matala osaaminen tässäkin tehtäväkohdassa oli yllättävää, koska kaavio oli suora kopio opiskelujaksolla käytetyn oppimateriaalin harjoitustehtävästä.

Lopputestin avoimista kysymyksistä ”Mikä on johde?” (kysymys 3) kahdeksan oppilasta ei ollut vastannut lainkaan, tai ei tiennyt oikeaa vastausta. 17 oppilaan vastauksien perusteella kyseinen muuttuja sai arvon 1. Tällaisia vastauksia olivat mm: *Aine, jossa sähkö kulkee, Johtaa sähköä, Kun sähkö johdetaan paikasta toiseen, Sähkövirran kulku kappaleessa, Jostain paikasta toiseen paikkaan kulkeva johto, Komponentti, joka johtaa sähköä sekä Kun virtaa johdetaan / viedään toiseen paikkaan.*

TAULUKKO 12: Frekvenssit lopputestissä suljetun virtapiirin ymmärtämistä kuvaavalla muuttujalla

		Frekvenssi	%	Havaittu %
Muuttujan arvo	,0	17	58,6	68,0
	,5	3	10,3	12,0
	1,0	3	10,3	12,0
	2,0	2	6,9	8,0
	Havaintoja	25	86,2	100,0
	Puuttuvia havaintoja	4	13,8	
Yht.		29	100,0	

Lopputestissä 17 oppilasta ei edelleenkään osannut selittää, mikä on suljettu virtapiiri (taulukko 12). Näistä 7 tapauksessa oli jätetty vastaamatta tai vastattu *en tiedä* vastauksella. Kaksi oppilasta sai vastauksestaan täydet pisteet (muuttujan arvo = 2). Täyden pistemäärän vastauksia olivat: *Sellainen, jossa jokainen johto on kytketty johonkin. Näin sähkö kiertää ja esim. lamppu saadaan näin syttymään ja Rakennelma, jossa sähkö kiertää, ja näin esim. lamppu saadaan syttymään.* Kolme oppilasta sai vastauksistaan 1 pisteen (muuttujan arvo = 1). Tällaisia vastauksia olivat: *Virtapiiri, jossa sähkö pyörii ”ympyrää”, Virta kulkee samaa rataa koko ajan*

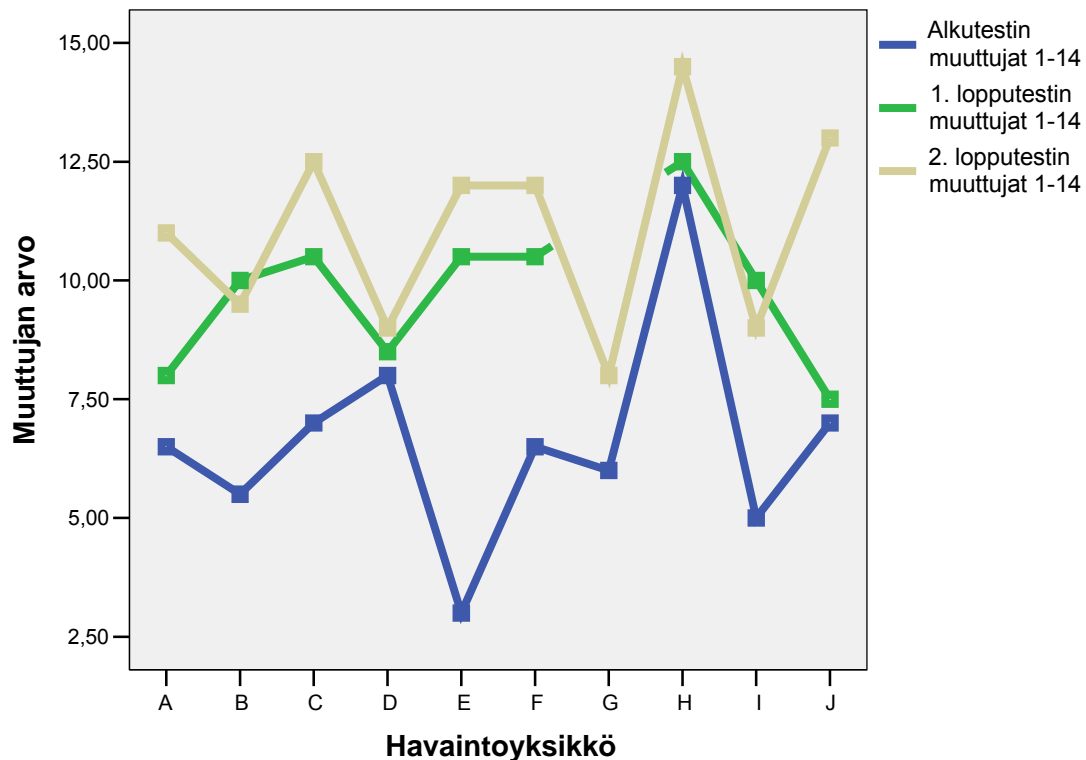
sekä *Sähkö kulkee samaa reittiä*. 0,5 pisteen vastauksia olivat: *Virta ei kulje tietyn piirin ulkopuolella, Virtapiiri josta ei pääse sähkövirtaa pois, ja Virta kulkee piirissä eikä tule ulos*.

8.3 Onko lyhyempään ja pidempään opiskelujaksoon osallistuneiden oppilaiden oppimistuloksissa eroja?

Vastauksena kolmanteen tutkimusongelmaan tarkasteltiin kysymystä, eroavatko lyhyemmän ja pidemmän opetusjakson läpi käyneiden oppilaiden tiedot sähkön ja elektroniikan perusteista. Elektroniikan opiskelujaksoa jatkettiin yhden oppilasryhmän osalta loppumittauksen jälkeen vielä kahden opiskelukerran ajan (2 kertaa 3 oppituntia). Pitemmän opiskelujakson läpi käyneen oppilasjoukon (n = 10) pistemäärät alkutestissä sähkön ja elektroniikan kokonaisosaamista kuvaavalla summamuuttujalla testisumma 1 eivät kovinkaan paljon eronneet koko oppilasjoukon (n = 29) pistemäärästä (keskiarvo 6,65, keskihajonta 2,32 ja mediaani 6,50, kun koko oppilasjoukon keskiarvo oli 6,29 ja keskihajonta 2,71 ja mediaani 6,50). Myöskään lopputestin muuttujan testisumma 2 perusteella ryhmät eivät eronneet juuri toisistaan. Muuttujalla testisumma 2 pidemmän opiskelujakson ryhmän (n = 10) keskiarvo (9,78) oli vain hieman koko ryhmän (n = 25) keskiarvoa (9,20) korkeampi. Keskihajonta oli 1,54, kun se koko ryhmällä oli 2,61. Mediaani oli 10,00 molemmissa ryhmissä. Pidentetyn opiskelujakson jälkeen toisessa loppumittauksessa summamuuttujalla testisumma 3 keskiarvo oli 11,05, keskihajonta 2,10 ja mediaani 11,50. Osaaminen lisääntyy siis jonkin verran, kun opiskelujakso pitenee.

Kuvio 13 (s. 98) kuvaa yksittäisten, pitemmän opiskelujakson (n=10) oppilaiden pistemääriä eri mittauskerroilla sähkön ja elektroniikan kokonaisosaamista kuvaavilla summamuuttujilla testisumma 1 – testisumma 3. **Kuvion perusteella oppilaiden pistemäärät nousevat ensimmäisessä lopputestissä verrattuna alkumittauksen pistemääriin.** Pidemmän opiskelujakson jälkeen toisessa lopputestissä kahdella oppilaalla summamuuttujan (testisumma 3) pistemäärät kuitenkin jostain syystä hieman laskevat verrattaessa niitä ensimmäisen lopputestin

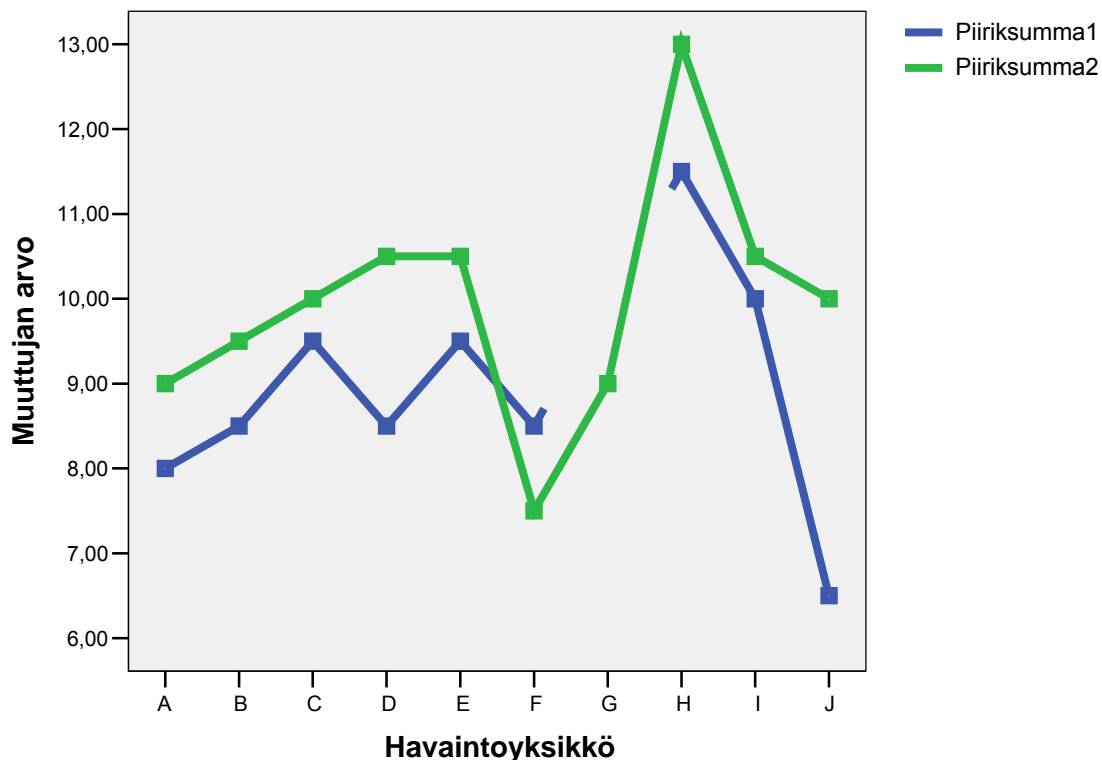
(testisumma 2) pistemääriin (oppilaat B ja I). Oppilaalla J pistemäärä sen sijaan kasvaa lähes kaksinkertaiseksi.



KUVIO 13: Sähkön ja elektroniikan kokonaisosaaminen eri mittauskerroilla pidemmän opiskelujakson oppilailla (n=10)

Tässä yhteydessä ei ole mahdollista tehdä vertailua koko oppilasjoukon ja pienen ryhmän välillä tilastollisin testein, koska oppilasmäärä pienenee 25:stä 10:een. Sen sijaan kyseisellä pienemmällä oppilasjoukolla muuttujille testisumma 1 ja testisumma 3 tehtiin Wilcoxonin testi. Tämä merkitsee siis alkutestin (muuttuja testisumma1) ja 4 kertaa 3 oppitunnin istunnon jälkeen tehdyn lopputestin (muuttuja testisumma 3) järjestyslukupohjaista vertailua. Merkitsevyystasoksi valittiin 0,01. Wilcoxonin testi antaa Z -arvoksi -2,807 merkitsevyystasolla 0,005 (n=9). Koska testin ilmoittama merkitsevyystaso 0,005 on pienempi kuin valittu merkitsevyystaso 0,01, muuttujien saamien arvojen erot ovat merkitseviä. Pidemmän oppimisjakson oppilaiden pistemäärät ovat siten merkitsevästi parempia viimeisellä mittauskerralla verrattuna alkutestin tuloksiin. Merkitsevyys ei kuitenkaan ole aivan niin voimakasta kuin koko oppilasjoukolla mitattuna (muuttujilla testisumma 1 ja testisumma 2, n = 25).

Muuttujat Piirikaaviosumma 1 ja Piirikaaviosumma 2 olivat summamuuttujia, joiden tarkoituksena oli kuvata, miten oppilaat ymmärtävät piirikaavioita. Ne muodostettiin kolmesta piirikaavioitehtävästä kahdessa loppumittauksessa. Maksimipistemäärä summamuuttujalla olisi ollut 19. Pidemmän opiskelujakson oppilaiden toisessa loppumittauksessa muuttujalla Piirikaaviosumma 2 saama pienin arvo oli 7,5, kun vastaava arvo näillä oppilailla ensimmäisessä loppumittauksessa oli ollut 6,5. Suurin arvo toisen loppumittauksen muuttujalla oli 13, kun se ensimmäisen loppumittauksen muuttujalla oli ollut 11,5. Kuviosta 14 havaitaan, että suurimman pistemäärän muuttujalla molemmissa mittauksissa oli saanut sama oppilas. Osaaminen ei kuitenkaan kovin paljoa lisääntynyt, vaikka mittausten välillä oli kaksi kolmen tunnin jatkoistuntoa. Ensimmäisessä loppumittauksessa muuttujan Piirikaaviosumma 1 keskiarvo oli 8,94, keskihajonta 1,40 ja mediaani 8,50. Vastaavasti toisessa loppumittauksessa oppilaiden keskiarvo vastaavalla muuttujalla (Piirikaaviosumma 2) oli 9,95, keskihajonta 1,42 ja mediaani 10,00. Pientä ymmärtämisen lisääntymistä siten tapahtui pidennetyn opiskelujakson kuluessa. Edelleen osaaminen oli pistemäärien perusteella pinnallista.



KUVIO 14: Piirikaavioiden ymmärtäminen ensimmäisessä ja toisessa loppumittauksessa pidemmän opiskelujakson oppilailla

Kuvio 14 (s. 99) havainnollistaa muuttujien Piirikaaviosumma 1 ja Piirikaaviosumma 2 arvoja yksittäisillä oppilailla. Kuvioista havaitaan, että oppilaalla F muuttujan Piirikaaviosumma 2 arvo on pienempi kuin Piirikaaviosumma 1. Tämän perusteella piirikaavioiden ymmärtäminen oppilaalla F siis vähenee, kun opiskelujakso pitenee. Oppilas G on ollut pois ensimmäisestä loppumittauksesta. Toisessa loppumittauksessa hän saa muuttujalla Piirikaaviosumma 2 arvon 9. Oppilas J:llä muuttujan arvo nousee Piirikaaviosumma 1:n 6,5:stä Piirikaaviosumma 2:n 10:een.

8.4 Millaisia sähköön ja elektroniikkaan liittyviä käsityksiä oppilailla on opiskelujakson päätyttyä?

Tämän tutkimuksen avulla haluttiin tarkastella sähköön ja elektroniikkaan liittyvää tietämystä myös vähän laajemmasta perspektiivistä. Tutkimusongelman 4 mukaisesti mielenkiinnon kohteena olivat oppilaiden käsitykset sähköön ja elektroniikkaan liittyvistä asioista. (Mitä sähkö on ja miten se syntyy? Mikä on sähköön merkitys nyky-yhteiskunnassa? Mitä elektroniikka on? ...jne...) Oppilaiden käsitykset, ja yleensäkin käsitykset ovat pitkän ajan kuluessa syntyneitä. Vosniadoun (2003) mukaan Ihmismieleen on kehittynyt evoluution kuluessa erikoistuneita mekanismeja, joilla kerätään informaatiota fyysisestä ja sosiaalisesta maailmasta. Lapselle alkaa jo varhain kehittyä ns. naiivi fysiikan käsitejärjestelmä. Tämä käsitejärjestelmä on tietoa fyysisestä maailmasta ja se auttaa lasta toimimaan fyysisessä ympäristössä. Se koostuu sisäisesti yhtenäisistä selityksistä, jotka auttavat lasta jäsentämään aistikokemuksiaan ja ympäröivän kulttuurin välittämää informaatiota. (Vosniadou 2003, 381–382.) Näin lapsi muodostaa käsityksiä ympäröivästä maailmasta jo ennen varsinaisen kouluoppimisen alkua. Tämä käsitysten muotoutuminen jatkuu koulussa tapahtuvan oppimisen myötä.

Oppilaiden haastatteluissa ilmaisemien käsitysten ei lähellekään kaikilta osin oleteta syntyneen tähän tutkimukseen liittyvän opintojakson aikana tai sen tuloksena. Läheskään kaikkea tutkimushaastattelujen avulla lähestyttäviä sähköön ja elektroniikkaan liittyviä asioita ei tämän opiskelujakson aikana tai jaksoon liittyvässä oppimateriaalissa käsitelty. Niiden tutkiminen nähdään kuitenkin erittäin tärkeänä,

koska uuden tiedon ja käsitysten jäsentyminen tapahtuu aina suhteessa olemassa olevaan tietoon tai käsityksiin. Peruskoulun 7. luokkaan mennessä oppilaat ovat opiskelleet sähkön ja elektroniikan oppisisältöjä käsityön, ympäristö- ja luonnontiedon sekä fysiikan opetuksen yhteydessä. Näitä oppisisältöjä esiteltiin tutkimuksen alkupuolella. Haastattelujen perusteella merkkejä kyseisten oppisisältöjen rakentumisesta osaksi oppilaiden käsiterakenteita ja käsityksiä oli havaittavissa. Tutkimushaastattelujen analysoinnissa käytettiin fenomenografiaa. Tutkimuksellisesti ajatellen käsitykset muotoutuvat tai kielellistyvät ja tulevat ilmi viime kädessä tilannekohtaisesti, tässä tapauksessa haastattelun, tai yleisesti ottaen jonkin muun kielellistämisen prosessin kuluessa.

Määrittelin alustavasti analyysin pohjana käytettävät havaintoyksiköt kymmenen oppilaan haastatteluista (liite 6). Yhteensä haastattelin kahdeksaatoista oppilasta. Tämän tutkimuksen mittauksiin perustuvaa oppilaiden osaamista sähkön ja elektroniikan perusteista tarkastelen pohdintakappaleessa suhteutettuna fenomenografisen analyysin tuloksiin. Fenomenografinen tutkimus ei anna mahdollisuutta kausaaliseen päättelyyn, koska se tuo tarkasteluun oppilaiden käsitykset kollektiivisella tasolla. Yksittäisten oppilaiden käsitykset ovat mukana analyysiprosessin eri vaiheissa. Päämääränä on löytää kollektiivisia, yksilötasoa laajempia merkitysluokkia. Silloin yksilölliset merkitykset eivät enää ole tarkasteltavissa. Analyysiprosessin rinnalla kulkee kuitenkin esimerkkejä haastatteluista. Niiden tehtävä on avata lukijoille analyysiprosessin etenemistä. Fenomenografista kuvausta ja merkitysluokkia muodostettaessa ongelmaksi koettiin se, voiko eri luokissa olla mukana samoja merkityksiä. Fenomenografiaa määriteltäessä todettiin, että päällekkäisten merkitysluokkien muodostumista pitää välttää. Toisaalta eritasoisia kuvauksia tehtäessä voidaan ajatella, että horisontaalisesti otetaan esille vastausten laajuus ja monipuolisuus käsityskuvauksissa. Tällöin samat asiat saattavat esiintyä eri luokissa, mutta luokkien erottelu perustuu vastaajan antamaan informaation määrään tai monipuolisuuteen. Erityisesti lopullisten, kollektiivisten merkitystasojen määrittelyssä pyrin välttämään päällekkäisyyksiä.

8.4.1 Oppilaiden käsitykset sähköstä

Oppilaiden käsityksiä sähkön olemuksesta voi fenomenografisen analyysin perusteella kuvata viiden käsitysluokan avulla. Sähkö on oppilaiden mielestä:

- 1 Virtaa, virran kulkua tai liikkumista
- 2 Alkeishiukkasten (protonit, neutronit, elektronit) liikettä
- 3 Koneiden ja sähkölaitteiden käyttövoimaa
- 4 Johdoissa liikkuvaa ainetta, jota tarvitaan koneisiin
- 5 Ei tietoa tai ei osaa sanoa, mitä sähkö on

Edellä mainitut käsitysluokat on saatu analysoimalla oppilaiden vastauksia haastattelussa esitettyyn kysymykseen ”Mitä sähkö on! Kerro, niin kuin itse asian ymmärrät.” Käsitysluokka **”virtaa, virran kulkua tai liikkumista”** muodostettiin kolmen oppilaan vastauksista. Sitä kuvaa seuraava ote haastattelusta:

H: No niin. Elikä aloitetaan haastattelu sitte... Tota, niinku silloin sanoin: tää ei oo mikään koe, eikä tää vaikuta numeroon. Ei tarvi pelätä ett vastaat väärin tai ett kerrot vääristä asioista. Tärkeää ett sä kerrot omasta näkökulmasta ja sillai, ku sä ymmärrät asian. Elikkä kerropa mitä sähkö on?

O1: Säh-kö. No se ois niinku virran siis millai ny sanoi. Kumminki liikkumist aineessa tai siis eimerkiks sähköjohdossa. Emmä ny sillai tarkemmin osaa sanoo.

Käsitysluokka **”alkeishiukkasten (protonit, neutronit, elektronit) liikettä”** muodostui kuuden oppilaan vastauksista. Siihen kuuluu sekä vaihtoehtoisia käsityksiä (kahdella oppilaalla), joiden mukaan mm. *”Sähkö on voimaa, neutronie ja elektronie välist juttuu...”*, sekä paremmin tieteellistä käsitystä vastaavia käsityksiä (neljällä oppilaalla: esim. *”sähkö on elektronien liikettä”*). Seuraava ote on esimerkki tämän luokan vastauksesta, jossa on aineksia tieteellisen käsityksen mukaisesta selityksestä:

H: Ensimmäiseks puhutaan sähköstä. Kerropa, mitä sähkö on? - Niinkuin sä ite asian ymmärrät.

O 9: No se on sitä ko ne elektronit ja nää protonit kiertää sillee... tai elektronit kiertää protonei, ja sit siit tulee sitä sähköö ja sähkö virtaa sitä, mitä ikin pitkin se meneekä.

Luokka **”koneiden ja sähkölaitteiden käyttövoimaa”** muodostettiin seitsemän oppilaan vastauksista. Luokka **”johdoissa liikkuvaa ainetta, jota tarvitaan koneisiin”**, on nimetty itsenäiseksi luokaksi, vaikka käsitys on yhden oppilaan esittämä. Käsitys sähköstä aineena ei ole tieteellisesti relevantti, ja sitä voidaan pitää virheellisenä. Yksi oppilas ei osaa lainkaan määritellä, mitä sähkö on.

Haastattelukysymyksen ”Mistä sähköä saadaan?” perusteella oppilaiden vastaukset jakautuivat kolmeen käsitysluokkaan:

- 1 Sähköä tuotetaan eri energialähteistä erilaisissa voimalaitoksissa**
- 2 Sähköä saadaan erilaisista virtalähteistä, paristot, akut, generaattori, salama, töpseli**
- 3 Sähkön tallentuminen esim. paristoihin ja akkuihin**

Merkitysluokan **”sähköä tuotetaan eri energialähteistä erilaisissa voimalaitoksissa”** vastauksista käy ilmi erilaisia voimalaitostyyppisiä ja energialähteitä. Luokka muodostuu kymmenen oppilaan vastauksista. **”Sähköä saadaan erilaisista virtalähteistä, paristot, akut, generaattori, salama, töpseli”** luokan vastauksissa tuodaan esille erilaisia sähkölähteitä. Tämä luokka muodostettiin viiden oppilaan vastauksista. **”Sähkön tallentuminen paristoihin tai akkuihin”** valittiin analyysissä omaksi merkitysluokakseen, koska ajatus sähkön tallentamisesta johonkin on tieteellisen käsityksen kanssa ristiriitainen. Tähän luokkaan kuuluvia vastauksia oli kahdella oppilaalla. Paristojen sisältämä kemiallinen energia voidaan kyllä saada erilaisten sähköä tarvitsevien laitteiden käyttöön. Kyse on kuitenkin tällöin prosessista, jossa pariston kemiallinen energia muuttuu laitteiden tarvitsemaksi sähköenergiaksi, kun paristo kytketään virtapiiriin. Yhdeltä oppilaalta haastattelija ei kysynyt tätä kysymystä.

Haastattelukysymyksen ”Miten sähkö syntyy?” tarkasteluun otettiin horisontaalinen näkökulma, koska oppilaiden vastauksissa oli hyvin paljon samankaltaisuuksia.

Merkitysluokat muodostuivat seuraavanlaisiksi:

- 1 Sähkön syntyminen voimaloissa liike-energiasta turbiinin tai muiden ratassysteemien avulla**
- 2 Sähkön syntyminen erilaisissa voimalaitoksissa generaattorin avulla**
- 3 Sähkön syntyminen voimalaitoksissa**
- 4 Erilaiset virhekäsitykset sähkön syntymisestä**

Eroja löytyi siitä, kuinka sähkön syntyminen voimalaitoksissa osattiin selittää. Käsitteilyluokan ”**sähkön syntyminen voimaloissa liike-energiasta turbiinin tai muiden ratassysteemien avulla**” vastauksille oli yhteistä se, että sähkö nähtiin tuotettavan turbiinisysteemin tai vesirattaiden avulla. Vastauksissa oli tunnistettu erilaisia voimalaitostyyppisiä, kuten vesivoima, ydinvoima ja tuulivoima. Ydinvoimalla ja tuulivoimalla sähköä tuotettaessa syntymekanismia ei osattu selittää. Yhdessäkään vastauksessa ei mainittu generaattoria tai kerrottu sen toiminnasta mitään. Yksi haastateltava puhui muuntimesta, jonka avulla sähkö syntyy liike-energiasta. Tähän luokkaan kuuluviksi määriteltiin neljän oppilaan vastaukset. Seuraavassa on esimerkki yhdestä tähän luokkaan kuuluvasta haastattelusta:

H: No niin. Miten sähkö syntyy?

O 18: Nn.. toi... mä oikeen tiä.

H: No jos sä aattelet..esimerkik.. - Tiedätkö mitään voimalaitoksista?

O 18: No niis tehdään sähköö ainaki. Sillai, ett käytetään vaik jotai eri val.. jotai noit urani ja semmosii ja tehdää niist sähköö tai jotai voimaa niinko

H: Tuleeks sulle mieleen mitään niinku erilaisii voimalaitostyyppisiä, muuta, muuta kun miss käyteään uraania?

O 18: No eiks oo ainaki jotai vesivoimaa, näit kaikkii, ja sit.., no ei mul oikee muut sillai.. Ydinvoimala.

H: Joo'o. - No mikä siellä voimalaitoksessa niinku varsinaisesti tuottaa sitä sähköä?

O 18: Em mä oikeen tiä.

H: Eli..?

O 18: No kyl ainaki vesivoimalas se vesi. - Se ainaki tuottaa sitä.

H: Mitä siellä niinku tapahtuu ku se vesi, vesi tulee sinne voimalaitokseen.

O 18: No, pistääks se pyörimää sen jonku laitteen siit sillai ett se tuottaa sitä sähköö jotenki.

H: Osaatko kertoa sen laitteen nimee, mikä sitä sähköö tuottaa siellä?

O 18: *Onkse joku ratas, ei ku semmone sin tulee joku vesiratas*

H: *Elikä, miten se ratas tuottaa sitä sähköä?*

O 18: *No sillai ett se niinkö pyörii sillai se vede voimal.*

H: *Onko siinä rattaassa sit joku osa tai joku muu laite, mikä sitä sähköä niinku tuottaa?*

On varmaa, mutt emmää tiä mikä.

Luokan ”**sähkön syntyminen erilaisissa voimalaitoksissa generaattorin avulla**” vastauksille oli ominaista, että generaattori nähtiin voimaloissa sähköä tuottavana laitteena. Tällaisia vastauksia oli kuudella oppilaalla. Generaattorin tekniikkaa ja toimintaperiaatetta ei kuitenkaan osattu selittää. Tuulivoimala, ydinvoimala, hiilivoimala ja vesivoimala esiintyivät vastauksissa vaihtelevasti. Yksi vastaaja tunnisti neljä voimalatyyppiä ja mainitsi lisäksi aurinkovoiman (...*Hiilivoimala, vesivoimala, ydinvoimala...Tuulivoimaa saadaa...aurinkovoimaa...*). ”**Sähkön syntyminen voimalaitoksissa**” ryhmän vastauksissa (3 kpl) kerrottiin, että sähkö syntyy voimalaitoksissa. Joissain vastauksissa lueteltiin myös voimalaitostyypppejä. Sähkön syntymekanismia ei osattu selittää, eikä generaattoria mainittu vastauksissa.

”**Erilaiset virhekäsitykset sähkön syntymisestä**” oli vastausten sisältöjen suhteen melko kirjava kokonaisuus. Tällaisia vastauksia oli viidellä oppilaalla. Sähkön nähtiin mm. paristojen ja akkujen tapaan syntyvän kemiallisesti myös voimalaitoksissa. Sähkön saatettiin olettaa syntyvän protonien, neutronien ja elektronien kohtaamisesta, kitkasta, tai ”*lyömällä yhteen joitain juttuja*”.

Haastattelukysymyksiä ”Miten sähkö saadaan sinne, missä sitä tarvitaan?” ja ”Miten sähkö saadaan käyttöön kodeissa?” sekä niiden vastauksia tarkasteltiin analyysivaiheessa yhtenä kokonaisuutena. Analyysi tapahtui horisontaalisesti erotellen tasoja, joilla vastaukset kuvaavat sähkön kulkureittiä käyttökohteisiin. Analyysin tuloksena muodostettiin seuraavat merkitysluokat:

1 Sähkön kulkureittinä käyttökohteisiin kaapelit ja johdot – kodeissa on sähköpääkeskus tai sähköverkko – sähkö otetaan laitteisiin pistorasioiden kautta.

2 Sähkö tuodaan kaapeleiden ja johtojen kautta käyttökohteisiin ja pistorasioista laitteisiin.

3 Sähkö tuodaan kaapeleiden ja johtojen kautta käyttökohteisiin. Sähköä voidaan myös varastoida paristoihin tai akkuihin tai saada aurinkopaneeleista.

4 Sähköä saadaan töpseleistä.

Luokan ”**sähkön kulkureittinä käyttökohteisiin kaapelit ja johdot – kodeissa on sähköpääkeskus tai sähköverkko – sähkö otetaan laitteisiin pistorasioiden kautta**” vastauksien mukaan sähkön kulku käyttökohteisiin tapahtuu kaapeleita ja johtoja pitkin. Vastauksille on yhteistä myös se, että niissä kuvataan pelkkien pistorasioiden lisäksi jollain tavalla kodin sähköverkkoa. Useissa vastauksissa mainitaan sähköpääkeskus tai sähkökaappi. Tämän luokan vastauksissa ei ole mainintaa muuntajista tai muuntoasemista.

H: No miten sähkö saadaan sinne, missä sitä tarvitaan?

O 16: Se kulkee noit johtoi pitki sin ja sit se toimii niitte joittenki Siäl o yleens joku se keskus minkä kaut se sit menee sin.

H: Joo´o. No miten sähkö saadaan käyttöön kodeissa?

O 16: No öö.. ainaki valot menee katkasijast pääl ku ne johdot tulee enstiks sisäl mut joku sähköpääkesku..vai mikä semmone kaappi o ylääl mist niit sit saa kytkettyy.

H: Entä sit kaikki kodinkoneet sun muut, ni miten sähkö saadaan sinne?

O 16: Ne tulee johtoi pitki sinn niinko siihen töpseliin ast se laitetaan siihe johto seinää ja sit alkaa pelaamaa.

”Sähkö tuodaan kaapeleiden ja johtojen kautta käyttökohteisiin ja pistorasioista laitteisiin” luokan vastaukset kuvaavat sähkön siirtämistä käyttökohteisiin osaksi samalla tavoin kun edellä kuvatussa luokassa. Muutamassa vastauksessa viitataan kuitenkin muuntajaan tai muuntimeen. Kotien sähköverkon tai sen rakenteen kuvaus jää pistorasioiden tasolle: sähkö saadaan pistorasioista. Kodin sähköverkko tai virtapiiri käsitteitä ei osata tuoda esille. Tämä luokka muodostaa kaikkein suurimman yhtenäisen kokonaisuuden. Luokkiin kuuluvien vastausten määrää ei tarkastella yksityiskohtaisemmin, koska kaksi kysymystä yhdistettiin analyysissä. Oppilas voi vastaustensa perusteella kuulua samaan merkitysluokkaan molempien kysymysten perusteella, tai toisen kysymyksen

suhteen eri luokkaan kuin toisen. **”Sähkö tuodaan kaapeleiden ja johtojen kautta käyttökohteisiin. Sähköä voidaan myös varastoida paristoihin tai akkuihin tai saada aurinkopaneeleista”** luokan vastaukset eroavat muista luokista sen suhteen, että niissä mainitaan paristot, akut tai aurinkopaneelit. Sähkön varastoitumisesta paristoihin tai akkuihin oppilailla on vastauksissaan tieteellisestä näkökulmasta katsottuna virheellinen käsitys. Kodin sähköverkkoa ei vastauksissa kuvailla. Vain pistorasiat mainitaan. **”Sähköä saadaan töpseleistä”** luokka antaa sähkön kulusta käyttäjille kaikkein pelkistetyimmän kuvan. Tämä luokka muodostui yhden oppilaan vastauksesta. Se haluttiin mainita erillisenä luokkana, koska se erosi selkeästi muista vastauksista yksinkertaisuudessaan.

Oppilailla oli seuraavanlaisia käsityksiä sähkön siirtojännitteistä:

- 1 Kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle, puhutaan korkeajännitteistä
- 2 Kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle, puhutaan melko suurista jännitteistä
- 3 Erilaiset virhekäsitykset: puhutaan megawateista (tehon yksikkö), yleisjännitteistä, n. 600 V jännitteistä.
- 4 Ei tietoa

”Kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle, puhutaan korkeajännitteistä” luokka muodostuu vain yhden oppilaan vastauksesta. Käsite on selkeästi ja täsmällisesti ilmaistu, mutta sitä ei sen enempää selitetä. Luokan **”Kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle, puhutaan melko suurista jännitteistä”** vastuksista käy ilmi, että siirtojännitteet ovat suuria tai melko suuria. Tähän luokkaan kuuluvia vastauksia on kahdeksalla oppilaalla:

H: Millaisista jännitteistä silloin puhutaan, ku sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle?

O 13: No varmaa ne o tosi korkeit ko ne saadaa jaettuu ympäri maailmaa, tai kauemmas ainaki.

H: Onks sulla muuten siitä mitään käsitystä, että miks ne olis niinku korkeita tai isoja ne jännitteet?

O 13: Noo, ku ne joudutaa kerran jakamaa nii monee paikka ni kai ne sit täytyy ol korkeempii.

Luokaan ” **Erilaiset virhekäsitykset**” kuuluvaksi määriteltiin kolmen oppilaan vastaukset. Vastuksissa esiintyy erilaisia virheellisiä käsityksiä siirtojännitteistä: saatetaan puhua megawateista, joka on tehon yksikkö tai ”ei kovin suurista yleisjännitteistä”. Siirtojännite saatetaan arvioida myös huomattavan pieneksi:

H: No osaakko kertoa, että millasista jännitteistä on kysymys silloin kun sähköä siirretään niinku voimalaitoksilta muualle?

O1: Jännite-... - Siis volttimäärästä?

H: Niin.

O1: ...No jos se on taloiss jotain pääll kahdensadan..., veikkaisin jottai... kuuttasata volttii.. - En oo varma.

Kuusi oppilasta kahdeksastatoista ei osaa oikein sanoa, millaisia jännitteitä sähkön siirtojännitteet ovat.

Kodin sähköverkon jännitteestä oppilaiden antamat vastaukset ryhmiteltiin neljäksi käsitysluokaksi:

1 200 – 300 V

2 9,6 – 12 V

3 Jännitteen yksikkö voltti ja tehon yksikkö Watti menevät sekaisin

4 ei tietoa kodin sähköverkon jännitteestä

Luokan 1 vastaukset (**200 - 300 V**) vastasivat melko hyvin todellista kodin sähköverkon jännitettä. Tähän luokkaan kuluvaasi määriteltiin kolmen oppilaan vastaukset. Käsitysluokan 2 (**9,6 -12 V**) vastaukset (3 oppilasta) kuvasivat kodin sähköverkon jännitteen huomattavasti todellista jännitettä pienemmäksi. Luokan 3 vastauksille (4 oppilasta) on yhteistä se, että niissä jännitteen yksikkö voltti ja tehon yksikkö Watti menevät sekaisin:

H: Joo´o. Noo, millaisista jännitteistä puhutaan sitt kodin sähköverkon yhteydessä?

O8: En niistäkään oo ihan varma, olisko kymmenist vateist satoihi vatteihi, ehkä yli tuhantee..pariintuhanteen. En tiä sen tarkemmin... Mitä noit merkintöjä oon kattonu nii siin paikkeil, riippuu vähä, mikä kodinkone o.

Kaikkein suurin luokka muodostui vastauksista, joiden mukaan oppilailla ei ollut käsitystä kodin sähköverkon jännitteen suuruudesta. Tähän ryhmään kuului 8 oppilaan vastaukset. Sähköverkon jännitettä ei käsitelty tutkimukseen kuuluvan opiskelujakson aikana.

Sähkön merkityksestä nyky-yhteiskunnassa muodostui oppilaiden vastausten perusteella neljä käsitysluokkaa.

1 Tärkeys, kokonaisvaltaisuus, yksilö- ja yhteiskunta merkitykset

2 Yksilömerkityksen tärkeys

3 ympäristöystävällisyys

4 Tärkeys energiantuotannossa

Luokkaa **tärkeys, kokonaisvaltaisuus, yksilö- ja yhteiskunta merkitykset** kuvaa hyvin seuraava ote haastattelusta:

H: Joo. Mikä merkitys sähköllä on nyky-yhteiskunnassa? - Mitä sä ajattelisit?

O8: No kauhee suuri, ett niinku monet asiat toimii sähköl ja sit se... Nykyää sitä koitetaa viä lisät kaikis moottoreis esimerkiks, ettei tota, osa ympäristöystävällisempää ku se ei saastuta ja niinku, ei niinku pärjättäis kyll yhtää ilma sähköö. Ja kyll sen huomaa, jos on sähkökatkoksii, ni ne ylittää heti uutiskynnykse jos o vähä isompi. Ett kyll se on tosi tärkeä nyky-yhteiskunnas.

Luokan **"Yksilömerkityksen tärkeys"** vastauksille oli ominaista, että ne kuvasivat sähkön merkitystä yksilön ja jokapäiväisen elämän tai kodin näkökulmasta. **"Ympäristöystävällisyys"** -luokka muodostui kahden oppilaan vastauksista. Toisessa niistä otettiin esille ympäristöystävällisyys ja se, etteivät sähkömoottorit saastuta. Toisessa vastauksessa puolestaan mainittiin sähköautojen valmistuksen aloittaminen:

H: OK. Noo, mikä merkitys sähköllä on sun mielest nyky-yhteiskunnassa?

O9: No aika iso merkitys, ku niit on kai alkamas tekeen niit jotaki sähköautoi ja tämmösii, ett on sill tosi paljo suurempi merkitys ko enne.

"Tärkeys energiantuotannossa" luokka muodostui myös yhden oppilaan vastauksesta. Oppilaan kuvauksissa ei käynyt ilmi lainkaan sähköän merkitys yksilön kannalta.

Oppilaiden käsitykset sähköän kulusta johdon sisällä olivat seuraavanlaisia:

- 1 Elektronit kulkevat johdon sisällä
- 2 Sähkövaraus liikkuu atomista toiseen
- 3 Atomin eri osat liikkuvat johdon sisällä
- 4 Sähkö vain kulkee tai siirtyy johdinta tai johdinainetta pitkin
- 5 Miinus ja plus puolet yhdessä kulkevat johdon sisällä

"Elektronit kulkevat johdon sisällä" luokan vastauksille oli yhteistä se, että sähköän kulku johdon sisällä nähtiin elektronien liikkeenä. Kolmen oppilaan vastaukset kuuluivat tähän merkitysluokkaan. **"Sähkövaraus liikkuu atomista toiseen"** luokka muodostui yhden oppilaan vastauksesta. Käsitys esitetään lyhyesti ja ytimekkäästi, eikä oppilas osaa asiaa tarkemmin kuvailla. Se haluttiin erottaa muista luokista, koska siinä sähköän kulku nähdään atomien välillä tapahtuvana vuorovaikutuksena, varauksen liikkeenä atomista toiseen. **"Elektronit kulkevat johdon sisällä"** luokan vastauksissa elektronien liikettä ei nähty näin täsmällisesti atomien välisenä, keskinäisenä vuorovaikutuksena. Luokan **"Atomin eri osat liikkuvat johdon sisällä"** vastauksissa nähdään sähköän kulku johdon sisällä atomin eri osien, protonien ja elektronien tai protonien, elektronien ja neutronien liikkeenä. Tämä luokka muodostui neljän oppilaan vastauksista. **"Sähkö vain kulkee tai siirtyy johdinta tai johdinainetta pitkin"** luokan (5 oppilasta) vastauksissa sähköän kulkua johdon sisällä ei osata tarkemmin analysoida: kysymys on yksinkertaisesti sähköän liikkumisesta johdon sisällä. Myös seuraavan haastattelun sisältö tulkittiin tähän luokkaan kuuluvaksi:

H: Nn'n. No osaatko kertoa, että mitä johdon sisällä tapahtuu kun sähkö kulkee siellä?

O16: No jotenki se vaa kulkee siäl. Em määhä sitä liittyäk se johdonki siihen mitä me fysiikassa opetetaan, mut..

H: Mitä te ootte fysiikassa opiskellu nytte?

vastauksessa. ” **Muut tavat estää sähkön kulku**” luokan vastauksissa tuli esille erilaisia muita, vaihtoehtoisia tapoja estää sähkön kulku paikkoihin, joihin se ei kuulu. Näitä olivat ”estojutut” tai jotkut muut komponentit, katkaisin tai sähkövirran kytkeminen pois päältä. Vastauksina ehdotettiin myös, että kai se johdoilla varmistetaan jotenkin: ettei johtoja laitettaisi paikkoihin, joihin ei tarvita sähköä: tai ettei viedä vettä lähelle.

H: No mitenkähän sähkön kulku saataan estettyä semmoseen paikkoihin minne se ei kuulu?

O 14: Ei hajuaka.

H: No jos sä nyt aattelet vaikkapa esimerkiksi jotain sähkölaitetta vaikka, ett, miten saadaan estettyä, että siitä sähkölaitteesta ei saa sähköiskua?

O 14: Kai jotenkin niil johtoil niinko varmistetaa jotenki. - Mää osaa sitä selittää! - Kyl mä sen varmaa tiädän, mut, mää osaa selittää sitä.

Joidenkin oppilaiden vastaukset saattoivat kuulua useampaan edellä luotelluista merkitysluokista.

Sähkön vaikutusten ilmenemisestä oppilailla oli seuraavanlaisia käsityksiä:

1 Sähköisku ja sen haittavaikutukset

2 Koneiden toiminta

3 Lämpö- ja valovaikutus

4 Ei tietoa vaikutuksista

”**Sähköisku ja sen haittavaikutukset**” luokan vastauksissa mainittiin sähköisku tai kuvailtiin sen vaikutuksia ihmiseen:

H: OK. - Miten sähkön vaikutukset ilmenevät?

O: - Sähkön vaikutukset.. - siis esimerkiksi , millai se...(?)

H: - Osaisikko kertoa joitain esimerkkejä esimerkiksi?

O: Een osaa tästä.. - .. No ihmises esimerkik. . - Jos ihmine saa sähköö, ni se haittaa sydämen lyönteihin, elikkä sitä.. - Ja sit on, jos on liian kauan jännitteit ni se niinku, siin tulee se lämpö.. - rupee lämpö nousemaa, ja .. - syttyy palamaa.

”Koneiden toiminta” luokan vastauksissa (8 oppilasta) kuvailtiin koneiden ja laitteiden toimintaa yleisesti tai esimerkiksi lampun kirkkauden vaihtelua ”sähkön määrän” vaihdellessa.

H: OK. Miten sähkön vaikutukset ilmenevät sun mielestä?

O: Siis se saa...Se saa niinku koneet toimimaan eri taval esimerkiks lampun se saa palamaa, ku se kulkee sen tota langan kautt ja öö, em mää osaa sanoo.. Se saa koneet toimimaa eri taval, sillai ku ne kuuluu toimii, niinku sit ku se säädetää eri nappie ja säätimien kans siäl ja .. Mut em mä osaa senkä tarkemmi sitä selittää.

Samaan luokkaan liitettiin myös sähkön puuttumista kuvaava vastaus: *”...et voi kattoo televisioo etkä pelat tietokoneel, etkä välttämät tällasii tehä mitää...”* **”Lämpö- ja valovaikutus”** luokan vastaukset (2 oppilasta) kuvasivat sähkön valovaikutusta tai lämpöä tuottavaa vaikutusta. **”Ei tietoa vaikutuksista”** luokka muodostui yllättävän suureksi. Siihen luokiteltiin kuuluvaksi viiden oppilaan vastaukset. Kaksi **”koneiden toiminta”** luokan vastauksista olivat myös melko epämääräisiä. Ne olisi voitu yhtä hyvin luokitella **”Ei tietoa vaikutuksista”** luokkaan.

Sähkön havaitsemisesta oppilaat ilmaisivat seuraavanlaisia käsityksiä:

1 Mittaaminen

2 sähköisku ja sen tunteminen

3 Aistihavainnot: valo, lämpö, salama ja ukkonen

4 Laitteiden käynnistyminen tai sammuminen

Mittaaminen tai mittarin käyttö oli yhteinen tekijä merkitysluokan **”mittaaminen”** vastauksille. Tämä luokka muodostui viiden oppilaan vastauksista. Sähköisku ja sen tunteminen nousi keskeisesti esille neljässä vastauksessa. Sama oppilas saattoi vastauksessaan mainita useisiinkin luokkiin sopivia sisältöjä:

H: Noo, miten muuten sä voisit havaita sähköä tai sähkön vaikutuksia?

O: No, vaikkapa ny sillee ett jos mul joku mittari o, joka kertoo sähkövarauksist ni sen kaa kättelee ni siin ny ainaki näkee, ja sit tota... Ni ja tottakai siitäki, jos mää tunge haaruka pistorasiaa, ni kyl mää siit varmaa, jos mää saan sähköiskun, huomaan, ett onk siä sähköä vai ei...

"Aistihavainnot" luokan vastauksissa esiintyivät valo ja lämpö sekä salama ja ukkonen. Viiden oppilaan vastaukset luettiin tähän luokkaan kuuluviksi. Osassa näistä vastauksista kuvailtiin hyvin epämääräisesti sähkön näkymistä tai tuntemista:

H: Miten sähköä voidaan havaita?

O: No kai se kai se jotenki Aika huonost se vissii näkyy mut hh.. Kai sen tuntee jotenki vähä, jos on kauheest sähköö jossain ja.., mutt emmää osaa sitäköö oikee selventää.

"Laitteiden käynnistyminen tai sammuminen" luokan vastauksissa (3 kpl) kuvailtiin laitteiden käynnistymistä tai sammumista, lampun syttymistä tai esim. sähkökatkoksen vaikutusta television käynnistymiseen. Yksi oppilas ei osannut kertoa, miten sähköä voi havaita.

Sähkön mittaamisesta oppilaat kertoivat seuraavaa:

- 1 Sähköä voidaan mitata mittareilla tai laitteilla watteina, voltteina, tai ampeereina**
- 2 mittareilla voidaan mitata jännitettä tai virtaa**
- 3 Sähköä voidaan mitata mittareilla**

"Sähköä voidaan mitata mittareilla tai laitteilla watteina, voltteina, tai ampeereina" luokan vastauksissa oli ilmaistu joko yksi tai useampia mitattavia sähkөөn liittyvien suureiden yksiköitä. Mittari tai mittalaite mainittiin vastauksissa, mutta nimitystä yleismittari, jännitemittari tai muuta mittalaitteen täsmällistä nimeä ei osattu kertoa.

H: No miten sähköä voidaan mitata?

O 15: Sitä.. Mitäs semmosii sähkömittareit ny onka, semmosii..? - Miks niit ny sanotaanka ni.. - Eiks niil pysty mittaamaa, kui mont voltii ja ampeerii ja tommosii kaikkii.

"Mittareilla voidaan mitata jännitettä tai virtaa" luokan vastauksille oli yhteistä, että niissä mainittiin mitattavina suureina virta tai sähkövirta ja jännite, tai ainakin jokin edellä mainituista. Yhdessä vastauksessa mainittiin jännitemittari, joka tässä tapauksessa samalla antoi viitteen mitattavasta suureesta. Kahdessa vastauksessa

mainittiin myös yleismittari. **”Sähköä voidaan mitata mittareilla”** luokan vastauksille oli ominaista, että niissä ei ollut nimetty mitattavia suureita tai niiden yksiköitä. Sen sijaan puhuttiin esimerkiksi sähkövarausten mittaamisesta tai yksinkertaisesti sähkön mittaamisesta. Kahdessa vastauksessa viitattiin mittausjohtimien kytkemiseen mittauskohteeseen:

H: OK. - No, miten sähkö voi mitata?

O1: Mitata...No, no siis semmosel, mää muist sen nimee, mutt semmosel mittarill, ett kahden sähkö.. siis jost toisest tulee sähkö ja site se menee samaa lähteeseen, esimerkiks patterii, ni siihe välil liitetää ne kaks tikkuu.. mitä ne oliki sitte, en muist enää.

Kysyttäessä oppilailta tieteellistä tai teoreettista määritelmää sähköstä, voitiin vastausten perusteella muodostaa seuraavanlaiset merkitysluokat:

- 1 Sähkövirtaa
- 2 Protonien, elektronien ja neutronien liikettä
- 3 Sähkö on ihmiselle äärimmäisen tärkeää
- 4 Ei osaa määritellä

Huomionarvoista on, että oppilaiden vastaukset olivat niukkasanaisia ja lyhyitä. **”Sähkövirtaa”** sekä **”protonien, neutronien ja elektronien liikettä”** luokat muodostettiin molemmat kahden oppilaan vastauksista. **”Sähkö on ihmiselle äärimmäisen tärkeää”** luokka perustuu yhden oppilaan kuvaukseen sähkön määritelmästä:

H: Jooó. - No jos sun pitäis keksiä tai kertoo teoreettinen tai tieteellinen määritelmä sähkölle, ni mitä sä... -mikä se olis?

O1: Määritelmä...Hmm.. - Aine johtaa, ihminen tekee, ni mut ihminen on sen orja, siis ilman sähkö ni me ei pärjättäs tääl kauaa.. oikeestaa, enää nykyää. Kunto ja kaikki o huonontunu ni, jos sähkö menis, ni menis koneet ja.. sitt.. -Sit menis aika huonost. - Millai se sanois?

H: Joo.. Jos ajattelee vielä tän sähkön määritelmää niinkun tavallaan..siltä, tavallaan niinku siltä, siltä, ett mihin se perustuu se sähkö ni, entäs siitä sitte jotain määritelmää..?

O1: - Sähkö perustuu...(?)... En osaa sanoo.

Kolmesta oppilasta ei osannut antaa määritelmää. Seuraava ote haastattelusta antaa kuvan vastauksen niukkuudesta:

H: No osaisitko sanoa jonkunnäköistä teoreettista tai tieteellistä määritelmää sähkölle, jos sun tarvis semmonen sanoa?

O8: En osaa kyll. - En osaa kyll yhtää sanoa sen tarkemmi ainakaa, ett ei sitä tota... Siit on pien käsitys, mutt eis sitä osaa ainaka selittää.

H: ...Sä yrität vähä.. :)

O8: No en kyll.. Siin kulkee... Sähkövirta kulkee esimerkiks johdossa, mutt em mää muist sit, mikä, mikä siin sit kulkee.. sen tarkemmi. Em mä osa kyll sanoa.

8.4.2 Oppilaiden käsitykset elektroniikasta

Seuraavat merkitysluokat kuvaavat oppilaiden käsityksiä siitä, mitä elektroniikka on

1 Rakentelua komponenteilla

2 Sähkölaitteita

3 Sähkön hyväksikäyttöä ja säätelyä komponenttien ja virtapiirien avulla

4 elektroniikka on suunnilleen sama asia kuin sähkö

”Rakentelua komponenteilla” luokan vastauksissa elektroniikka nähdään kapea-alaisesti elektroniikkarakenteluna:

H: Noo. Siirytään sitten toiseen.. pikkusen toiseen aiheeseen, elikä, mitä elektroniikka mielestä on ja mitä kaikkee se pitää sisällään?

O 12: No tarvitaan siin ny vähä sorminäppäryyt ja kaiken näköst ja sit niinku tarvi vähä tiätää niist asioist et niinku yhdistää kaikkii komponentteja ja tämmösii näi.

H: Joo´o, tuleeks sulle jotain muuta viel mieleen siitä?

O 12: Ei. - Ei oikee.

”Sähkölaitteita” luokan vastauksissa viitataan sähkölaitteisiin ja kodin elektroniikkaan. **”Sähkön hyväksikäyttöä ja säätelyä komponenttien ja**

virtapiirien avulla” luokan vastauksissa elektroniikka nähdään sähköön ja sähkövirran kulkuun sekä laitteiden toimintaan vaikuttavana asiana:

H: Jooó, se on ehkä vähän vaikee kysymys näin yht äkkiste. No sitte, jos puhutaan vielä vähän elektroniikasta.. Eli, kerro mitä elektroniikka sun mielestä on, ja mitä kaikkee se pitää sisällään?

O8: No se pitää sisällään erilaisii komponenttei, virtapiirei, sit tota noin, nii nää komponentit kytketään piirilevyihi, sit se saa sähköön, komponenteil saadaan sähkö virta esimerkiks estymää ja kulkemaa eri taval ja säädettyy ja toimimaa eritavall. Ja elektroniikka on niinku sitä sähköön, tavallaan säätelyy, ett miten se toimii.

”Elektroniikka on suunnilleen sama asia kuin sähkö” luokka muodostuu yhden oppilaan vastauksesta. Yksi oppilaista ei osaa selittää, mitä elektroniikka on.

Seuraavat merkitysluokat kuvaavat oppilaiden käsityksiä siitä, missä eri paikoissa tai eri aloilla tarvitaan elektroniikkaa?

1 Kodeissa

2 Erilaisissa ammateissa

3 Laajempi, koko yhteiskuntaa koskettava näkökulma

”Kodeissa” luokan vastaukset (2 kpl) olivat lyhyitä, ja ne olivat selkeästi keskittyneet kotiympäristöön. Vastauksissa mainittiin kännykkä, tietokone ja kodinkoneet tai autotalli. **”Erilaisissa ammateissa”** luokan vastauksissa esiintyy runsaasti erilaisia työ- tai ammattialoja, joissa tarvitaan elektroniikkaa. Niissä ei kuitenkaan välttämättä tule selkeästi esille, että elektroniikka on joka paikassa joka hetki läsnä olevaa. **”Laajempi, koko yhteiskuntaa koskettava näkökulma”** luokan vastauksissa elektroniikka nähdään laajemmin kuin tiettyihin ammatteihin tai kotiin liittyvissä yhteyksissä. Teollisuus, tehtaat, sähkövoimalat, tietotekniikka, koulutus, sähköllä toimivat laitteet, sairaalat, poliisi ym. tulevat esille tässä vastauskokonaisuudessa

H: Joo´o. Missä eri paikoissa tai eri aloilla tarvitaan elektroniikkaa?

O6: No kyllä se on vähän niinko joka aloilla, että esimerkiks jus niinku,.. no tietokone.. aika moni nykyään kaikki koulutukset ja tällaset käydään tietokonetta ni kyllä niihin sitä elektroniikkaa tarttee tietysti ja.. Ainaki sitä

sähköö, se on iha varma, siis itsestään selvyys, mutta tota.. Kyllähän sitä elektroniikkaa tarvii, no just sähköasentajan työssä, sehän on ihan sanomattakin selvää, ett... Kyllä sitä tarttee aika monissaki asioissa.

Yksi oppilasta ei osaa kertoa tai ei tiedä, missä elektroniikkaa tarvitaan. Kahdelle oppilaalle haastattelija ei jostain syystä esittänyt tätä haastattelukysymystä. Heidän vastauksensa puuttuu sen vuoksi.

Oppilailta kysyttiin, mitä elektronisia laitteita he tietävät tai ovat nähneet. Tämän perusteella muodostettiin seuraavat merkitysluokat:

- 1 Kodinkoneet, kodin elektroniikka ja tietotekniikka**
- 2 Laaja-alaisesti kaikkialla, mm lämmitys ja kulkuneuvot**

"Kodinkoneet, kodin elektroniikka ja tietotekniikka" luokka muodostaa määrällisesti laajimman vastauskokonaisuuden. 13 oppilaan vastaukset voidaan luokitella tähän luokkaan kuuluvaksi. Toinen merkitysluokka *"Laaja-alaisesti kaikkialla, mm lämmitys ja kulkuneuvot"* on kolmen oppilaan vastauksista muodostettu luokka. Niissä tulee jollain tavalla elektroniikan merkitys kodin elektroniikkaa laajemmin esille:

H: Mitä elektroonisia laitteita tiedät olevan olemassa tai oot nähnyt tai esim., mitä sulla itellä on?

O1: - Elektroonisii laitteita. Siis sillai niinko, ett mitkä tarvii sähköö..?

H: Joo.

O1: kaikkee täytyy selittää. Kaikki lamput ja kellot ja kaikki tarvii sii. Millai sanoj.? Ei ossaa sanoo sillai isol alueel.. Melkein kaikki nykypäiväne mikä itestä menee, siis niinko ett nappii tarvii painaa vaa.

Elektroniikan merkitystä nyky-yhteiskunnassa tiedustelevan kysymyksen perusteella oppilaiden vastauksista muodostettiin seuraavat merkitysluokat:

- 1 Kotinäkökulma**
- 2 Laaja, koko yhteiskuntaa koskettava näkökulma**
- 3 Ei osaa sanoa**

”Kotinäkökulma” luokan vastauksissa tuli esille monipuolisesti elektroniikan merkitys jokapäiväiseen elämään erityisesti kodeissa. **”Laaja, koko yhteiskuntaa koskettava näkökulma”** luokan vastauksista esimerkkinä on seuraava lainaus. Juuri ennen seuraavassa esitettyä haastateltava oli kuvannut sähkön merkitystä yhteiskunnassa todella tärkeäksi:

H: Äsken puhuttiin tuosta sähkön merkityksestä nyky-yhteiskunnassa. Mitä elektroniikka merkitsee nyky-yhteiskunnassa? Mikä merkitys sillä on?

O 13: No kai se on se sama merkitys oikeastaan. Elektroniikka se oikeastaan on se, mikä merkitsee, eihän pelkäl sähköl ihmiset oikeastaan mitään tee.

Oppilailta kysyttiin, millaisista jännitteistä puhutaan erilaisten sähkölaitteiden ja kodin elektroniikan yhteydessä. Vastausten perusteella muodostettiin kolme merkitysluokkaa:

- 1 Jännitteen tarve vaihtelee eri laitteilla**
- 2 Jännitteen yksikkö epäselvä**
- 3 ei tietoa**

”Jännitteen tarve vaihtelee eri laitteilla” merkitysluokan vastauksissa esiintyi erilaisia näkemyksiä jännitteiden suuruudesta. Jotkut arvelivat jännitteen vaihtelevan 10-12 voltin suuruusluokassa. Yksi oppilas esitti volttimäärän vaihtelevan muutamista volteista muutamiin kymmeneen volttiin. Joku arveli volttimäärän nousevan suurimmillaan satoihin volttiin. Paristojen pienet volttimäärät tulivat myös vastauksissa esille. **”Jännitteen yksikkö epäselvä”** luokan vastaukset osoittivat, että jännitteen yksikkö voltti ja tehon yksikkö watti sekoittuvat helposti oppilaiden selityksissä. Näin kävi neljän oppilaan kohdalla.

H: Joo´o. Millasista jännitteistä puhutaan erilaisten sähkölaitteiden ja kodin elektroniikan yhteydessä?

O 11: No kodinkoneis puhutaan sit varmaan niinku just jostain wateista ja tällasist ja sit näis niiku, miten sen selittä, - no jännitekaapeis ko siäl o sit varmaa jo voltit tai jokku isommat jänniteyksiköt sit ytös mutt... Ja autois on sit tietenki voltit..eiku, juu.

H: Mitä suuruusluokkaa esmerkiks kodeissa on tai mitä suuruusluokkaa autoissa on?

O 11: No autois on se kakstoist voltii vai mikä se o, vattii vai... Ja kodikoneis o sit sitä varmaa joku.. lampuista joku ykstoist wattii ja sit näihi isompii, niinku pesukoneis ja näihi, ni niis o sit varmaa joku tuhat, yli tuhattaki wattii aika reilust.

Kahdeksalla oppilaalla oli joko hyvin vähän tai ei lainkaan käsitystä jännitteiden suuruudesta. Mikään merkitysluokan vastauksista ei käynyt ilmi se, että laitteiden liitäntäjännite ja varsinainen käyttöjännite saattavat olla erilaisia. Myöskään liitäntäjännitteen laskeminen sopivaksi käyttöjännitteeksi muuntajan avulla ei tullut esille.

Oppilailla oli erilaisia käsityksiä siitä, mitä elektronisten laitteiden sisällä on:

- 1 Virtapiiri tai piirilevy ja nimettyjä komponentteja tai laitteita**
- 2 Virtapiiri tai piirilevy, johdot ja komponentit**
- 3 Protoneja ja neutroneja**

”Virtapiiri tai piirilevy ja nimettyjä komponentteja tai laitteita” luokan vastauksissa oppilaat osasivat luetella nimeltä erilaisia elektroniikan komponentteja (esim. vastukset, kondensaattorit, transistorit) tai laitteita (paristo, akku, katkaisija). Useimmissa vastauksissa laitteiden sisällä kerrottiin olevan virtapiiri tai piirilevy. Monissa ***”Virtapiiri tai piirilevy, johtoja ja komponentteja”*** kategorian vastauksissa mainittiin virtapiiri tai piirilevy. Elektronisten laitteiden sisällä todettiin olevan erilaisia komponentteja tai osia tai sähköjohtoja. Kahdessa yksittäisessä vastauksessa osattiin nimetä yksi komponentti tai laite (vastus, kuvaputki). Kahdessa vastauksessa oli keskeisesti esillä protonit ja neutronit. Näistä vastauksista muodostettiin ***”Protoneja ja neutroneja” -kategoria***. Yhdessä haastattelussa kysymys oli jäänyt esittämättä.

H: No, mitä elektronisten laitteiden sisällä on?

O 17: Virtapiirejä. Kaikkee semmost.

H: Mistä ne virtapiirit muodostuu?

O 17: Ledeistä, diodeist..kaikest niist... kondensaattoreista.. sitte.. - Semmosist.

H: Tuleeks? - Tuleeks vielä mieleen jotain?

O 17: Lamputki tai niitä muita jotai (mitä en muista)... - Vastukset.

Elektroniikka perustuu oppilaiden mukaan:

- 1 Sähköön, sähkölaitteiden toimintaan**
- 2 Komponenttien tai piirilevyn toimintaan**
- 3 Ei tietoa, ei osa selittää**

Analyysiyksikköinä olivat sähkövirran merkitys elektroniikassa ja komponenttien ominaisuudet ja tehtävät virtapiirissa. Elektroniikka perustuu **”Sähköön tai sähkölaitteiden toimintaan”** kategorian mukaan sähköön, sähköenergiaan tai sähkölaitteiden toimintaan. **”Komponenttien tai piirilevyn toimintaan”** luokan vastauksissa tulee esille elektronisten komponenttien tai piirilevyn merkitys sähkölaitteiden toiminnalle.

H: Mihin elektroniikka perustuu sun mielestä?

O8: En ol varma mihin perustuu. Sähköö tietysti tarvitaa, mut em mää tiä ei se nyt siihen suoranaisesti perustu. Se perustuu varmasti siihen, ett miten saadaan sähkö kulkemaa ja toimimaa eri tavoil, niinku kaikkien komponenttien ja kaikkie eri liitosten avul.

”Ei tietoa, ei osa selittää” kategoria muodostui neljän oppilaan vastauksista.

Kysymystä ei esitetty kolmelle haastateltavista.

Elektronisista komponenteista ja niiden tehtävistä oppilailla oli seuraavanlaisia käsityksiä. Analyysiyksikköinä käytettiin mainittujen komponenttien määrää ja tehtäviä:

- 1 Komponenteilla on erilaisia tehtäviä: virran hallitseminen tai säätely**
- 2 Tunnistetaan erilaisia komponentteja ja niiden tehtäviä**
- 3 epävarmuutta tai virheellisiä käsityksiä komponenttien tehtävistä**

”Komponenteilla on erilaisia tehtäviä: niitä käytetään virran hallitsemiseen tai säätelyyn” merkityskategorian vastauksissa oppilaat näkevät komponenttien tehtävän sähkövirran säätelyn ja hallinnan näkökulmasta. Tämä säätelytehtävä

nähdään yleisesti laajemmasta perspektiivistä, kuin pelkästään yksittäisten komponenttien erilaisina toimintoina tai tehtävinä.

H: OK. Millasii komponenttiä sää tunnet tai muistat ja mikkä niiden tehtävät on?

O8: Resistorei. - Niitten tehtävä on niinku rajottaa sitä sähkövirtaa. Transistorei, kondensaattoreita, ledei, diodei.. Kaikkii, mitä me ollaa täsä käsitelty, niil o erilaisii tehtävii esimerkiks ledit ni, ne niinku tuo valoo ku se sähkö tulee niihi, ja ne alkaa loistamaa ja sit niinku eritaval ne säättää sitä sähköö, ja esimerkiks ldr-vastus saa niinku, ko se ei saa valoo, ni sit se sy tai sa kulkee se virta sen kaut ja nii edespäi. Ne toimii eritaval, mut em mää kaikist tiä niinku sitä tarkkaa.

H: Muistatko esimerkiks transistorin tehtävästä, ett mikä se olis?

O8: Nyt, öö, se oli... Se toimi sillai, ett.. emmää, niiku se tehtävä oli.. - Em mä osaa oikei sitä selittää. Kyl mää muistan mite se toimii tarkkaa mut se virta kulkee siit sit ko se niiku se kanta saa sen ni se ain kulkee siit läpi ni se tavallaan rajottaa kans sitä sähkön kulkuu.

”Tunnistetaan erilaisia komponentteja ja niiden tehtäviä” luokan vastauksissa oppilailla on tiedossa erilaisia yksittäisiä komponentteja ja he osaavat kertoa ainakin jotain niiden tehtävistä:

H: Kerropa vielä komponenteista lisää, mitä ne on ja millasii komponentteisä tunnet ja mikä niitten tehtävä on?

O 11: No, on vastuksii, neo sellasii pienii langas olevii sellasii... ja niis sit johtetaa sitä sähköö, ne o tietyn niinku.. niit o niinku eri, mite mä sanosi vaik vahvusii niit vastuksii, yhen ohmi.. tai kuudenkymmenen kahdeksan kiloo...vaikka tämmösii ja.. Sit on näit transistoreit ja niil on sit joku.. Ne liikuttaa virtaa jotenki ja sit o, mikäs se oli.. vaihtovir, mikä..vaihtovastus vai mikä se oli semmone, kolmijalkane juttu, mist saadaa toi säädettyy esimerkiks valon voimakkuutta, tai tällane, himmennin. - Himmennimis o yleens varmaa sellane ja sit o kondensaattori, mikä varastoi sitä energiaa. Sit o jottai ledei, mikkä o niit vilkkuvii... mitä diodei, vai mitä ne oli... Sit on se mikropiiri, vai mikä se on ni. - Sil sit saadaa niinku yhdistettyy vähä enemmän noit erilaisii vastuksii ja näit.. kai.

”Epävarmuutta tai virheellisiä käsityksiä komponenttien tehtävistä” luokan vastukset ovat heterogeeninen joukko erilaisia vastauksia, joissa eri komponenttien tehtävistä on virheellisiä käsityksiä tai epävarmuutta. Eri komponenttien tehtävät ovat menneet useassa tapauksessa sekaisin niin, että esimerkiksi transistorin

kerrotaan säilövän sähköä (todellisuudessa kondensaattorin tehtävänä on varastoida sähköä).

H: Mitä..., minkälaisia erilaisia komponentteja on ja mitä näitä komponentteja on?

O 9: Noo, eiks oo niit kaikkii sähköön estäjiä ja tämmösiä...?

H: Kerrokko tarkemmin vielä vähän?

O 9: No sis näitä vastuksii ja transistorei ja kaikkii niin edelleen.

H: Joo'oo. Osaatko kertoa niitten tehtävästä, näitten eri komponenttien, että miten ne toimii ja mikä niitten tehtävä on?

*O 9: No vastuksis o se että se niinku piämentää sitä sähkömäärää, mikä liikkuu jaa sitä. ä.. toi, eiks transistori niiku, tota, säilöö sitä sähköä siinä...
- Ja nii edelleen.*

H: Nn'n. - Tuleeks vielä jotain mielee?

O 9: No, on niit trimmereit ja näit, että...

H: Mitä trimmeri tekee?

O 9: Em määh muist. :) - Eiks se kuljet sitä sähköä kans sillee.

Kaksi oppilasta ei osaa sanoa tai ei tiedä, mitä elektroniset komponentit ovat.

Analogiseen elektroniikkaan liittyi oppilaiden mielestä:

1 Ohjauksen tarve, ei automaattisuus (kellon viisarit)

2 Analoginen hiiri tai pleikkariohjain

”Ohjauksen tarve, ei automaattisuus (kellon viisarit)” kategorian vastauksissa korostuu se, että analoginen elektroniikka ei toimi itseksensä automaattisesti, vaan siinä tarvitaan ihmisen ohjausta. Kello, jossa on viisarit, esitettiin esimerkkinä. Tähän kategoriaan liitettiin myös seuraava vastaus:

H: Seelvä. - No osaatko sanoa, mitä tarkoittaa analoginen elektroniikka?

O 16: Se on tämmöst.. tää o ihan arvau. Se on tämmöst näin että se ei mitenkään mee noitte sateliittie kaut ne jutut, mill se toimii.

”Analoginen hiiri tai pleikkariohjain” luokka muodostettiin kahden oppilaan vastauksista. Vastauksissa analogisuus yhdistettiin tietokoneen analogiseen hiireen tai analogiseen pleikkariohjaimeen. Kumpikaan oppilaista ei osannut kertoa, miten analogisuus muuten voisi liittyä elektroniikkaan.

Kymmenellä oppilaalla 18 haastateltavasta ei ole tietoa tai he eivät osaa kertoa, mitä analoginen elektroniikka on. Haastattelija odotti, että vastauksissa olisi tullut esille jotenkin analogisuuden merkitys yhdistettynä perinteisten elektroniikan komponenttien käyttöön. Tällaisia vastauksia ei kuitenkaan tullut yhtään.

Kysymyksen ”Mitä tarkoittaa digitaalitekniikka” vastauksista muodostettiin kolme vastauskategoriaa:

1 Automatisoitua (elektroniikkaa)
2 Digitaalikello, digi-TV, digiboksi
3Vaihtoehtoiset käsitykset

”Automatisoitua (elektroniikkaa)” luokan vastauksissa tuli esille, että digitaalitekniikka on automatisoidumpaa elektroniikkaa:

H: Joo´o. No entäs sitten, mitä tarkoittaa digitaalitekniikka?

O7: Se o niinko just semmone uudempi, ett kaikki tulee niinku... esimerkiks TV:see tulee se selvempi kuva ja sit ne toimii paljo automaattisemmi ja jotenki sillai.

”Digitaalikello, digi-TV, digiboksi” luokan vastauksissa esitettiin konkreettisia esimerkkejä digitaalisista laitteista ja kuvailtiin niitä:

H: Seelvä. Osaatko selittää, mitä tarkottaa digitaalitekniikka?

O8: Öö... - Aivan juu, nii nää on vastakohtat ai juu, sen mää unohdi. Niin tietyst. Digitaalinen on niinku, ett esimerkiks öö, digiboksis o se ero, ett se ei tarvi niinku erikseen tavallaan sitä, miten sen sanois, ett se ottaa niinku digitaalisin ne vastaa, ett se tarvii pelkästää vastaanottimen, esimerkiks sen digiboksin niinku televisio yhteydes se ei tarvi nii paljon niinku johtoi, ett sen ei tarvi kulkee niinku tavallaan maata pisin sen virran. Ett analoginen on sit vähän niinku, se o tavallaan sen vastakohta siihe, ett se sit taas tarvii johdot ja antennin, ett se toimii. Mut em mää kyll osaa kovin tarkkaan... Sit digitaaliset esimerkiks, niinku, jos tota noi analogises on esimerkiks, öö, digitaali kellotaulu on semmonen, ett siihen tulee vaan tota

valo ja tavallaa ja ne muodostaa ne numerot, mutt se ei tarvi niinku, tavallaan tommosii kongreettisii viisarei ja tämmösii, ett em mää osaa niinku kovin tarkkaan kuvailla sitä.

”Vaihtoehtoiset käsitykset” luokka muodostettiin kahden oppilaan vastausten perusteella. Toisessa digitaalitekniikkaan liitettiin antennit: sähkö ei tule johtimia pitkin, vaan antennin kautta. Toisessa vastauksessa esitettiin tarkentamisen mahdollisuus. Sillä mahdollisesti viitattiin tässä yhteydessä digitaalisen lähetyksen säätömahdollisuuteen tai esim. kuvan laatuun.

H: Entäs tämmönen ku digitaalitekniikka.

O 17: Onk se kaikkee, ett pystyy tarkentaa kaikkee semmost.

Haastattelija oli määritellyt alustaviksi analyysiyksiköiksi bitit, mikropiirit ja loogiset operaatiot. Digitaalinen sähkösignaali kulkee bittimuodossa, ja erilaiset mikropiirit käsittelevät näitä signaaleja muutellen niitä mm. erilaisten loogisten operaatioiden avulla erilaisten toimintojen aikaansaamiseksi. Tällaisista selityksistä ei haastatteluissa ollut viitteitä. Viisi oppilasta ei tiennyt tai osannut selittää, mitä digitaalitekniikka on.

Haastattelujen perusteella muodostui neljä käsitysluokkaa:

- 1 Ohjaa laitteita, älykkäitä**
- 2 Kuvaileva määrittely**
- 3 Levyjä (epäselvää, tarkoittaako piirilevyjä)**
- 4 Tietokoneisiin liittyvä, muisti**

”Ohjaa laitteita, älykkäitä” merkitysluokka muodostettiin kahden oppilaan vastauksista. **”Kuvaileva määrittely”** luokka muodostuu erillisistä mikropiirejä, niiden ulkonäköä ja ominaisuuksia kuvailevista haastatteluvastauksista.

H: Nn´n. No sitten: mitä mikropiirit ovat?

O 16: Ne o niit piänii semmosii.. - Mää ny tiä onko ne piirilevyi, mut ne o semmosii niinko erittäin pienikokosii, mitä on esim. kännyköis, ku pitää saad piänee tilaa ni.

H: Osaaksä vielä tarkemmin kuvailla minkälainen se on niinku ulkonäöltään se mikropiiri?

O 16: Seo semmone ihan pien neliön muotone juttu ja sit siin o jottai viivoi menee siäl ja. Se o niinku se pää..., pääjuttu mikä se pistää toimimaa ne kaikki jutut.

H: Mitä ne viivat on, mitä siä menee?

O 16: Ee, ne o niit...

H: - Mihin ne on liitetty, tai sillee..?

O 16: No ne.. eeh.. johtaa, tai siis ku niit pistää komponenttei niihi kii, j os pistetään, ni ne johtaa niit sähköö sit siit, tai sillai ett... Em mä osaa selittää.

H: No, elikä mikropiiri niin tota, onks se tavallaan niinku.. Muodostuuko se.. ää..- Onkse niinku sun mielestä yks komponentti vai onko siinä paljon komponentteja vai..?

O 16: No siin on paljon komponenttei.

H: Pystyykö ne niinku erotaan, erottaa siinä ne komponentit vai.. vai onkse niinku yhtenäinen semmonen, tavallaan, ett niitä ei niinku näy niitä erillisii komponentteja?

O 16: No kyl se sillai hiukan näkyy varmaa, mutt em mä tiä pystyykö sitä erottama...

H: Kuinka pieniä? Jos sun pitää niinku arvioida esimerkiks sentteinä pituutta ja leveyttä, ni, kuinka pieni komponentti se mahdollisesti on?

O 16: No voi se ol iha sentinki mittane, mutt em mä tiä onks niit sitte muutama milli mittasii vai onks (??)

H: Joo´o. Elikä mä tässä vaan ajan takaa, että tarkotaks sä nyt siis niinku.. - Et sä piirilevyä tässä tarkota, ett se..?

O 16: En.

”Levyjä (epäselvää, tarkoittaako piirilevyjä)” vastausluokka muodostuu kahdesta haastatteluvastauksesta. Niissä mikropiirit kuvataan levyiksi, joissa on komponentteja tai joissa sähkö kulkee. Vastauksista ei selviä, tarkoittaako oppilas levyillä piirilevyjä, vai kuvaako hän mikropiirit levymäisiksi. **”Tietokoneisiin liittyvä, muisti”** on yhden oppilaan vastauksesta muodostettu merkitysluokka. Oppilas kuvaa mikropiirit tietokoneisiin liittyviksi muistikomponenteiksi, joissa voi säilyttää tiedostoja. 9 oppilasta ei osannut vastata tai tiennyt, mitä mikropiirit ovat.

Mikroprosessoreista oppilaat ajattelivat seuraavasti:

- 1 Tietokoneisiin liittyvä pikkuprosessori
- 2 Vastaava kuin mikropiiri
- 3 käytetään elektroniikassa, piirilevyissä tai kytkennöissä

”Tietokoneisiin liittyvä pikkuprosessori” luokka nimettiin kahden oppilaan vastauksen perusteella. Molemmat oppilaat ymmärsivät, että prosessori on tietokoneen keskeinen komponentti tai ”pääkone”, mutta he eivät ymmärtäneet mikroprosessoria ja prosessoria synonyymeina.

H: Mitä mikroprosessorit ovat?

O 10: Em määhä tiä. Prosessori o ainaki niinku tietokoneen niinku se niinku pääkone. Sit mikroprosessori ni se kertois, ett se olis niinku piäni.. mm mä siihe kyl iha usko... Mutt, kai se sit o niinku piäni apulaite.. niinku tietokonee

Yksi oppilaista arveli, että ne voisivat olla samanlaisia kuin mikropiirit. Yksi oppilas puolestaan arveli, että niitä käytetään jossain elektroniikassa. Yksi oppilas kertoi kuulleensa sanan joskus, ja yksi arveli niitä käytettävän piirilevyissä ja kytkennöissä. 13 oppilasta ei tiennyt, mikä mikroprosessori on

Mikropiirien ja mikroprosessorien toiminnasta kysyttäessä oppilaat kertoivat, että mikropiirit:

- 1 Ohjailee sähköä
- 2 Johtaa sähköä, vähän kuin virtapiirit
- 3 Ei tietoa, ei osaa sanoa (4 oppilasta)
- 4 Ei kysytä (9 oppilasta)

”Ohjailee sähköä” merkitysluokka muodostettiin kahden oppilaan vastauksista. Vastauksissa tulee esille mikropiirin sähkön ohjaukseen tai kulkuun liittyvä tehtävä.

H: Osaatko kertoa, miten mikropiirit ja mikroprosessorit toimii?

O7: En kyl, mutt kai niihi jottai sähköö menee sit ne jotenki ohjailee niit juttui.

”Johtaa sähköä, vähän kuin virtapiirit” merkitysluokan vastaukset sisältävät ajatuksen, että mikropiirit tai mikroprosessorit johtavat sähköä, tai toimivat virtapiiriin tapaan.

H: Osaatko vielä kertoa niistä, mikropiiriin toiminnasta, että mitä, miten ne niinku toimii ja mitä siellä sisällä mahdollisesti tapahtuu

O 11: No siäl sisäl.., emmä tiä mitää, mut siäl niinku, toiminnast, ett se niinku toimii periaattees johtimena ett sil voidaa yhdistel erilaisii.. - Voidaa yhdistää, ett pistetää vai plussa menemä siit nii mikropiiri läpitte suuraa johonki vastuksel ja kondensaattoreis samanaikaisesti ja katkasimelki varmaa... En sen tarkemmin ossaa selittää.

Neljä oppilasta ei tiennyt tai osannut kertoa, miten mikropiirit tai mikroprosessorit toimivat. 9 oppilaalle ei esitetty kysymystä mikropiirien tai prosessorien toiminnasta. Tähän vaikuttivat edellisten kysymysten vastaukset: yhdeksän oppilasta ei osannut edellisissä kysymyksissä kertoa, mikä mikropiiri on, ja 15 oppilasta ei osannut kertoa, mikä mikroprosessori on.

”Mitä elektronisten laitteiden sisällä tapahtuu, kun laitteet toimivat?” -kysymyksen perusteella muodostettiin seuraavat kategoriat (analyysiyksikköinä olivat komponenttien toiminta virtapiirissä, komponenttien tehtävä virran ja sen vaikutusten ohjauksessa):

- 1 Sähkö saa laitteet toimimaan**
- 2 Sähkövirta kulkee ja komponentit toimivat**
- 3 Sähkö kiertää ympyrää**
- 4 Protonit ja neutronit liikkuvat**

”Sähkö saa laitteet toimimaan” luokan vastauksille (3 kpl) oli tunnusomaista, että sähkövirta mainittiin laitteiden toiminnan perustana. Erilaisia toimintoja laitteen sisällä ei eritelty. Myöskään eri komponenttien rooli ei tullut esille. Seuraava esimerkki edustaa tätä merkitysluokkaa:

H: Mitä elektroonisten laitteiden sisällä tapahtuu kun ne laitteet toimii?

O2: No. Kyähän se sähkövirta saa jonkun laitteen toimimaan tai reagoimaan tai miten vaa.. ja tota noi se sit aiheuttaa jotai toimintoi siält.... - semmost.

"Sähkövirta kulkee ja komponentit toimivat" luokan vastauksissa (5 kpl) tuli esille komponenttien tehtävät laitteen toiminnassa.

H: No, mitä siellä elektronisten laitteiden sisällä tapahtuu, kun ne laitteet toimii?

O5: Ku se virta kulkee siel ja, sit ne eri tavoil kaikkii tekee sil virral, esimerkiks vastustaa ja sitte varastoi ja siirtää eri paikkoihi.

H: Mikä varastoi? - Mikä vastustaa?

O5: Noo, vastus ainaki vastustaa ja sitte kondensaattori kerää sitä.

"Sähkö kiertää ympyrää" luokan vastauksissa (2 kpl) mainittiin sähkövirran kulku ympyrämäisenä liikkeenä:

H: Mitä noitten elektronisten laitteiden sisällä tapahtuu, kun ne laitteet toimii?

O 13: Em mää tiä onks se kaikis nii, mutt aianki mones o tulee suljettuu virtapiirii sen avul ne se sähkö pääsee kulkemaa oikeestaa niinku ympyrää..ja toimii sillai.

"Protonit ja neutronit liikkuvat" luokka muodostettiin yhden oppilaan vastauksesta. Yksi oppilas ei osannut kertoa, mitä laitteiden sisällä tapahtuu. Yhdelle oppilaalle kysymys jäi esittämättä.

Kysyttäessä oppilailta, mitä komponentit tekevät virtapiirissä, he antoivat seuraaviin kategorioihin viittaavia vastauksia:

- 1 Ohjaa sähkön tai virran kulkua
- 2 Komponenteilla erilaisia tehtäviä
- 3 Kuljettaa sähköä
- 4 Antaa virtaa

"Ohjaa sähkön tai virran kulkua" luokka muodostui kolmen oppilaan vastauksista. Luokkaa edustaa seuraava ote haastattelusta:

H: Öö.. me ollaan varmaan täst jo puhuttukin, mutt oisko sulla mitään lisättävää, että mitä komponentit tekee siinä virtapiirissä?

O 9: *No, ne vastustaa ja kaikkee tämmöst.. - Ohjaa sitä sähköön kulkuu.*

”Komponenteilla erilaisia tehtäviä” luokka muodostuu viiden oppilaan vastauksista. Vastauksissa tulee esille erilaisia komponenttien tehtäviä (Sähkökulun rajoittaminen, virran varastointi, virran levittäminen muualle, ym.). Kuvauksissa on käytetty arkikieltä, ne ovat melko suppeita, ja saattavat sisältää jopa tieteellisestä näkökulmasta virheellisiä käsityksiä. Seuraavassa esimerkissä puhutaan virran suuntaamisesta sinne, missä muodostuu virtaa:

H: OK. No, oisko sulla vielä jotain kerottavaa, että mitä ne komponentit tekee virtapiirissä?

O6: vara. Siis sin No esimerkis otetaan nyt vaikka lamppu, ni se, siis se virta niinku suunnataan sinne, missä muodostuu virtaa ja sitte se lamppu palaa. Paristot sit taas antaa sitä virtaa ja sit nää kaikki, mikkä on siin virtapiirissä, johtaa sitä. - Se kondensaattori varastoi.ne varastoituu, nii. - Ei mul kai sen enämpää ol siit sit.

Neljällä oppilaalla, jotka eivät osanneet kertoa, mitä komponentit tekevät virtapiirissä, ei ollut myöskään aiemmissa tähän asiaan liittyvissä kysymyksissä tietoa komponenteista joko lainkaan, tai ainakaan kovin paljoa. Kolmella oppilaalla ei ollut lisättävää edellisten vastauksien jälkeen. He olivat aiemmissa vastauksissaan jo kertoneet erilaisista komponenteista ja niiden tehtävistä. Yhdelle oppilaalle kysymystä ei esitetty.

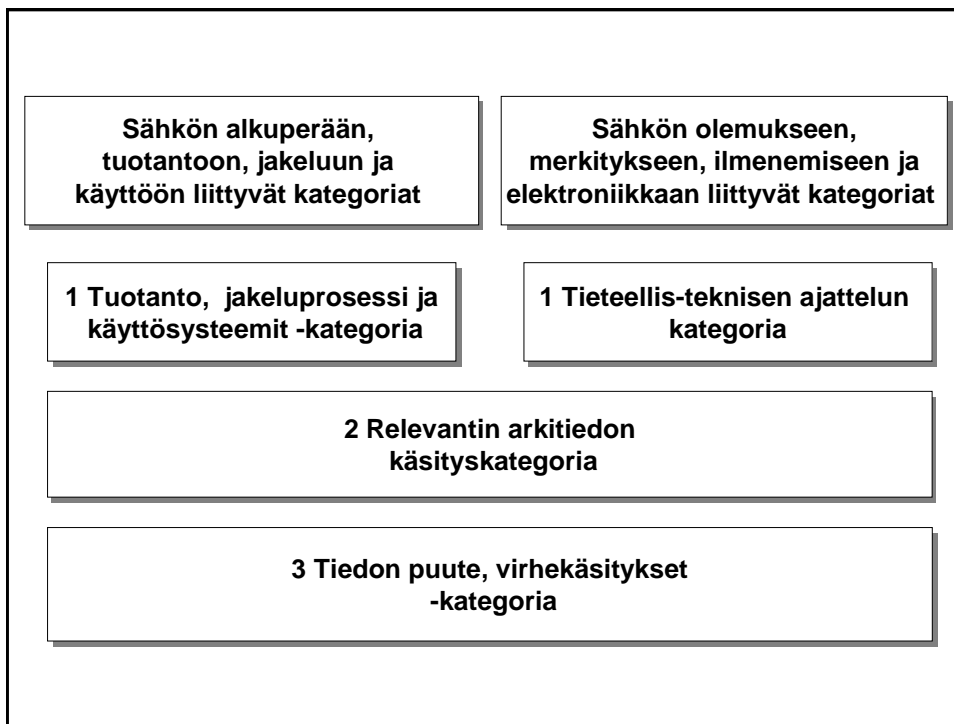
Oppilailta kysyttiin lopuksi teoreettista tai tieteellistä määritelmää siitä, mitä elektroniikka on. Vastausten perusteella muodostettiin seuraavat käsitysluokat:

- 1 Perustuu virtaan ja komponenttien toimintaan**
- 2 Sähkö tai sähkövirran kulkua**
- 3 Sähkölaitteita tai tekniikkaa**
- 4 Elektroniikkarakentelua**

Muodostuneet käsitysluokat vastaavat melko hyvin ensimmäisen elektroniikkaan liittyvän haastattelukysymyksen ”Mitä elektroniikka on?” perusteella muodostettuja merkitysluokkia. Suurimpana erona on ehkä se, että nyt 5 oppilasta ei osaa oikein määritellä elektroniikkaa tieteellisesti tai teoreettisesti. Ensimmäisen kysymyksen kohdalla vain yksi oppilas ei osannut määritellä, mitä elektroniikka on.

8.5 Ylätason kategorioiden muodostaminen

Analyysiprosessin kuluessa muodostetuista kuvauskategorioista muodostettiin prosessiin lopuksi ylätason käsityskategoriat. Kuvauskategorioita tarkasteltiin suhteessa toisiinsa, ja etsittiin niistä yhtäläisyyksiä. Tällä tavoin löydettiin kaksi toisistaan hieman poikkeavaa kategoriaryhmää. Nämä kategoriaryhmät olivat **sähkön alkuperään, tuotantoon, jakeluun ja käyttöön liittyvät kategoriat** ja **sähkön olemukseen, merkitykseen, ilmenemiseen ja elektroniikkaan liittyvät kategoriat**. Näille molemmille kategoriaryhmille muodostui yksi oma alakategoria ja sen lisäksi kaksi yhteistä alakategoriaa (Kuvio15).



KUVIO 15: Analyysiprosessissa muodostetut ylätason kategoriaryhmät

Tuotanto, jakeluprosessi, ja käyttösystemit kategoriaan liittyvissä haastattelukuvauksissa oppilaat kuvasivat sähkön alkuperää ja tuotantoa ja toivat esille eri energialähteitä ja voimalaitostyyppäjä. Sähkön syntymiseen voimalaitoksissa liitettiin erilaiset ratassysteemit, turbiini ja generaattori. Sähkön kulkureitti voimalaitoksilta käyttökohteisiin kuvattiin tapahtuvaksi johtimia ja kaapeleita pitkin. Kuvausten mukaan kodeissa sähkön jakelu tapahtuu sähköpääkeskuksen kautta kodin sähköverkkoon ja pistorasioiden kautta laitteisiin.

Sähkön siirtojännitteistä puhuttaessa käytettiin termiä korkeajännite. Tämän kategorian kuvauksissa kodin sähköverkon jännitteestä oli realistinen käsitys (200–300V). Sähkön merkitys koettiin suureksi ja kokonaisvaltaiseksi sekä kotien ja yksilöiden että yhteiskunnan kannalta.

Tieteellis-teknisen ajattelun kategoriaan kuuluvien haastattelukuvausten mukaan sähkö oli virtaa, virran kulkua tai elektronien liikettä. Johdon sisällä kulkeva sähkö nähtiin elektronien liikkeenä tai sähkövarausten liikkumisena atomista toiseen. Eristeet tunnistettiin sähkön kulkua estävinä materiaaleina. Sähkön vaikutukset ilmenivät näiden kuvausten perusteella koneiden ja laitteiden toimintana tai valona ja lämpönä. Sähkön havaitseminen tapahtui vastausten mukaan mittaamalla. Sähköä voidaan mitata mittareilla tai laitteilla watteina, voltteina tai ampeereina. Mittareilla voidaan mitata jännitettä tai virtaa. Elektroniikka oli kuvausten mukaan sähkön hyväksikäyttöä ja säätelyä komponenttien ja virtapiirien avulla. Elektroniikan merkitys ja tarve nähtiin laajasti koko yhteiskunnan näkökulma huomioiden. Jännitteen tarve kodin sähkölaitteissa nähtiin vaihtelevana laitekohtaisesti. Elektroniikka perustuu kuvausten mukaan komponenttien tai piirilevyn toimintaan. Elektronisten laitteiden sisällä on virtapiiri tai piirilevy ja erilaisia komponentteja ja laitteita, joiden nimiä myös mainittiin vastauksissa. Vastauksissa tunnistettiin erilaisia komponentteja ja niiden tehtäviä. Komponenteilla nähtiin olevan erilaisia virran hallitsemiseen tai säätelyyn liittyviä tehtäviä.

Relevantin arkitiedon käsityskategoriasta muodostui kahdelle pääkategoriaryhmälle yhteinen. Tässä kategoriassa oppilaiden kuvaukset olivat relevantteja, mutta suhteellisen pelkistettyjä ja niukkoja: esimerkiksi sähköä nähtiin saatavan erilaisista virtalähteistä, kuten mm. paristoista ja akuista. Sähkö syntyy kuvausten mukaan yksinkertaisesti voimalaitoksissa. Se saadaan käyttöön kodeissa töpseleiden kautta. Sähkön siirtojännitteet voimalaitoksilta muualle ovat melko suuria. Sähkö on oppilaiden mielestä koneiden ja laitteiden käyttövoimaa. Sähkön kulkua johdon sisällä kuvataan yksinkertaisesti siten, että se vain kulkee tai siirtyy johdinta pitkin. Sähkön vaikutusten ilmenemisessä korostui sähköisku ja sen aiheuttamat haittavaikutukset. Elektroniikka on vastausten mukaan rakentelua komponenteilla tai sähkölaitteita. Elektroniikkaa tarvitaan kodeissa ja eri ammateissa. Elektroniikan merkityksessä korostui kotinäkökulma. Analoginen elektroniikka nähtiin ei-

automaattisena, kun taas digitaalitekniikka oli kuvausten mukaan automatisoitua elektroniikkaa. Mikropiireistä tunnettiin lähinnä ulkonäköön liittyviä ominaisuuksia. Komponenttien tehtävä virtapiireissä on kuljettaa sähköä.

Tiedon puute ja virhekäsitykset kategoriaan kuuluu myös molempien pääkategoriaryhmien kuvauksia. Sähkön syntymisestä esitetään erilaisia virheellisiä käsityksiä. Sähköä voidaan kuvausten mukaan mm. tallentaa paristoihin ja akkuihin. Jännitteistä puhuttaessa jännitteen yksikkö Voltti ja tehon yksikkö Watti menevät sekaisin oppilaiden vastauksissa. Yhdessä haastatteluvastauksessa sähköä kuvataan johdoissa liikkuvaksi aineeksi, jota tarvitaan koneisiin ja laitteisiin. Komponenttien tehtävistä esiintyy epävarmuutta ja virheellisiä käsityksiä. Joissain kysymyksissä oppilailta tulee paljon *”ei tietoa”* vastauksia (mm. digitaalitekniikasta, mikropiireistä ja mikroprosessoreista puhuttaessa).

8.6 Pohdintaa

Tutkimukseni tarkoitus oli selvittää, mitä oppilaat tietävät sähkön ja elektroniikan peruskäsitteistä, miten tietämys ja osaaminen kehittyvät opiskelujakson kuluessa ja millaisia käsityksiä oppilailla on sähköstä ja elektroniikasta. Nykyisen tietämyksen mukaan on tärkeää, että sekä oppilas itse, mutta myös opettaja, ovat tietoisia opiskeltavaan aihealueeseen liittyvästä aikaisemmasta tietämyksestä ja erilaisista käsityksistä. Tutkimusaihe oli muotoutunut käytännön tarpeesta kehittää elektroniikan opetusta. Tutkimuksen tulosten perusteella pohdin myös sitä, mitkä olivat oppilaiden valmiudet opiskella sähköön ja elektroniikkaan liittyviä käsitteitä ja sähköisten virtapiirien toimintaa. Sähkön ja elektroniikan perusteiden opettaminen tehokkaasti edellyttää kokemukseni mukaan mahdollisuutta havainnollistaa oppilaille yksityiskohtaisesti kytkentöjen tekemistä ja esimerkiksi koekytkentälevyjen käyttöä, jotta oppilaat voisivat paremmin hahmottaa niiden toimintaa. Tämän vuoksi opetus toteutettiin perinteisen opettajakeskeisen opiskelun ja opettamisen (piirtoheitinkalvot, PowerPoint esitys) sijaan vuorovaikutteisen, oppilaskeskeisen opiskelun ja tietotekniikan keinoin. Tietokonepohjainen, vuorovaikutteinen oppimateriaali antoi oppilaille mahdollisuuden perehtyä kulloisiinkin aiheisiin tai tehtäviin ja edetä niissä omaan tahtiinsa.

Opetusjakson aikana havaitsin, että opettajan antama ohjaus ja apu oppilaille oli ehdoton edellytys tehtävissä etenemiselle. Oppimateriaali ei tukenut riittävästi oppilaita ongelmatilanteissa ja vaikeuksissa ymmärtää asioita. Tämä havainto on samansuuntainen, kuin esim. Qin ja Jianwein (1999) näkemys siitä, että opettajalla on kriittinen rooli opetustilanteiden organisoijana, oppimisen edistäjänä, informaation lähteenä ja erilaisten oppimiseen ja opetukseen liittyvien tekijöiden koordinaattorina. Vaikka opetuksessa on mukana informaatio- ja kommunikaatioteknologiaa, opettajan tehtävänä on tukea oppilaiden oppimisprosessia ja tarjota tukea sekä oppimisympäristöön ja teknologiaan että oppimisen kohteena oleviin asioihin liittyen. (Vrt. Qi ja Jianwei, 1999, 232.)

Opiskelujakson aikana koekytkentälevyn toiminnan ymmärtäminen osoittautui erityisen hankalaksi oppilaille. Asiaa jouduttiin käymään läpi oppilasparien kanssa henkilökohtaisesti opettajan avustamana. Piirikaavioiden toimintaperiaate ja kaavion esittämisen kytkennän tekeminen koekytkentälevylle oli erittäin vaativaa. Oppilaat lähtivät helposti kopioimaan kytkentää esimerkkinä toimivan valokuvan perusteella. Se oli hankalaa, koska komponenttien tarkat kytkentäpisteet eivät välttämättä näkyneet kuvissa. Kun oppilaat ymmärsivät, että he voivat ajatella kaaviossa olevia symboleita yhdistävät viivat ikään kuin johtimina, alkoi kytkentöjen toteuttaminen onnistua. Useimpien oppilaiden kanssa tämä täytyi käydä läpi, keskustellen ja selittäen. Vaativampien tehtävien rakentaminen koekytkentälevylle oli useimmille oppilaille todellinen haaste. Vaikka kytkennöissä ei ollut komponentteja määrällisesti kovin paljon, niiden liittäminen toisiinsa johdinten avulla vaati keskittymistä ja monien eri asioiden huomioimista yhtä aikaa. Samalta komponentilta piti osata viedä johdin mahdollisesti usean muun komponentin navalle. Johtimista ja komponenteista muodostui vaativampien tehtävien kohdalla hyvin monimutkainen verkosto.

Konstruktivistinen oppimiskäsitys korostaa oppilaan aktiivisuutta ja omaa prosessointia merkityksien muodostamisessa ja uusien asioiden suhteuttamisessa olemassa oleviin käsiterakenteisiin. Se korostaa myös vuorovaikutuksen merkitystä oppimisessa. Oppimateriaalin tulisikin tarjota oppilaille sellaisia haasteita, että niihin vastaaminen edellyttää intentionaalista ja päämääräsuuntautunutta prosessointia.

Tutkimuksessa käytetyn oppimateriaalin tehtävät vaativat monimutkaista ajattelua. Kytkentöjen rakentaminen koekytkentälevylle näytti aktivoivan oppilaita mm. ajattelemaan ääneen ja siten hahmottamaan ratkaisuja tekeillä olevan kytkennän rakentamiseksi. Oppilaat myös keskustelivat pareina tehtävistä ja teorian tietoon liittyvistä asioista. Näen tämän erityisen myönteistä, jos pareina ovat tiedoiltaan ja taidoiltaan eritasoiset oppilaat. Heikompi oppilas voi tällä tavoin taitavamman oppilaan parina mahdollisesti oppia asioita, jotka olisivat hänelle yksin liian vaativia. Tämän esimerkiksi Vygotskyn (1978) näkee jopa merkityksellisempänä kuin sen, mitä oppilas voi oppia itsenäisesti. Vygotsky käyttää termiä lähikehityksen vyöhyke tarkoittaen oppilaan aktuaalisen kehitystason ja mahdollisen potentiaalisen kehitystason välistä eroa. Lähikehityksen vyöhyke kuvaa oppilaan kehityksessä olevia toimintoja ja taitoja, joiden oppiminen on mahdollista ulkoisen tuen avulla. Tutkimuksellisesti olisi ollut hedelmällistä, jos resurssini olisivat riittäneet videoitujen oppilasparien vuorovaikutuksen analysointiin. Se olisi voinut antaa tarkempaa tietoa siitä, mitä ja miten oppilaat oppivat opiskelujakson aikana. Myös oppilaille vaikeita asioita olisi voinut tällä tavoin analysoida paremmin.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että lyhyenkin opintojakson aikana osaaminen näytti lisääntyvän merkittävästi erityisesti sähkön elektroniikan perusteisiin ja komponenttien toimintaan liittyvissä kysymyksissä. Toisaalta oppimisen taso jäi lopultakin melko matalaksi suhteessa mahdolliseen, muodostettujen summamuuttujien maksimiarvojen mukaiseen tasoon verrattuna. Esimerkiksi piirikaavioiden toiminnan ymmärtäminen näytti jäävän pinnalliselle, lähinnä komponenttisyömiöien tunnistamisen tasolle. Saavutettu oppimisen taso oli hyvin verrannollinen Juutin (2005) tutkimustuloksiin, jotka koskivat Newtonin mekaniikan oppimista virtuaalisen oppimateriaalin avulla. Näissä kahdessa tutkimuksessa yhteisenä tekijänä ovat tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntävä oppimisympäristö, tieteellisten käsitteiden ja ilmiöiden opiskelu, sekä vastaavan pituinen (6 oppituntia), lyhyt opiskelujakso. Juutin tutkimuksessa oppilaat olivat tosin hieman nuorempia, viides – kuudesluokkalaisia. Myöskään Juutin tutkimuksessa oppilaiden oppimistulokset eivät lopputestin mukaan olleet kovin korkeat. Puolet testiin osallistuneista oppilaista antoi oikean vastauksen yli puoleen lopputestin kysymyksistä. Juuti toteaaakin, että kuuden tunnin opiskelujakso oli liian lyhyt aika

käsitteellisen muutoksen tapahtumiseksi Newtonin mekaniikkaan liittyvässä tietämyksessä. (Juuti, 2005, 86–94.)

Oppilaiden kiinnostus sähköön ja elektroniikkaan liittyviin asioihin tuntui säilyvän opintojakson edetessä. Pidemmän opiskelujakson viimeisen istunnon aikana havaitsin kuitenkin jo oppilaiden motivaation heikkenemistä. Opiskelujakson pidentäminen ei oppimateriaalin tehtäviä lisäämällä parannakaan välttämättä oppimistuloksia, vaan motivaation ja kiinnostuksen heikkeneminen alkaa toimia oppimisen esteenä. Tutkimuksessa käytetty oppimateriaali tuntuisikin soveltuvan erityisesti elektroniikan johdantojaksolla käytettäväksi. Johdantojakson jälkeen voidaan aloittaa varsinainen laiterakentelujakso, jossa on mahdollisuus hyödyntää muita elektroniikan opetukseen tarkoitettuja työvälinohjelmia (esim. PCB Wizard, Circuit Wizard). Olisi tärkeää, että ymmärtävä ja intentionaalinen oppiminen voisi säilyä tavoiteltavana jatkumona läpi teknisen työn elektroniikkaopiskelun myös pakollisen teknisen työn opetuksen päättyessä 7. luokan keväällä. Tällaisten ymmärrystä lisäävien pedagogisten käytäntöjen löytäminen nähdäänkin erityisesti pidemmälle menevän elektroniikkarakentelun (mm. PicAxe sovellukset, robottien rakentelu, ohjelmointi) ja siihen liittyvän opetuksen kehittämisen haasteena. **Erilaisten teknologisten sovellusten hyödyntäminen sähkön ja elektroniikan opetuksessa, uusien oppimista helpottavien oppimateriaalien kehittäminen sekä pedagogisten käytäntöjen kehittäminen onkin tarpeellista eri perusasteen luokkatasoille.** Elektroniikan opiskelua täytyy jatkaa myös 8. ja 9. luokkien valinnaisessa teknisessä työssä. Teknisen työn ja fysiikan oppisisältöjen integroiminen ja niiden opiskelun ajoituksen suunnittelu nähdään tarpeellisena. Tällä hetkellä sähköön ja elektroniikkaan liittyvät oppisisällöt ajoittuvat fysiikassa 9. luokalle, kun kaikille yhteinen teknisen työn opetus päättyy 7. luokan keväällä.

Aikaisemmat tutkimukset viittaavat siihen, että elektroniikan opiskelu on oppilaille haasteellista. Ronenin ja Eliahun (2000) mukaan oppilailla on vaikeuksia ymmärtää käsitteitä, joita virtapiirien toimintaa havainnollistavissa malleissa esiintyy. Yhteyden ymmärtäminen muodollisen kuvauksen ja todellisten virtapiirien välillä tuottaa oppilaille myös vaikeuksia. (Ronen ja Eliahu 2000, 14.) Lisäksi, opetuksella ei välttämättä saavuteta kovin pysyviä oppimistuloksia. Tämän tutkimuksen tulokset ovat sikäli rohkaisevia, että oppilaiden osaaminen lisääntyi selkeästi. Oppilaiden

haastatteluihin perustuvan fenomenografisen analyysin tulosten perusteella oppilaiden sähköön ja elektroniikkaan liittyvissä käsityksissä oli havaittavissa tieteellis- teknistä ajattelua, minkä voi ainakin osaksi tulkita olevan peräisin tutkimukseen liittyvän opiskelujakson sisällöistä. Osa oppilaista omaksui relevanttia tietoa, joka ilmeni haastatteluissa myös vähän pitemmän ajan kuluttua varsinaisen aktiivisen opetusjakson päättymisestä. Käsitteellinen muutos on eri teorioiden mukaan haasteellinen ja aikaa vievä prosessi. Tässä suhteessa tutkimustulokset ovat odotettuja.

Tutkimuksen tulokset antavat suuntaa sille, että oppilaat kykenevät oppimaan elektroniikan perusteita ainakin tietyllä osaamisen tasolla. Kuitenkin esimerkiksi suljetun virtapiirin käsitteen ymmärtämisessä oppilailla oli vaikeuksia, vaikka kysymys tuntuisi olevan suhteellisen yksinkertaisesta asiasta. **Suljetun käsite saattaakin assosioitua oppilailla aikaisemman kokemuksen ja arki ajattelun näkökulmasta vahvasti joksikin sellaiseksi, johon ei ole pääsyä. Näin suljettu virtapiiri selitetään siten, että siinä ei kulje sähkö, vaikka asia on juuri päinvastoin. Tätä tulkintaa tukee mm. Vosniadoun (2003) näkemys siitä, että arkikokemukseen perustuva naiivi käsitteistö ei muutu helposti, vaan sen tulkinnat säilyvät oppilaan mielessä opetuksesta huolimatta.**

Tutkimustulosten perusteella opetusjaksoa varten suunniteltua oppimateriaalia voitaisiin kehittää edelleen. Erityisesti piirikaavioiden ymmärtämisen helpottamiseksi materiaalin kehittäminen on tarpeen. Tärkeänä tutkimuksen kohteena nähdään teknisen työn elektroniikkaopetuksen kehittäminen läpi eri perusasteen luokkatasojen. Aikaisempien tutkimusten mukaan käsitteellinen muutos on hidas, asteittainen ja vaativa prosessi, eikä se ole itsestään selvää huolellisesti suunnitelluista opetusjärjestelyistä huolimatta. Oppimateriaalin kehittäminen ja opetuksen suunnittelu pidemmälle aikajänteelle onkin tarpeellista. Lyhyt aikajakso ei riitä monimutkaisten elektroniikan käsitteiden ja piirikaavioiden ymmärtämiseen syvällisen oppimisen tasolla. Piirikaavioiden ymmärtäminen on oppilaille kaikesta päätellen vaikeaa. Kun oppilaat rakensivat piirikaavioista kytkentöjä koekytkentälevylle, niistä tuli monimutkaisia ja vaikeasti hahmotettavia. Piirikaavioiden toiminnan havainnollistaminen vaatisikin oppimateriaalin kehittämistä siten, että kytkentöjen rakentamisen ohella niitä voitaisiin tarkastella esimerkiksi

simulaatioiden avulla. Jaakkolan ja Nurmen (2007) tutkimuksen tulosten mukaan oppilasryhmä, joka opiskeli sekä simulaatioita että perinteistä rakentelutarjua (johtimet, paristot, lamput, yleismittari) käyttäen, menestyi selvästi paremmin kuin pelkästään perinteisin rakenteluvälinein opiskellut ryhmä. (Jaakkola ja Nurmi 2007, 7.)

Oppilaiden työskennellessä oppimateriaalin ja rakentelumateriaalin parissa he tarvitsivat ohjausta erityisesti piirikaavioiden idean hahmottamiseksi. Miten tämän saisi menemään perille ilman opettajan ”interventiota”? Olisivatko simulaatiot ratkaisu tähänkin? Ronenin ja Eliahun (2000) tutkimustulokset osoittivat, että harjoitustehtävien ratkaisussa simulaatioita käyttäneiden oppimistuloksissa oli merkitseviä eroja suhteessa niiden oppilaiden saavutuksiin, jotka eivät simulaatio-ohjelmaa hyödyntäneet. Simulaatio-ohjelman käyttö tutkimustilanteessa lisäsi oppilaiden motivaatiota ja sitoutumista tehtävän ratkaisuun. Simulaatiot antoivat konstruktiivista palautetta oppilaille: tämä auttoi heitä huomaamaan virheellisiä käsityksiään ja korjaamaan niitä. Simulaatioiden hyödyntämisen ja kokeilun avulla saatu tieto näytti auttavan oppilaita tuottamaan piirikaavio todellisesta kytkennästä. Tutkimustulosten mukaan n. 70 % oppilaista hyötyi jollain tavoin simulaatio-ohjelman käytöstä. Ohjelman käytöstä ei ollut hyötyä oppilaille, joilla oli erittäin hyvä käsitteellisen ymmärryksen taso. Myöskään oppilaat, joilla oli riittämätön oppimisen sisältöjen ymmärtämisen taso, eivät hyötäneet simulaatioista. Tietokoneisiin kielteisesti suhtautuneet oppilaat eivät halunneet käyttää ohjelmaa. Simulaatiot näyttäisivät lisäävän teoreettisten perusteiden ymmärtämistä. Lisäksi ne toimivat linkkinä teoreettisten mallien kuvaamisen ja todellisten sovellusten välillä. (Ronen ja Eliahu 2000, 25.)

Elektroniikan oppimateriaalin toteuttaminen www -pohjaisena lisäisi oppimateriaalin hyödynnettävyyttä ja antaisi mahdollisuuden sen laajempaan käyttöön. Se toisi toisaalta mukanaan myös omat haasteensa, mm. erilaisiin verkkonopeuksiin tai selain- ja näyttökohtaisiin eroihin liittyvät ongelmat. Näen erilaisten oppimateriaalien ja käytössä olevien ohjelmistojen sekä verkosta löytyvän materiaalin linkittämisen toimivaksi kokonaisuudeksi haasteellisena, mutta tarpeellisena. Verkosta löytyy jo tällä hetkellä valmiita sovelluksia tai oppimisaihioita jotka voisi liittää osaksi

laajempaa oppimateriaalikokonaisuutta. Teknisen työn opettajilta löytyy varmasti paljon tietotaitoa ja hyviä ideoita elektroniikkaopetukseen. Niiden hyödyntäminen, kehittäminen ja levittäminen laajemmalle jäävät kuitenkin ylimääräisen aktiivisuuden ja työajan ulkopuolisen toiminnan varaan. Yhteistyötahojen löytäminen materiaalien kehittämiseksi on kaikkea teknisen työn opetusta koskeva haaste. Kehiteltujen ideoiden levittämiseen on kaksi tietä: ideoiden kaupallistaminen ja laittaminen vapaaseen jakoon. Molemmissa tapauksissa toimivien ja hyvien innovaatioiden kehittämiseksi tarvitaan sekä suunnittelijoita että tekijöitä. Päivittäistä opetustyötä tekevältä opettajalta lupaavatkin innovaatiot jäävät helposti keskeneräisiksi, omaan käyttöön ja jopa pöytälaatikkoon. Yhteiskunnan tulisikin entistä enemmän tukea opetuksen kehittämiseen tähtäävää toimintaa.

Näen erityisen merkittävänä tämän tutkimuksen antaman tiedon siitä, millaisia käsityksiä oppilailla on sähköön ja elektroniikkaan liittyen. Tällä tavoin päästään tarkastelemaan oppilaiden mielenmaiseman kokonaisuutta, jossa aikaisempi tietämys ja uuden oppimisen haasteet kohtaavat. Kun oppilas on tietoinen omista käsityksistään, hän kykenee myös suhteuttamaan uutta tietoa olemassa oleviin käsiterakenteisiinsa. Tässä tutkimuksessa oppilaiden käsityksistä hankittiin tietoa intensiivisen oppimisjakson jälkeen. Tällä tavoin haluttiin saada näkyväksi oppimisjakson aikana omaksuttua tietämystä ja erityisesti sitä laajempaa kokonaisuutta, mikä on muotoutunut oppilaan elämän- ja oppimiskokemusten myötä pitkän ajan kuluessa. Fenomenografisen analyysin tuloksena muodostettiin erilaisia sähköön ja elektroniikkaan liittyviä kuvauskategorioita. Oppilailla oli tutkimushaastattelujen perusteella erilaisia käsityksiä sähköön olemuksesta. Vastaukset ovat suurelta osin arkipäivän termistöön ja käytännön näkökulmaan perustuvia. Sähkö nähdään esimerkiksi virran liikkumisena aineessa tai koneiden ja laitteiden käyttövoimana. Oppilailla on myös selvästi virheellisiä käsityksiä sähköstä. Muutamat oppilaista antoivat tieteellistä näkökulmaa lähestyviä määritelmiä sähköön olemuksesta ja kulusta johdon sisällä: sähkö nähtiin joidenkin kuvausten mukaan elektronien liikkeenä tai sähkövarauksen liikkumisena atomista toiseen. Sähköön merkitys nähtiin erittäin tärkeänä erityisesti kodin ja arkipäivän näkökulmasta. Joissain vastauksissa tuli esille sähköön laaja-alainen kaikkialle ja koko yhteiskuntaan ulottuva merkitys. Oppilaat uskalsivat tuoda käsityksiään rohkeasti esille, kun haastattelussa rohkaistiin oppilaita oman näkökulman esille tuomiseen.

Huomattavasti harvempi oppilas uskaltautui kertomaan käsityksistään kysyttäessä heiltä lopuksi tieteellistä tai teoreettista määritelmää sähköstä.

Oppilailla oli yleisesti selkeä käsitys siitä, että sähköä tuotetaan erilaisissa voimalaitoksissa. Tässä suhteessa alakoulun fysiikan oppisisältöjä oli omaksuttu osaksi käsiterakenteita ja käsityksiä. Vaihtelua oli kuitenkin paljon sen suhteen, miten tarkkaan ja monipuolisesti oppilaat osasivat kuvata sähköntuotantoa ja sen periaatteita. Turbiini- ja erilaiset ratassysteemit sekä generaattori nähtiin voimalaitoksissa osana sähkön tuottamiseen liittyvää tekniikkaa. Esimerkiksi generaattorin toimintaperiaatetta ei kuitenkaan osattu selittää yksityiskohtaisesti. Erilaisia virheellisiä käsityksiä sähkön syntymisestä havaittiin. Useassa haastattelussa tuli esille käsitys, että voimalaitoksissa tuotettua sähköä voidaan jotenkin varastoida. Useiden oppilaiden vastauksissa jännitteen yksikkö Voltti ja tehon yksikkö Watti menivät sekaisin. **Sähkön käyttöjännitteistä kodeissa esiintyi runsaasti epätietoisuutta ja virheellisiä käsityksiä. Osalla oppilaista oli käsitys, että kodin sähköverkon jännite oli huomattavasti todellista matalampi, 9,6–12 V.**

Teoreettinen tietämys ja tutkimukset tukevat sitä, että aiemman tietämyksellä ja erilaisten virheellisten käsitysten tiedostamisella on olennainen rooli uuden oppimisessa. Miten tätä voitaisiin paremmin hyödyntää myös teknisen työn elektroniikkaopetuksessa? Miten aktivoida oppilaita omaan ajatteluun ja samalla varmistaa, että oma ajattelu ei vaaranna työturvallisuutta? Teknisen työn opiskelu on usein oppilaiden puurtamista omien projektiensa parissa. Voisiko ryhmätyö tai oppilasparien työskentely yhdessä tulla entistä enemmän osaksi jokapäiväistä ja jatkuvaa työskentelykulttuuria myös teknisessä työssä? Tietotekniikan hyödyntäminen saattaisi olla yksi vastaus tähän. Tämä haastaa opettajaa ja erilaisin lähtötiedoin ja taidoin varusteltuja oppilaita monin tavoin. Teknisen työn opiskelun luonne pitää yllä eri työpisteisiin hajautunutta työskentelykulttuuria, jota opettajan saattaa olla vaikea tarkkailla ja pitää samalla yllä positiivista, aktiivista otetta kaikkiin oppilaisiin. Erilaiset työrauhaongelmat ja muut oppilaista heijastuvat haasteet vaikeuttavat opettajan työtä innostuneen ja aktiivisen oppimisilmapiirin ylläpitäjänä. Uusien pedagogisten käytäntöjen löytäminen ja niiden saaminen osaksi toimivaa opetusta on haasteellista opettajalle.

Huipputeknologioiden ja niihin liittyvän osaamisen ja kehityksen kärjessä pysyminen, tai vaikkapa vain kehityksessä mukana pysyminen muuttuvissa kansainvälisissä olosuhteissa edellyttää panostusta huipputason osaamiseen erityisesti tietotekniikan ja korkean teknologian alueilla. Huipputason osaamisen syntymiseksi erilaisten teknologioiden opetukseen olisi järkevää panostaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Mm. tietotekniikan ja elektroniikan opetuksen kehittäminen jo peruskoulutasolta lähtien ovat keinoja, joilla voidaan luoda tämän päivän oppilaille kiinnostus ja riittävä perussivistys edellä mainituilla teknologian osa-alueilla tulevaisuutta varten. Teknologia ja erilaisten teknologioiden tuominen osaksi oppimisympäristöä ei merkitse sitä, että oppilas kykenisi pelkästään tämän avulla entistä parempiin oppimissuorituksiin. Vaikka oppilaat ovat keskimäärin yhä taitavampia tietokoneenkäyttäjiä, esiintyy tässäkin suhteessa paljon eroavaisuuksia. Vaikeiden käsitteiden oppiminen vaatii oppilaalta intentionaalisuutta, päämäärätietoisuutta ja motivaatiota. Opettajan täytyy löytää viime kädessä ne keinot, millä motivoida oppilaat opiskelemaan elektroniikkaa. Opettajan on myös oppimistilanteesta nähtävä ne ongelmakohdat, mitä oppilas ei pelkästään oppimateriaalin avulla pysty ratkaisemaan, ja autettava oppilasta niiden yli. Opettajan panos oppimisympäristön toimivuuden varmistajana ja positiivisen oppimisilmapiirin luojana on ensiarvoisen tärkeä.

Tässä tutkimuksessa on haluttu lisätä ymmärrystä sähkön ja elektroniikan käsitteiden ja niihin liittyvien ilmiöiden oppimisesta. Pienen, 25 oppilaan muodostaman näytteen pohjalta tehdyt tilastolliset analyysit eivät sinällään kerro sitä, mikä on oppimisen takana. Onko tilastollisen testin ilmoittaman merkitsevän keskiarvojen eron takana vain se, oppilaat ovat saaneet opetusta elektroniikassa? Tuloksesta ei voida päätellä, onko nimenomaisesti vuorovaikutteinen oppimateriaali ollut oppimisen tai tietämyksen lisääntymisen takana. Onko syynä ehkä sittenkin se, että opettaja (materiaalin suunnittelija) on kyennyt materiaalin tukemana ja muiden tutkijoiden avustamana antamaan oppilaille merkittävästi enemmän henkilökohtaista ohjausta? Olisiko tavanomaisella opetuksella päästy samaan tulokseen? Kehittämistutkimuksen metodologia edellyttäisi, että kehittämiskäytäntö olisi sovellettavissa paitsi kehittämistuotteen suunnittelijoiden käyttämänä, myös muissa konteksteissa ja muiden käyttäjien konteksteissa. Esimerkiksi oppimisympäristöön liittyvässä tutkimuksessa olisikin pystyttävä kontrolloimaan, että

kehitetty oppimisympäristö tuottaa oppimistuloksia myös silloin, kun sen suunnittelijat itse eivät ole sen opetuskäytöstä vastaavina toimijoina. (Juuti, 2005, 83.) Nämä kysymykset jäävät tämän tutkimuksen perusteella avoimiksi.

Tämä tutkimus osoittaa, että käsityön opetuksen tutkimuksen on oltava avoin erilaisille tutkimuksellisille ja teoreettisille lähestymistavoille. Tieteidenvälinen avoin vuorovaikutus voi avata uusia näkökulmia myös taitoaineiden opetuksen tutkimiseen. Vaikka käsityötä ja teknistä työtä pidetään vahvasti käytännöllisenä oppiaineena, myös teoreettisella tietämyksellä on siinä oma roolinsa. Oppimisen ja käsitteellisen muutoksen teoriasta lähtevä tutkimuksellinen lähestymistapa sopii myös käsityön (teknisen työn) elektroniikkaopetuksen tutkimuksen lähtökohdaksi.

LÄHTEET:

- Ahonen, S. 1995. Fenomenografinen tutkimus. Teoksessa Syrjälä, L., Ahonen, S., Syrjäläinen, E. & Saari, S. Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Rauma: West Point Oy.
- Ahtee, M. 1998. Arkitieto ja tieteellinen tieto luonnontieteiden opetuksessa. *Kasvatus* 29, 358–362.
- Alasuutari, M. 2005. Mikä rakentaa vuorovaikutusta lapsen haastattelussa. Teoksessa Ruusuvuori, J. & Tiittula, L. (Toim.) Haastattelu: Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Borges, A. T. & Gilbert, J. K. 1999. Mental models of electricity. *International Journal of Science Education* 21 (1), 95–117. URL (viitattu 19. lokakuuta 2007): <http://helios.uta.fi:2302/ehost/pdf?vid=4&hid=114&sid=d042f435-5bad-4628-a3e6-4a02fe2df0d1%40sessionmgr102>
- Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. 2002. The Process and Challenges of Conceptual Change. Teoksessa Limon, M. & Mason, L. (Toim.) *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practise*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. 2005. *Research Methods in Education*. (5th Edition) London: RoutledgeFalmer.
- DiSessa, A. 1993. Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 1993, 10 (1&2) 105–225.
- DiSessa, A. 1993. Between Brain and Behavior: Response to Marton. *Cognition and Instruction*, 1993, 10 (1&2) 261-280.
- DiSessa, A. & Sherin, B. L. 1993. What Changes in Conceptual Change? *International Journal of Science Education*, 20 (10), 1155–1191. URL (viitattu 19. marraskuuta 2007): <Http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283>
- DiSessa, A. 2002. Why Conceptual Ecology is a Good Idea. Teoksessa Limon, M. & Mason, L. (Toim.) *Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practise*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Donovan, M. S. & Bransford, J. D. 2005. *How Students Learn: Science in the Classroom*. National Research Council. The National Academies Press: Washington DC.

- Eskelinen, O., & Göös, M. 2006. Motivoivan oppimateriaalin laatutavoiteteorian kehittäminen teknisen työn elektroniikkaopiskeluun. Turun yliopisto, Rauman opettajankoulutuslaitos: käsityökasvatuksen pro gradu –tutkielma.
- Ferrari, M. & Elik, N. 2003. Influences on Intentional Conceptual Change. Teoksessa Sinatra G. M. & Pintrich, P. R. (toim.) Intentional Conceptual Change. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Haapasalo, L. 1997. Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu. (2. painos) Vaajakoski: Medusa-Software.
- Havu-Nuutinen, S. 2005. Lasten käsityksiä luonnontieteen käsitteistä ja ilmiöistä. Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia n:o 93. Joensuu: Yliopistopaino.
- Heikkinen, H. L. T., Huttunen, R., Niglas, K. & Tynjälä, P. 2005. Kartta kasvatustieteen maastosta. Kasvatus 36 (5). 340–354.
- Heinonen, V. 1989. Kasvatustieteen perusteet. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Hennessey, M. G. 2003. Metacognitive Aspects of Students' Reflective Discourse: Implications for Intentional Conceptual Change Teaching and Learning. Teoksessa Sinatra G. M. & Pintrich, P. R. (toim.) Intentional Conceptual Change. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hodgson, T. 2002. How should current technologies be implemented in design and technology curriculum? Teoksessa Sayers, S., Morley, J. & Barnes, B. Issues in design and technology teaching. London: RoutledgeFalmer.
- Huusko, M., & Paloniemi, S. 2006. Fenomenografia laadullisena tutkimussuuntauksena kasvatustieteissä. Kasvatus 37 (2) 162–173.
- Jaakkola, T. & Nurmi, S. 2007. Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. Original article, accepted 3 September: Journal of Computer Assisted Learning 1–13. URL (viitattu 15.3.2008): <http://helios.uta.fi:2126/action/showPdf?submitPDF=Full+Text+PDF+%28343+KB%29&doi=10.1111%2Fj.1365-2729.2007.00259.x>
- Juuti, K. 2005. Towards Primary School Physics Teaching and Learning: Design Research Approach. University of Helsinki, Research Reports 256. Helsinki: Yliopistopaino.
- Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. 2006. Oppimisen teoria ja teknologian

- opetuskäyttö. Porvoo: WSOY.
- Järvinen, P. & Järvinen, A. 2004. Tutkimustyön metodeista. Tampere: Opinpajan kirja.
- Koro-Ljungberg, M. 2005. Tietoteoreettinen validiteettitarkastelu laadullisessa tutkimuksessa. *Kasvatus* 36 (4) 274–284.
- Kroksmark, T. 1987. Fenomenografisk didaktik. *Acta Universitatis Gothoburgensis. Göteborg Studies in educational Sciences* 63. Göteborg: Vasastadens Bokbinderi AB.
- Kumpulainen, K. & Wray, D. 2002. Classroom interaction and social learning. From theory to practice. London: RoutledgeFalmer.
- Kuusinen, J. & Korhonen, M. 1995. Oppiminen. Teoksessa Kuusinen, J. (toim.) *Kasvatuspsykologia*. (4. uudistettu painos.) Juva: WSOY.
- Lavonen, J., Lind, M., Antila, T. & Autio, O. 1998. *Elektroniikka omaksi. Aine ja energia*. Porvoo: WSOY.
- Lehtinen, E., Kuusinen, J. & Vauras, M. 2007. *Kasvatuspsykologia*. (2. uudistettu painos.) Helsinki: WSOY.
- Limón, M. 2003. The Role of Domain-Specific Knowledge in Intentional Conceptual Change. Teoksessa Sinatra G. M. & Pintrich, P. R. (toim.): *Intentional Conceptual Change*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Limón, M. 2001. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and instruction* 11 (2001) 357–380.
URL (viitattu 9.3.2008):
http://helios.uta.fi:2097/science?_ob=PublicationURL&_tockey=%23TOC%236021%232001%23999889995%23248312%23FLA%23&_cdi=6021&_pubType=J&_auth=y&_acct=C000049138&_version=1&_urlVersion=0&_userid=950207&md5=591e1a278988d3ff31966a3c29777f31
- Linn, M. C. & Eylon, B.-S. 2006. Science Education: Integrating Views of Learning and Instruction. Teoksessa Alexander, P. A. & Winne, P. H. (Toim.): *Handbook of Educational Psychology*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher
- Marton, F. 1993. Our Experience of the Physical World. *Cognition and Instruction*, 1993, 10 (1&2) 227–237.
- Marton, F. 1996. Cognosco ergo sum – Reflections on reflections. Teoksessa Dall’Alba, G. & Hasselgren, B. (Eds.) *Reflections on Phenomenography*:

- Toward a Methodology? Acta Universitatis Gothoburgensis. Göteborg Studies in educational Sciences 109. Göteborg: Kompendiet.
- Mehrens, W. A. & Lehmann, I. J. 1984. Measurement and Evaluation in Education and Psychology. (3rd Edition) Tokyo: Holt, Rinehard and Winston.
- Merenluoto, K., Eloranta, V. & Mikkilä-Erdmann, M. 2002. Opettajat ja aineenhallinta – Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen haasteet luokanopetukselle. Teoksessa Lehtinen, E. & Hiltunen, T. (toim.) Oppiminen ja opettajuus. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisuja B: 71. Turku: Painosalama Oy.
- Metsämuuronen, J. 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. (1. laitos, 1. painos) Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy
- Metsärinne, M. 2004. Projektikäsityöopetus: Tapaustutkimus projektikäsityöhön ohjaamisen opetusmuodoista sekä projektikäsityöopetuksen suunnittelun ja ohjaamisen perusteista. Techne Series. Research in Sloyd Education and Craft Science A: 6. NordFo Nordic Forum for Research and Development in Craft and Design.
- Mulhall, P., McKittrick, B. & Gunstone, R. 2001. A Perspective on the Resolution of Confusions in the Teaching of Electricity. Research in Science Education. (31), 575–587. URL (viitattu 31.10.2007): <http://helios.uta.fi:2302/ehost/pdf?vid=4&hid=112&sid=b8342b6e-d835-48b3-b751-0b6250518121%40sessionmgr108>
- Mällinen, S. 2007. Conceptual Change Process of Polytecnic Teachers in Transition From Classrooms to Web-Based Course Acta Universitatis Tamperensis 1255. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy – Juvenes Print.
- Nevanpää, T. 2005. ”Sillä vois olla jotain tekemistä näitten kasvihuonekaasujen kanssa”: Ilmastonlämpeneminen yläluokkalaisten käsityksissä. Koulutuksen tutkimuslaitos, tutkimuksia 17. Jyväskylä: Yliopistopaino.
- Niikko, A. 2003. Fenomenografia kasvatustieteellisessä tutkimuksessa. Joensuun yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia 85. Joensuun yliopistopaino: Joensuu.
- Novak, J. D. 2002. Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö. Käsitekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä. (suom. Mauri Åhlberg.) Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Nurmi, S. & Jaakkola, S. 2002. Teknologiset oppimisympäristöt ja oppiminen.

- Teoksessa Lehtinen, E. & Hiltunen, T. (toim.) *Oppiminen ja opettajuus*. Turun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan julkaisuja B: 71. Turku: Painosalama Oy.
- Parikka, M. 1998. *Teknologiakompetenssi. Teknologiakasvatuksen uudistamishaasteita peruskoulussa ja lukiossa*. Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 141. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House.
- Peruskoulun opetuksen opas: Tekninen työ. 1988. Kouluhallitus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. 2004. Opetushallitus. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Piaget, J. 1972. *The Principles of Genetic Epistemology*. London: Routledge Kegan & Paul.
- Piaget, J. & Inhelder, B. 1977. *Lapsen psykologia*. (suom. Mirja Rutanen). Jyväskylä: K.J. Gummerus Oy kirjapaino.
- Piaget, J. 2003. Cognitive Development in Children: Piaget – Development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (Supplement 2003) pp. 8–18. (Originally published in 1964, Vol. 2, Number 3 pp. 176–186)
- Pilatou, V. & Stavridou, H. 2004. How primary school students understand mains electricity and its distribution? *International Journal of Science Education* 26 (6), May 2004, 697–715. URL (viitattu 31.10.2007): <http://helios.uta.fi:2302/ehost/pdf?vid=4&hid=112&sid=b8342b6e-d835-48b3-b751-0b6250518121%40sessionmgr108>
- Qi, C. & Jianwei, Z. 1999. Using ICT to support constructive learning. IFIP TC3 WG3.1/3.5 Open Conference on Communications and Networking in Education, June 13–18, 1999, Aulanko, Finland. (Teoksessa Watson, D. & Downes, T. (2000) *Communications and networking in education: learnig in a networked society*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Ramsden, P., Masters, G., Stephanou, A., Walsh, E., Martin, E., Laurillard, D. & Marton, F. 1993. Phenomenographic Research and The Measurement of Understanding: an Investigation of Students' Conceptions of Speed, Distance, and Time. *International Journal of Educational Research* 19 (3), 301–316.
- Rantanen, P. 2003. *Enemmän vähemmällä. Monivalintatehtävien*

- mittaustarkkuuden nostaminen. Kasvatusalan tutkimuksia – Research in Educational Sciences 12. Turku: Painosalama Oy.
- Rodrigo, M. J., Triana, B. & Simon, M. I. 2002. Cognitive variability in the development of the concept of family: A contextualist or a Gradualist view? (Teoksessa Limon, M. & Mason, L. toim.) Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Ronen, M., & Eliahu, M. 2000. Simulation – a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning* (16), 14–26. URL (viitattu 15.3.2008): <http://helios.uta.fi:2126-j.1365-2729.2000.00112.x>
- Ruohotie, P. 2005. Metakognitiiviset taidot ja käsitteellinen oppiminen. Ammattikasvatuksen aikakauskirja. Vuosikerta 7 (1) maaliskuu 2005, 4–11. OKKA-säätiö. Ammattikoulutuksen tutkimusseura OTTU ry.
- Schnotz, W., Vosniadou, S. & Carretero, M. 1999. New Perspectives on Conceptual Change. Amsterdam: Pergamon.
- Schraw, G. 2006. Knowledge: Structures and Processes. Teoksessa Alexander, P. A. & Winne, P. H. (Toim.): Handbook of Educational Psychology. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. 2003. The Role of Intentions in Conceptual Change Learning. Teoksessa Sinatra G. M. & Pintrich, P. R. (toim.): Intentional Conceptual Change. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Säkylän kunnan perusopetuksen vuosiluokkien 1–9 opetussuunnitelman kuntakohtainen osio 2005. URL (viitattu 4. kesäkuuta 2008): <http://www.sakyla.fi/S%C4KYL%C4N%20KUNNAN%20OPETUSSUUNNITELMA.pdf>
- Säkylän yhteiskoulun opetussuunnitelma 2005. URL (viitattu 4. kesäkuuta 2008): <http://koulu.sakyla.fi/yhteiskoulu/Opetus/Opetussuunnitelma.htm>
- Todd, R. 2004. Electronics and Communications Technology in the Design and Technology Secondary School Curriculum. *The Journal of Design and Technology Education* 9 (2) Summer 2004, 90–98.
- Tsai, C.-H., Chen, H.-Y., Chou, C.-Y. & Lain, K.-D. 2007. Current as the Key Concept of Taiwanese Students' Understanding of Electric Circuits. *International Journal of Science Education* 29 (4), March 2007, 483–496.

URL (viitattu 6. syyskuuta 2007):

<http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283>

- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2004. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi (1. – 3. painos). Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Turner, J. 1984. Cognitive Development and Education. (In New Essential Psychology, Ed. Peter Herriot) London: Methuen & Co. Ltd.
- Tynjälä, P. 2002. Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Uusikylä, K. & Atjonen, P. 2004. Didaktiikan perusteet. Juva: WS Bookwell Oy.
- Volotinen, V., Lesch, K. B. & Haaksikari, J. 1990. Elektroniikka 1. Analoginen elektroniikka. (2. painos.) Porvoo: Wsoy.
- Vosniadou, S. 2002. On The Nature of Naïve Physics. (Teoksessa Limon, M. & Mason, L. toim.) Reconsidering Conceptual Change. Issues in Theory and Practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vosniadou, S. (2003) Exploring the Relationships between Conceptual Change and Intentional Learning. (Teoksessa Sinatra G. M. & Pintrich, P. R. (toim.): Intentional Conceptual Change. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vygotsky, L. (1978) Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes. (Edited by Cole, M., John-Steiner, V., Schribner, S. & Souberman, E.) Cambridge, Massachusetts: Harward University Press.

Tässä kyselylomakkeessa tiedustellaan asioita jotka liittyvät sähköön ja elektroniikkaan. Tarkoituksena on saada selville, kuinka paljon tällä hetkellä tiedät näistä asioista. Vastaa totuudenmukaisesti. Jos et selkeästi tiedä vastausta, valitse kohta en tiedä. **Vastaukset ovat täysin luottamuksellisia.**

1. Mitkä atomin osat toimivat sähköä johtavissa materiaaleissa varauksenkuljettajina?
 - a.) Protonit
 - b.) Neutronit
 - c.) Elektronit
 - d.) En tiedä

2. Mikä on jännitteen yksikkö?
 - a.) Ampeeri
 - b.) Voltti
 - c.) Watti
 - d.) En tiedä

3. Mikä on johde? _____

4. Mitä sähkövirta on?
 - a.) Jännitteen virtaamista johtimessa.
 - b.) Sähkövarausten liikkumista johtavassa aineessa.
 - c.) Neutronien liikettä.
 - d.) En tiedä.

5. Mikä on suljettu virtapiiri? _____

6. Mikä on eriste? _____

7. Mikä on resistorin eli vastuksen tehtävä virtapiirissä?
 - a.) Se tuottaa sähköä.
 - b.) Sen tarkoitus on johtaa sähköä mahdollisimman hyvin.
 - c.) Se rajoittaa sähkövirran kulkua virtapiirissä.
 - d.) En tiedä

8. Mikä on paristo?
 - a.) Jännitelähde, jonka toiminta perustuu kemiallisesti varastoituun sähköenergiaan.
 - b.) Kodeissa käytettävä lämmityslaite.
 - c.) Laite, joka auringonvalon vaikutuksesta tuottaa sähköenergiaa.
 - d.) En tiedä.

9. Mitä tarkoitetaan paristojen sarjaankytkennällä? Miten se vaikuttaa paristojen jännitteeseen?

10. LED on

Liite1/2

- a.) keltaista, punaista tai vihreää valoa heijastava lamppu.
- b.) diodi, joka virtapiiriin kytkettynä loistaa valoa.
- c.) pienellä jännitteellä toimiva hehkulamppu.
- d.) En tiedä, mikä LED on.

11. Miten sähköenergian vaikutus ilmenee virtapiiriin kytketyssä hehkulamppussa? _____

12. Transistorin toiminta perustuu

- a.) puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin sähköä johtavina materiaaleina.
- b.) kolmeen käytettävissä olevaan kytkentäjalkaan.
- c.) niiden kykyyn varastoida sähköä.
- d.) En tiedä, mihin transistorin toiminta perustuu.

13. Yleismittarilla mitataan

- a.) sähkönkulutusta kotitalouksissa.
- b.) erilaisia sähköön liittyviä perussuureita
- c.) ilmankosteutta
- d.) En tiedä, mitä yleismittarilla mitataan.

14. Kondensaattori

- a.) johtaa hyvin sähköä.
- b.) johtaa sähköä vain toiseen suuntaan.
- c.) kykenee varastoimaan sähköä.
- d.) En tiedä, mikä on kondensaattorin tehtävä.

15. Harrastatko vapaa-aikana elektroniikkarakentelua?

- a.) Kyllä
- b.) En

16. Mistä olet saanut tietoa sähköön ja elektroniikkaan liittyvistä asioista.

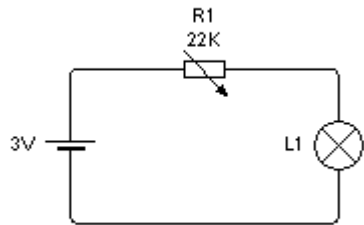
- a.) Koulusta, mm. fysiikasta ja kemiasta
- b.) Koulusta, teknisessä työssä.
- c.) Internetistä.
- d.) Muualta. Mistä?

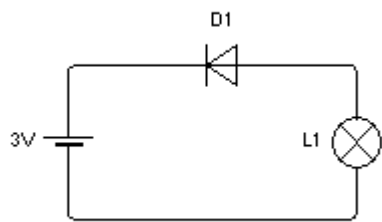
17. Oletko kiinnostunut sähköön ja elektroniikkaan liittyvistä asioista?

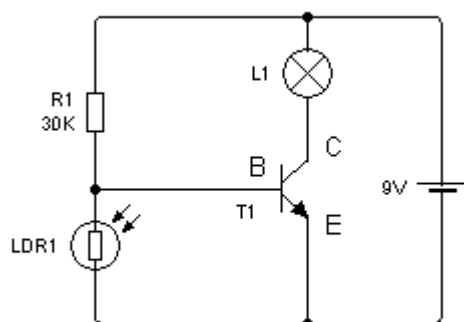
- a.) Kyllä.
- b.) En.

18. Perustele tai kerro miksi vastasit edelliseen kysymykseen myönteisesti/kielteisesti.

Seuraavassa näet muutamia piirikaavioita. Selitä, mitä komponentteja niissä Liite1/3 on käytetty ja miten niissä kuvatut kytkennät toimivat tai mitä niissä tapahtuu.







Kiitos vastauksestasi!

Mikä on johde?

1. se johtaa sähköä joka puolelle 1p
2. se on sähkön liikkumista johtavassa aineessa 1p
3. Sillä johdetaan sähköä 1p
4. Sähkövirran liikkuminen kohteessa 1p
5. Osa joka johtaa sähköä 1p
6. Se johtaa sähköä 1p
7. Materiaali joka johtaa sähköä 1p
8. Missä energia liikkuu eri paikkoihin 0,5p

Mikä on suljettu virtapiiri?

1. Virtapiiri on pois käytöstä 0p
2. Siellä ei kulje sähkö 0p
3. virta ei kulje eteenpäin 0p
4. sähkö pyörii "ympyrää" suljetussa virtapiirissä 1p
5. ei johda enää eteenpäin 0p
6. Virtapiiri josta ei lähde sähkövirtaa muualle 0,5p
7. En muista. Joku sellanen missä sähkö kulkee tietyn piirin sisällä ja vastukset estävät leviämästä sähköä. 0,5p
8. Semmoinen että se ei anna sähköä 0p
9. Rasia missä on sisällä kaikenlaisia kytkimiä 0p
10. Virta ei pääse liikkumaan 0p
11. Sähkövirta ei kulje virtapiirin ulkopuolella 0,5p
12. Virtapiiri, johon ei pääse virtaa ulkoa päin 0p
13. En muista
14. Virtapiiriin ei pääse sähköä 0p
15. Sellainen jossa ei ole johto seinässä 0p
16. Se on sellainen, mistä sähkö ei enää pääse läpi 0p
17. Virta pyörii koko ajan samoissa kohdissa 0,5p
18. En tiedä (tai muista) 0p
19. En muista
20. Sellainen virtapiiri, josta ei saa sähköä 0p
21. Kun virta ei pääse menemään minnekään esineisiin koneisiin sun muuta 0p

Mikä on eriste?

1. usein kumia, sähköä johtavan pinnan ympärillä 1p
2. aine, jota sähkö ei läpäise 1p
3. Esim. sähköjohdon kuori eli se joka suojaa sähköiskulta 1p
4. eristetty sähkö 0,5p
5. Tässä tapauksessa varmaan tarkoitetaan materiaalia, joka ei johda sähköä ja sillä eristetään sähköä johtavaa materiaalia 1p
6. ainetta jossa sähkö ei kulje 1p
7. Aine joka eristää sähköä eli sähkö ei kulje enää 1p
8. Esim. autossa kun eristetään mm. bitumimassalla jne. 0p
9. Sähkön suojaus juttu, kuten muovi mikä laitetaan sähköjohtojen päälle 1,5p
10. Aine joka "hylkii" jotain toista ainetta 0p
11. Muovi joka on johdon päällä 1p

12. Minkä läpi sähkö ei pääse kulkemaan 1p
13. Este, jolla estetään sähkövirtaa virtaamasta ulos virtapiiristä 1p
14. Esim. kumi voi olla eristeenä sähköesineessä eli se on osa tai materiaali joka ei johda sähköä (johteen vastakohta) 2p
15. Sillä eristetään sähkövirtaa toisistaan 1p
16. Se estää sähköön pääsyn paikkoihin minne se ei kuulu 1p
17. Tiettyyn paikkaan ei pääse sähköä 1p
18. Se on suoja tavallaan 0,5p
19. Eriste on jotain, mikä peittää ääntä alleen 0p
20. Aine joka ei johda sähköä 1p
21. Materiaali joka estää sähköä karkaamasta (turvallisuusasia). 1p
22. En tiedä että miten sen voisi selittää
23. En muista
24. Esim. kumi se ei johda sähköä 2p
25. Eristää sähköön jostain 1p

Mitä tarkoitetaan paristojen sarjaan kytkennällä?

1. liitetään monia paristoja yhteen jännitteen nostamiseksi 1p
2. paristoja kytketään monta samaan 0,5 p
3. + puolet samaan ja miinukset samaan. Jännite kasvaa. 0,5p
4. Ne alkavat tuottaa virtaa. 0p
5. Paristojen plus ja miinus päiden toisiinsa kiinni juottaminen on sarjakytkentään. Jännite kasvaa aina kun paristoja liitetään enemmän yhteen 1,5p
6. Paristot on kytketty toisiinsa, se suurenee 1p
7. Että on monta paristoa kytkettynä. jännite yhteensä kasvaa. 1p
8. Paristot kestää enemmän. 0p
9. Monta paristoa yhdistetty, tulee isompi jännite 1p
10. Sarjakytkennässä on kaksi tai useampi paristo liitettynä yhteen joko vastakkain tai johdolla. Jännite on tällöin suurempi. 1p
11. Pattereita laitetaan yhteen. Jännitettä tulee lisää. 1p
12. Siten että on monta paristoa samassa koneessa. se nopeuttaa sitä. 0,5 p
13. Paristojen kokonaisjännite nousee, kun paristoja kytketään niin, että ne ovat yhteydessä toisiinsa. Tällöin ne kestävät kauemmin. 1p
14. Käytetään monta paristoa samaan aikaan. Se suurenee. 1p
15. Moni niitä laitetaan kiinni toisiinsa eri lankojen avulla. Tehostaa energiaa. 0,5p

Miten sähköenergian vaikutus ilmenee virtapiiriin kytketyssä hehkulampussa?

1. Langan palamisessa. Hapeton tila estää lankaa palamasta poikki. 1p
2. se syttyy 1p
3. Hehkulampun lanka rupeaa hehkumaan 1p
4. Lamppu alkaa loistaa 1p
5. Sen valon määrä riippuu sähköön voimasta 1p
6. Se tuottaa energiaa monessa muodossa: lämpöä ja valoa 2p
7. Se valaisee 1p
8. Se saa energiaa ja syttyy valaisemaan 1p
9. Siihen syttyy valo 1p
10. Se heijastaa valoa 1p
11. Siihen syttyy valo 1p
12. Se rupeaa hehkumaan 1p
13. Se valaisee. 1p

14. Se saa hehkulampun loistamaan 1p
15. Ei vastattu
16. Sähkö kuumentaa hehkulampun ”langan” joka alkaa hohtaa. 2p
17. en tiedä
18. En tiedä
19. Hehkulamppu heijastaa valoa 1p
20. Se tuottaa valoa 1p
21. Siihen syttyy valo ja se lämpenee 2p

Liite2/3

Mikä on johde?

1. Aine, jossa sähkö kulkee. 1p
2. Johtaa sähköä. 1p
3. Kun sähkö johdetaan paikasta toiseen. 1p
4. Sähkö kulkee siinä 1p
5. Sillä johdetaan sähköä 1p
6. Se johtaa sähkön kulkua 1p
7. Sähkövirran kulku kappaleessa 1p
8. Jostain paikasta toiseen paikkaan kulkeva johto 1p
9. Sähköä johtava asia 1p
10. Johtaa sähkön paikasta toiseen 1p
11. Materiaali/osa joka johtaa sähköä 1p
12. Se johtaa sähköä 1p
13. Se on se mitä pitkin sähkö kulkee 1p
14. Joku johto, jonka avulla siirretään sähköä paikasta toiseen 1p
15. Aine jossa sähkö kulkee 1p
16. Komponentti, joka johtaa sähköä 1p
17. Kun virtaa johdetaan/viedään toiseen paikkaan 1p

Mikä on suljettu virtapiiri?

1. Virtapiiri jossa ei kulje sähköä, koska johdin on katkaistu. 0p
2. Virta ei pääse pois siitä. 0p
3. Siellä ei kulje sähkö. 0p
4. Virta ei kulje mihinkään suuntaan 0p
5. Virtapiiri, jossa sähkö "pyörii ympyrää" 1p
6. Ei johda 0p
7. Virta ei kulje tietyn piirin ulkopuolella 0,5p
8. Sähkö ei pääse kulkemaan 0p
9. Virtapiiri josta ei pääse sähkövirtaa pois 0,5p
10. Sähköllä suljettu jos koskee, voi saada sähkö iskun 0p
11. Virta kulkee samaa rataa koko ajan 1p
12. Virta kulkee piirissä eikä tule ulos 0,5 p
13. Virtapiiriin ei pääse sähköä 0p
14. Sellainen, jossa jokainen johto on kytketty johonkin. Näin sähkö kiertää ja esim. lamppu saadaan näin syttymään. 2p
15. Sähkö kulkee samaa reittiä 1p
16. Rakennelma, jossa sähkö kiertää, ja näin esim. lamppu saadaan syttymään 2p
17. Siitä ei kulje sähkö eteenpäin 0p
18. Virtapiiri, jonka sähkön kulku on katkaistu 0p

Mikä on eriste?

1. Estää esim. kahden sähköä johtavan pinnan kosketuksen, muovia tai kumia. 2p
2. Materiaali, jota sähkö ei läpäise. 1p
3. Sähköä johtamaton materiaali 1p
4. Ei johda 1p
5. Sillä eristetään. Esim. Sikafleksi ja bitumi. 0p
6. Se rajoittaa sähkön kulkua 0,5

7. Aine joka estää sähkövirran kulkua kappaleessa 1p
8. Eristää sähköä, kuinka paljon antaa sähköä 0,5p
9. Estää virran kulkua 1p
10. Eristää sähköä liikkumista 1p
11. Materiaali/osa, joka ei johda sähköä eli eristää 1p
12. Eriste eristää sähköä kulkua 1p
13. Se on sellane mikä säilyttää sähköä 0p
14. Joku materiaali, joka hidastaa/estää sähköä kulkua. 1p
15. Estää sähköä kulun 1p
16. Komponentti, joka estää sähköä karkailun 0,5p
17. Estää virran pääsyä johonkin 1p
18. Se estää sähköä kulun 1p
19. Eristää/vähentää sähköä kulkua 1p

Liite3/2

Mitä tarkoitetaan paristojen sarjaan kytkennällä?

1. Liitetään paristoja yhteen. Jännite nousee riippuen paristojen jännitteestä. 1p
2. Paristot kytketään yhteen. Jännite kasvaa. 1p
3. Kytketään pistetään monta paristoa niin siitä syntyy enemmän virtaa. 0,5p
4. Saadaan enemmän jännitettä 0,5p
5. Tulee enemmän virtaa 0p
6. Plus ja miinusnapojen yhteen kytkentää (havainnollistettu piirroksella). Jännite kasvaa niin, että paristojen jännitteet plussataan. 2p
7. Ne kertaantuu paristojen määrällä 1p
8. Jännite nousee suuremmaksi yhteensä 0,5p
9. Sitä että laitetaan paristoja vierekkäin. Se vaikuttaa saman verran jännitteen kulkuun kuin yhdistelmäkin. 0,5p
10. Sitä että kytketään paristot samaan virtapiiriin. Jännitemäärä kasvaa. 1p
11. Monta paristoa kytketään yhteen, on isompi jännite 1p
12. Yhdistetään paristojen virta. Jännitteet plussataan. 1,5p
13. Kytketään useita paristoja yhteen. Jännite muuttuu suuremmaksi. 1p
14. Sitä että paristot kytketään navat vastakkain esim. johdolla niin, että esim. kolmen 1,5 V pariston sarjaan kytkennällä saadaan 4,5 V jännite 1,5 p
15. Niitä on kytketty samaan virtapiiriin monta. Siinä on isompi jännite 1p
16. Paristojen plusjohdot kiinnitetään toisiinsa ja miinusjohdot levyyn. Saadaan lisää virtaa. 0,5p
17. Siinä on monta samassa. Se antaa lisää voltteja. 1p
18. Johtoja yhdistellään ja jännitys kasvaa 0,5p
19. Kytketään monta paristoa samaan aikaan. Se lisääntyy. 1p
20. Paristot kytketään yhteen niin, että niiden jännitteet lasketaan yhteen 1,5 p
21. Paristot kytketään laitteeseen johon mahtuu esim. 3 patteria, niin jännite kasvaa 1p
22. Toisen patterin + ja toisen – 0,5 p
23. Jännite suurenee. On kaksi paristoa toisen pariston – laitetaan samalle (koekytkentälevyn) riville kuin toisen pariston + 1,5p
24. Ne liitetään samaan "koteloon", lisää voimaa 0,5p

Miten sähköenergian vaikutus ilmenee virtapiiriin kytketyssä hehkulampussa?

1. Sähkö aiheuttaa lampun sisällä valokaaren, joka ei polta johtoa poikki, koska kupu estää hapen tulemisen. 1p
2. Lampun valo vahvistuu enemmän mitä enemmän on energiaa. 1p

3. Kirkkaudessa 1p
4. Lamppu "palaa", jos siellä kulkee virtaa 1p
5. Lamppuun syttyy valo 1p
6. Se syttyy 1p
7. Se palaa kirkkaammin 1p
8. Hehkulamppu palaa 1p
9. Valo palaa 1p
10. Valo syttyy ja palaa kauan 1p
11. Se syttyy palamaan 1p
12. Mitä vähemmän virtaa, sitä himmeämpi valo 1p
13. Se saa lampun tuottamaan valoa ja lämpöä, eli lamppu alkaa hehkumaan 2p
14. Se palaa kirkkaasti, jos se saa paljon sähköenergiaa 1p
15. Se alkaa palamaan 1p
16. Se saa lampun hehkumaan 1p
17. Se valaisee 1p
18. Suljettuun virtapiiriin kytketty lamppu palaa 1p
19. Hehkulamppusta alkaa tulemaan valoa 1p
20. Valo on kirkkaampi kun sähköenergia on suurempi 1p
21. Se palaa kirkkaammin jos on enemmän energiaa 1p
22. Lamppu syttyy eli siihen kulkee energiaa 1p

Mikä on johde?

1. Johtaa virtaa 1p
2. Semmoinen joka johtaa sähköä 1p
3. Sähkövirran kulku kappaleessa 1p
4. Johtaa sähköä toiseen paikkaan 1p
5. Esine, joka johtaa sähköä. 1p
6. Asia joka edistää sähköä kulkua 1p
7. Materiaali tai osa, joka johtaa sähköä 1p
8. Aine/ esine, joka johtaa sähköä paikasta toiseen 1p

Mikä on suljettu virtapiiri?

1. Virta kulkee vain tietyn piirin sisällä 0,5p
2. Semmoinen missä sähkö ei kulje 0p
3. Virtapiiri, jossa kulkee positiivista ja negatiivista energiaa 0,5p
4. Siihen ei pääse käsiksi millään 0p
5. Virta pääsee kulkemaan samaa rataa koko ajan. Esim. lamppu palaa. 2p
6. Virtapiiri, jossa ei ole katkaisinta. 0,5p
7. Virtapiiri, jossa virta virtaa koko ajan 1p
8. Virtapiiri, joka menee positiivisesta navasta komponenttien kautta negatiiviseen napaan 2p
9. Paristoihin on liitetty joku osa, mutta ei muita osia 0p
10. Sähkö liikkuu tietyn alueen sisäpuolella 1p

Mikä on eriste?

1. Bitumi, sikafleksi 0p
2. Vähentää sähköä voimakkuutta 0p
3. Aine, joka estää esim. sähköä kulkua 1p
4. Sähköeriste ei saa tälliä niin helposti kuin jos on ilman eristettä 1p
5. Estää virran kulun 1p
6. Esine/ aine, joka eristää sähköä kulkua 1p
7. Materiaali, joka ei johda sähköä eli eristää 1p
8. Estää sähkövirtaa 1p
9. Se eristää sähkövirran kulkua 1p

Mitä tarkoitetaan paristojen sarjaan kytkennällä?

1. Ne kytketään rinnan, jännite nousee koska kahdessa paristossa jännitettä on enemmän. 0,5p
2. Paristojen jännite lisääntyy. Kuten jos 1,5 V ja 1,5 V sarjaan kytketään, tulee 3V 1,5p
3. Paristojen kytkemistä yhteen. Jännite kasvaa. 1p
4. Monta paristoa samassa kotelossa. Jännite on suurempi. 1p
5. Kytketään molemmat paristot antamaan virtaa. Molempien jännite yhdistyy. 1p
6. Paristot liitetään usean pariston koteloon jossa niiden virta yhdistyy, jännite on sama 0,5p
7. En tiedä. Ei mitenkään, jos mitaat paristojen virran sarjakytkennässä, se on sama kuin yksittäin 0p

8. Paristot kytketään navasta napaan, ja kun esim. 2 1,5 V:n paristoa kytketään sarjaa, tulee niiden jännitteeksi 3V. 1,5p
9. Paristot kytketään toisiinsa ja jännitettä tulee lisää 1p

Miten sähköenergian vaikutus ilmenee virtapiiriin kytketyssä hehkulamppussa?

1. Lamppu voi olla kirkas, tavallinen tai sumea 1p
2. Se syttyy 1p
3. Siten että lamppu palaa 1p
4. Valo syttyy ja palaa niin kauan kunnes se sammutetaan. 1p
5. Se syttyy palamaan. 1p
6. Mitä enemmän jännitettä, sitä enemmän kirkkautta 1p
7. Hehkulamppu syttyy 1p
8. Hehkulamppu alkaa loistamaan 1p
9. Se palaa 1p
10. Lamppu alkaa palamaan 1p

Etukäteisinformaatio: annetaan oppilaille etukäteen

Täydennän tutkimuksessa tarvittavaa aineistoa, jotta tutkimus onnistuisi ja saisin vastauksia tutkimusongelmiin. Aion haastatella oppilaita kaikilta luokilta ja kartoittaa käsityksiä, mitä sähkö ja elektroniikka teidän mielestänne on, mitä ne pitää sisällään ja mitä kaikkea niihin liittyy.

Ei ole koe, eikä vaikuta numeroon. Ei tarvi pelätä että vastaa väärin tai että kertoo vääriä asioita. Tärkeää että kerrotte asioista omasta näkökulmastanne ja siten kuin te itse asiat ymmärrätte.

Eka teema alue: Kerro, mitä sähkö on! Kerro, niin kuin itse asian ymmärrät.

Mistä sähköä saadaan?

Miten se syntyy?

Mitä tiedät voimalaitoksista? (Onko niitä erilaisia?)

Mikä voimalaitoksissa tuottaa sähköä? Mikä muuttaa muun energian sähköksi?

Miten sähkö saadaan sinne, missä sitä tarvitaan?

Miten sähkö saadaan käyttöön kodeissa?

Millaisista jännitteistä puhutaan, kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle?

Millaisista jännitteistä puhutaan kodin sähköverkon yhteydessä?

Mikä merkitys sähköllä on nyky-yhteiskunnassa?

Mitä johdon sisällä tapahtuu kun sähkö kulkee siellä?

Miten saadaan sähkön kulku estettyä sellaisiin paikkoihin, minne se ei kuulu?

Miten sähkön vaikutukset ilmenevät?

Miten sähköä voidaan havaita?

Miten sähköä voidaan mitata?

Osaatko sanoa teoreettista tai tieteellistä määritelmää sähkölle?

Apukysymykset, kommentit. Niin, Kerro lisää, Kerropa tarkemmin, Mitä tuolla tarkoitat.

Toka teema-alue: Kerro, mitä elektroniikka mielestäsi on! Mitä kaikkea se pitää sisällään?

Missä eri paikoissa tai eri aloilla tarvitaan elektroniikkaa?

Mitä elektronisia laitteita tiedät olevan tai olet nähnyt?

Mikä merkitys elektroniikalla on nyky-yhteiskunnassa?

Millaisista jännitteistä puhutaan erilaisten sähkölaitteiden ja kodin elektroniikan yhteydessä?

Mitä elektronisten laitteiden sisällä on?

Mihin elektroniikka perustuu?

Kerro, mitä elektroniset komponentit ovat?

Millaisia komponentteja itse tunnet ja mikä niiden tehtävä on?

Osaatko sanoa, mitä tarkoittaa analoginen elektroniikka?

Osaatko selittää, mitä tarkoittaa digitaalitekniikka?

Kerro, mitä mikropiirit ovat?

Mitä mikroprosessorit ovat?

Miten mikropiirit ja mikroprosessorit toimivat?

Mitä elektronisten laitteiden sisällä tapahtuu, kun laitteet toimivat?

Mitä komponentit tekevät virtapiirissä?

Osaatko määritellä teoreettisesti tai tieteellisesti, mitä elektroniikka on?

Kiitos haastattelusta!

<p>Kerro, mitä sähkö on! Kerro, niin kuin itse asian ymmärrät.</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Elektronien liike, sähkövarausten liike johtavassa aineessa Virhekäsitykset
<p>Mistä sähköä saadaan?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Energialähteet Sähkölähteet, voimalaitokset, kodin sähköverkko, paristot, akut
<p>Miten se syntyy?</p> <p>-Mitä tiedät voimalaitoksista? (Onko niitä erilaisia?)</p> <p>-Mikä voimalaitoksissa tuottaa sähköä? Mikä muuttaa muun energian sähköksi?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> voimalaitostyyppit, generaattori
<p>Miten sähkö saadaan sinne, missä sitä tarvitaan?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sähkolinjat muuntamot
<p>Miten sähkö saadaan käyttöön kodeissa?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <p>Kodin sähköverkko</p> <ol style="list-style-type: none"> Pistorasiat Paristojen tai akkujen kemiallinen energia
<p>Millaisista jännitteistä puhutaan, kun sähköä siirretään voimalaitoksilta muualle?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Korkeajännite, suuret jännitteet
<p>Millaisista jännitteistä puhutaan kodin sähköverkon yhteydessä?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 220 V
<p>Mikä merkitys sähköllä on nyky-yhteiskunnassa?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <p>Suuri merkitys</p> <ol style="list-style-type: none"> Kodin toiminnot Yhteiskunnallinen ulottuvuus
<p>Mitä johdon sisällä tapahtuu kun sähkö kulkee siellä?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Elektronien liike, sähkövarausten liike

<p>Miten saadaan sähkön kulku estettyä sellaisiin paikkoihin, minne se ei kuulu?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eristeet
<p>Miten sähkön vaikutukset ilmenevät?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valo 2. Lämpö 3. Koneiden ja laitteiden toiminta
<p>Miten sähköä voidaan havaita?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aistihavainnot, valo lämpö 2. Mittaaminen
<p>Miten sähköä voidaan mitata?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mittarit, yleismittari
<p>Osaatko sanoa teoreettista tai tieteellistä määritelmää sähkölle?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sähkövarausten liike, sähkövirran liike johtavassa aineessa
<p>Kerro, mitä elektroniikka mielestäsi on! Mitä kaikkea se pitää sisällään? Missä eri paikoissa tai eri aloilla tarvitaan elektroniikkaa?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kodin ulottuvuus 2. Yhteiskunnan ulottuvuus 3. Ammatit
<p>Mitä elektronisista laitteista tiedät olevan tai olet nähnyt?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kodin ja ympäristön laitteet, laaja-alaisuus
<p>Mikä merkitys elektroniikalla on nyky-yhteiskunnassa?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Suuri merkitys, laaja-alaisuus
<p>Millaisista jännitteistä puhutaan erilaisten sähkölaitteiden ja kodin elektroniikan yhteydessä?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Liitäntäjännite usein 220V 2. Muuntajat ja jännitteen laskeminen 3. Esimerkkejä laitteista ja jännitteistä

<p>Mihin elektroniikka perustuu?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sähkövirta Komponenttien ominaisuudet ja tehtävät virtapiirissä
<p>Kerro, mitä elektroniset komponentit ovat?</p> <p>Millaisia komponentteja itse tunnet ja mikä niiden tehtävä on?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Komponentit ja niiden ominaisuudet, määrää mitä muistaa
<p>Osaatko sanoa, mitä tarkoittaa analoginen elektroniikka?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Perinteiset komponentit
<p>Osaatko selittää, mitä tarkoittaa digitaalitekniikka?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Bitit, mikropiirit, loogiset operaatiot
<p>Kerro, mitä mikropiirit ovat?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Komponentin fyysinen kuvailu Mikropiirin sisältämä eri komponenttien muodostama kokonaisuus Toimintaperiaate 1 tai 0
<p>Mitä mikroprosessorit ovat?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Tietokoneiden keskeinen komponentti
<p>Miten mikropiirit ja mikroprosessorit toimivat?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Toimintaperiaate 1 tai 0
<p>Mitä elektronisten laitteiden sisällä tapahtuu, kun laitteet toimivat?</p> <p>Analyysiyksikkö:</p> <ol style="list-style-type: none"> Komponenttien toiminta virtapiirissä, komponenttien tehtävä virran ja sen vaikutusten ohjauksessa
<p>Mitä komponentit tekevät virtapiirissä?</p>
<p>Osaatko määritellä teoreettisesti tai tieteellisesti, mitä elektroniikka on?</p>

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
1. lopputestin muuttajat 1-14 - Alkutestin muuttajat 1-14	Negative Ranks	1 ^a	5,50	5,50
	Positive Ranks	22 ^b	12,30	270,50
	Ties	2 ^c		
	Total	25		

a. 1. lopputestin muuttajat 1-14 < Alkutestin muuttajat 1-14

b. 1. lopputestin muuttajat 1-14 > Alkutestin muuttajat 1-14

c. 1. lopputestin muuttajat 1-14 = Alkutestin muuttajat 1-14

Test Statistics^b

	1. lopputestin muuttajat 1-14 - Alkutestin muuttajat 1-14
Z	-4,036 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
2. lopputestin muuttujat	Negative Ranks	0 ^a	,00	,00
1-14 - Alkutestin muuttujat 1-14	Positive Ranks	10 ^b	5,50	55,00
	Ties	0 ^c		
	Total	10		

a. 2. lopputestin muuttujat 1-14 < Alkutestin muuttujat 1-14

b. 2. lopputestin muuttujat 1-14 > Alkutestin muuttujat 1-14

c. 2. lopputestin muuttujat 1-14 = Alkutestin muuttujat 1-14

Test Statistics^b

	2. lopputestin muuttujat 1-14 - Alkutestin muuttujat 1-14
Z	-2,807 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,005

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test