

Automaatioteknologian opetus kuvakepohjaisella ohjelmointikielellä

Teknologiakasvatuksen opetuskokeilu kolmessa eri käyttöympäristössä

Matti Lattu
Kasvatustieteen lisensiaatintutkimus
Helsingin yliopisto
Opettajankoulutuslaitos
LUONTI-projekti
lokakuu 1999

URN:NBN:fi-fe19991310

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Teknologia ja teknologiakasvatus	3
2.1. Teknologia	3
2.1.1. Ajatuksia teknologian olemuksesta	5
2.1.2. Teknologian määrittelyn kuutiomalli	6
2.1.3. Teknologian prosessimalli	8
2.1.4. Teknologiakasvatus	10
2.2. Erilaisten teknologianäkemyksien vertailua.....	13
2.3. Teknologiakasvatus Suomen peruskoulujen opetussuunnitelmassa.....	15
2.4. Teknologiakasvatus muualla	17
2.5. Teknologiakasvatus ja tasa-arvo.....	18
2.6. Teknologiakasvatuksen työtapoja	20
2.7. Onko teknologiasta oppiaineksi?.....	22
3. Avoin oppimisympäristö luovan ongelmanratkaisun näyttämönä	24
3.1. Luova ongelmanratkaisu	24
3.2. Oppimisympäristö	26
3.2.1. Avoin oppimisympäristö	27
3.2.2. Lapsikeskeisyys avoimen oppimisympäristön takana.....	28
3.3. Tietokone oppimisympäristön osana	30
3.4. Avoimen oppimisympäristön tietokoneelle asettamat vaatimukset	32
4. Empirica Control	34
4.1. Visuaalinen ohjelmointi.....	34
4.2. Kuvakepohjainen ohjelmointi Empirica Controlissa.....	36
4.3. Työmuisti ja kuvakepohjainen ohjelmointi	37
4.4. Empirica Controlin soveltuminen osaksi avointa oppimisympäristöä	40
4.4.1. Työväline tai ohjelmointikieli	40
4.4.2. Sopivuus olemassaolevaan oppimisympäristöön.....	40
4.4.3. Helppokäyttöisyys.....	41
4.4.4. Arviointi Meisalon ja Tellan kriteeristöllä	43
4.5. Muita järjestelmiä teknologiakasvatukseen	44
4.5.1. Lego TC Logo.....	44
4.5.2. Taskurobotit tulevat	45
4.6. Teksti- ja kuvakepohjaisen ohjelmoinnin vertailua	46
5. Oppiminen avoimessa oppimisympäristössä	48
5.1. Kognitiivisen psykologian käsitys oppimisesta	48
5.2. Perinteinen opetuksen kolmijako.....	49
5.3. Konstruktivistinen oppimiskäsitys	50
5.4. Oppiminen avoimessa oppimisympäristössä	51
5.5. Opetukselle asetettavat vaatimukset.....	55
5.5.1. Haapasalon käsitteenmuodostusprosessi.....	55
5.5.2. "Tekemällä oppiminen".....	56
5.6. Lapsikeskeisyyden ja konstruktivistisen oppimisen välistä rajankäyntiä	57
5.7. Tiedonkäsitys tässä tutkimuksessa	58

6. Tutkimusongelmat.....	59
6.1. Tutkimusongelma 1	59
6.2. Tutkimusongelma 2	59
6.3. Tutkimusongelma 3	60
7. Tutkimusmenetelmät.....	61
7.1. Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen paradigma	61
7.2. Tutkimusasetelma lyhyesti	62
7.2.1. Tutkimusasetelman paradigmasta	63
7.2.2. Paradigmojen yhdistäminen tutkimusasetelmassa	65
7.2.3. Tutkimusasetelman tarkastelu kvantitatiivisesta näkökulmasta	65
7.2.4. Tutkimusasetelman validiteetti kvantitatiivisesta näkökulmasta	67
7.3. Tiedonhankintamenetelmät tutkimusjaksolla 1	68
7.3.1. Oppilaiden itsearviointi	68
7.3.2. Järjestelmän hallintatesti	71
7.3.3. Strukturoitu päiväkirja ja ääninauha	71
7.3.4. Haastattelu	73
7.3.5. Piirrostehtävä	76
7.4. Tiedonhankintamenetelmät tutkimusjaksoilla 2 ja 3.....	76
8. Tutkimusjakson 1 toteuttaminen.....	77
8.1. Tutkittavat	77
8.1.1. Mallin valinta.....	77
8.1.2. Tutkimusluokat	78
8.2. Opetusjakson suunnittelun lähtökohdat.....	78
8.3. Oppilaiden käyttämät välineet.....	80
8.4. Ajankohta.....	80
8.5. Opetusjaksojen kuvaus	80
8.5.1. Suunnittelun toimintatutkimusmallin toteutuminen	80
8.5.2. Opetusjakso 1	80
8.5.3. Opetusjakso 2	82
8.5.4. Opetusjaksot 3 ja 4	83
8.5.5. Aineiston keruu.....	85
9. Aineiston käsittely ja tulokset	87
9.1. Tutkimusongelma 1	87
9.1.1. Järjestelmän hallintatestin tulokset	87
9.1.2. Opettajan havaintoja	88
9.1.3. Oppilaiden omat arviot	91
9.1.4. Tutkimusjakso 2	91
9.1.5. Tutkimusjakso 3	92
9.1.6. Yhteenveto tutkimusongelman 1 tuloksista	92
9.2. Tutkimusongelma 2, oppilaiden kokemukset	93
9.2.1. Itsearviointilomake.....	93
9.2.2. Alaongelma 2A	94
9.2.3. Alaongelma 2B	95
9.2.4. Piirrookset	96
9.2.5. Yhteenveto oppilaiden kokemuksista	100
9.3. Tutkimusongelma 2, opiskelijoiden kokemukset.....	100
9.4. Tutkimusongelma 2, opettajan kokemukset.....	101
9.4.1. Empirica Controlin käyttötavat.....	101
9.4.2. Onnistuneita EC:n ominaisuuksia tai opetustilanteita	102
9.4.3. Ongelmia EC:n käytössä tai opetuksessa yleensä sekä ratkaisuja niihin	104
9.4.4. Opettajan rooli	108
9.4.5. Yhteenveto opettajan kokemuksista	108
9.4.6. Tutkimusongelman 2 vastaus	109

9.5. Tutkimusongelma 3	110
9.5.1. Aineiston käsittely.....	110
9.5.2. Tulokset opetusjaksoilla 1 ja 2	111
9.5.3. Tulokset opetusjaksoilla 3 ja 4	112
9.5.4. Tutkimusongelman 3 vastaus	114
10. Johtopäätökset	115
10.1. Luotettavuuden arviointia.....	115
10.1.1. Tiedonkeruu opettajalta.....	116
10.1.2. Tiedonkeruu oppilailta	116
10.1.3. Tiedonkeruu tutkimusjaksoilla 2 ja 3	118
10.1.4. Havainnointi, aineiston käsittely ja raportointi.....	118
10.1.5. Yhteenveto luotettavuudesta	119
10.2. Tutkimustulokset teema-alueittain	120
10.2.1. Empirica Controlin käyttöön liittyvät tulokset	120
10.2.2. Opetukseen liittyvät tulokset.....	121
10.2.3. Teknologian oppimiseen liittyvät tulokset.....	122
10.3. Mahdollisuuksia aineiston jatkokäsittelyyn	123
11. Pohdintaa.....	124
11.1. Asetettujen tavoitteiden toteutuminen.....	124
11.2. Kuvake- ja tekstipohjaisten ohjelmontikielten vertailua	125
11.3. Miten Empirica Controlin hyödyntämistä tulisi kehittää?.....	127
11.4. Miksi oppiminen jäi heikoksi?	127
11.5. Oppilaiden valmiuksista	130
11.6. Ehdotuksia teknologiakasvatuksen opetuksen kehittämiseksi.....	132
11.7. Mahdollisia jatkotutkimuksia	133
Lähteet	135
Liitteet	145

Esipuhe

Suomessa teknologiakasvatuksen tukimus on harpannut suuria loikkia eteenpäin, sillä kolmen edellisen vuoden aikana aihepiirin opettamista oppivelvollisuuskoulussa on käsitelty useissa kotimaisissa väitöskirjatutkimuksissa. Kuluvana syksynä aihepiiristä on käyty keskustelua myös Helsingin Sanomien yleisönosastolla, tosin lähinnä akateemisessa piirissä. Näyttää siltä, että asiaa koskeva kiinnostus on vähitellen lisääntymässä.

Haluaisin kiittää kaikkia tutkimukseni valmistumista edesauttaneita tahoja. Erityisesti haluaisin mainita professori Veijo Meisalon ja FT Jari Lavosen, joiden kanssa tehty yhteistyö on ollut antoisaa. Myös dosentti Jorma Tarhiota haluan kiittää tietojenkäsittelytieteen näkökulmien avaamisesta. Emil Aaltosen säätiöltä saatu nuoren tutkijan apuraha on mahdollistanut tutkimustyöhön paneutumisen.

Kaikista näistä ammatillisista ja taloudellisista tukijoista ei kuitenkaan olisi ollut apua ilman läheisiäni, jotka loppujenlopuksi tekevät elämästä elämisen arvoisen. Kiitos teille.

1. Johdanto

Helsingin yliopiston Opettajankoulutuslaitoksessa käynnistyi elokuussa 1995 kolmivuotinen Luonnontieteiden opetuksen teknologiset innovaatiot -projekti (LUONTI), jonka puitteissa on kehitetty luonnontieteiden ja teknologian opetusta. Hankkeessa on tuotettu oppimateriaalia ja tutkittu sen käyttöä ja soveltuvuutta oppimistilanteissa, sekä järjestetty opettajien täydennyskoulutusta. (Lavonen, Meisalo & Lähdeniemi 1996)

Teknologianopetukseen on LUONTI-projektissa kehitetty oppimisympäristön osaksi mikrotietokoneeseen liitettävä järjestelmä, jonka avulla oppilaat voivat itse käyttää ja luoda teknologiaa. Projektin tavoitteiden mukaisesti kehitetyn järjestelmän käyttökelpoisuutta päätettiin lähteä tutkimaan. Tämän tutkimuksen tehtävänä on kehitystyön tuloksena syntyneen järjestelmän, Empirica Controlin, käyttöönotto ja sen tutkiminen erityisesti peruskoulun ala-asteen näkökulmasta. Empiirisen tutkimuksen lisäksi olen pyrkinyt tarkastelemaan järjestelmän käytettävyyttä teoreettisesta näkökulmasta sekä omalta osaltani täsmentämään avointa oppimisympäristöä ja teknologiakasvatusta käsittelevää teoriaa. Toivon tulosten olevan hyödyksi sekä järjestelmän jatkokehittelylle että Empirica Controlin käyttöönottoa suunnitteleville opettajille.

Uutena sisältöalueena teknologiakasvatus on saanut ja saa varmasti jatkossakin perustella olemassaolonsa sekä tiede- että koulu yhteisölle, eli koko yhteiskunnalle. Painavin perustelu on ympäristön teknistyminen. Enää ei riitä, että kansalaiset ymmärtävät luonnon toiminnan aakkoset. On myös ymmärrettävä ihmisen rakentaman ympäristön perusperiaatteet. Teknologiakasvatus on uusi tulokas aihepiiriopetuksen kentässä. Enemmänkin keskustelua herättäneet useisiin eri tiedonaloihin liittyvät yrittäjyys- ja ympäristökasvatus ovat samankaltaisessa oppiainerajojen pirstomassa paitsiotilassa samalla kun koulua syytetään todellisuudesta vieraantumisesta. On jännittävää nähdä, mitä tulevaisuus tuo tullessaan. Onko koululaitoksemme tulossa samanlaiseen murrokseen kuin sata vuotta sitten reaalikoulujen rantauduttua Suomeen?

LUONTI-projektin teknologiakasvatukseen kehittämä järjestelmä, Empirica Control, koostuu mikrotietokoneeseen sarjaliitännällä liitettävästä laitteesta liitäntäyksikköineen ja kuvakkeiden käyttöön perustuvasta ohjelmointikielestä. Liitäntäyksikköön voidaan kytkeä erilaisia tasajännitteellä toimivia laitteita kuten valoja ja moottoreita. Yksikköön voidaan liittää myös antureita, jotka kertovat ympäristöstä sähköisesti. Sellaisia ovat mm. lämpö- ja kosketusanturit. Yksittäisistä laitteista ja antureista voidaan tehdä automaattisesti toimivia kokonaisuuksia, kun ne yhdistellään ohjelmalla. Empirica Controlissa ohjelmointi tapahtuu kirjoittamisen sijaan yhdistämällä hiirellä käskykuvakkeita ohjelmaetjuksi.

Oma osuuteni LUONTI-projektissa rajoittuu Empirica Controlin käyttöönottoon ja siihen liittyvään kehitys- ja tutkimustyöhön. Tullessani mukaan projektiin syksyllä 1995 oli ohjelman kehittäminen vielä kesken. Vaikken kuulunut ohjelman varsinaiseen kehitysryhmään, annoin näkemistäni kokeiluvierailta palautetta pyrkien pitämään mielessä nimenomaan käytön peruskoulun ala-asteella. Tutki-

mustani varten jouduin suunnittelemaan ja rakentamaan Lego-rakennussarjassa ja Empirica Controlissa toimivan anturisarjan, jota myöhemmin käytettiin tutkimukseen liittyvien opetusjaksojen lisäksi erilaisissa esittely- ja koulutustilaisuuksissa. Anturisarjaan kehittelyyn liittyvät kokeiluni paljastivat Empirica Controlin liitäntäyksikössä virhetoiminnon, joka siten pystyttiin korjaamaan laitteen rakennetta muuttamalla.

Syventävien opintojen tutkielmani (Lattu 1997) keskittyi kuvaamaan käyttöönotosta opetuksen aloittamisen vaihe. Se ei siis täysin kuvaa koko Empirica Controliin liittyvää kehitystyötä, kuten ohjelman ja anturien kehittämistä. Myös tässä raportissa kehitysprojekti on jätetty ulkopuolelle. Rajaukseen on useita syitä. Oma osuuteni ohjelman kehittelyssä oli siksi pieni, että sen kuvaaminen ei riittäisi kattavan kokonaiskuvan saamiseksi kehitystyöstä. Anturien kehittäminen oli luonteeltaan enemmänkin teknistä kuin kasvatustieteellistä, joskin siinäkin valintoja tehtiin myös oppimisen näkökulmasta. Omasta pohjatyöstäni puuttuu kattava dokumentointi. Tärkein syy rajaukselle oli kuitenkin resurssikysymys, sillä raportista tuli tässäkin muodossa laaja. Empirica-mittausjärjestelmän kehittäminen on kuvattu kattavasti jo aiemmin (Lavonen 1996).

Toinen jo tässä vaiheessa tehtävä rajausta liittyy tutkittaviin oppilaisiin. Voimavarojen puutteessa päätin, ettei oppilaiden kokemuksia tai oppimista tarkastella minkään taustamuuttujien valossa. Ongelma-alueen kannalta relevantteja taustamuuttujia olisivat olleet esimerkiksi kognitiiviset, motoriset ja sosiaaliset taidot, koulumenestys, ongelmanratkaisutaidot, työmuistin koko, formaalit ja informaaliset vapaa-ajanviettotavat sekä sukupuoli. Tämän raportin pohjana toimivaa syventävien opintojen tutkielmaa on syvennetty ottamalla mukaan mahdollisimman erilaisia tutkittavia.

Työn edetessä olen pyrkinyt toisaalta seuraamaan alan kehitystä ja toisaalta omalta osaltani tekemään LUONTI-projektia ja Empirica Controlia tunnetuksi Suomessa. Aloittaessani työskentelyä otin yhteyttä suomalaisiin teknologiakasvatuksen tutkijoihin pyytääkseni lyhyttä kuvausta eri yliopistoissa tehtävästä kehitystyöstä. Saadakseni tuntumaa teknologiakasvatuksen toteutukseen vierailin Kajaanin opettajankoulutuslaitoksella syksyllä 1995 tutustuen Normaalikoulun teknologiakasvatuksen opetussuunnitelmaan, työskentelytiloihin ja oppilaiden töihin. Seuratakseni alan kotimaista kehitystä olen osallistunut useisiin kotimaisiin ja kansainvälisiin tilaisuuksiin (esim. Lattu 1999b, 1999c). Ulkomaisien virtauksien seuraamisessa olen hyödyntänyt erityisesti Internetiä.

Erilaiset esittely- ja koulutustilaisuudet ovat mahdollistaneet Empirica Controlin ja työni esittelemisen teknologiakasvatuksesta kiinnostuneille (esim. Lattu 1996a, Lattu 1999a).

Työni Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen laitoksen tutkijana syksyllä 1999 toi erityisesti kuvakepohjaiseen ohjelmointiin uusia näkökulmia, joita olen hyödyntänyt tässä raportissa.

2. Teknologia ja teknologiakasvatus

Empirica Control on suunniteltu teknologiakasvatuksen apuvälineeksi. Tässä luvussa tarkastellaan teknologiaa ja teknologiakasvatusta sekä näiden asemaa peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa. Lopuksi esitellään teknologiakasvatukselle tyypillisiä työtapoja ja pohditaan, millainen asema teknologiakasvatukselle peruskoulussa tulisi antaa.

2.1. Teknologia

Lähdettäessä pohtimaan teknologiakasvatusta on syytä ensin tutustua kantasanaan teknologia. Tavallisesti käsite tuo mieleen tietokoneet, robotit ja kenties steriilit tutkimuslaitokset valkotakkisine laborantteineen. Pitävää määritelmää joudutaan kuitenkin hakemaan kauempaa. Uusi sivistys-sanakirja kertoo sanan "teknologia" taustalla olevan kreikan sanat *tekhne* (taito, taitavuus) ja *logos* (tieto) (Aikio & Vornanen 1991). Kankare (1997, 31-34) ja Parikka (1998, 37-40) ovat tutkineet laajemminkin teknologia-käsitteen etymologista taustaa, mutta selvitykset eivät ole johtaneet sanakirjan antamasta määrittelystä oleellisesti poikkeaviin tuloksiin.

Chen (1996) jakaa teknologian määrittelyt kolmeen ryhmään niiden käsitteellisen taustan mukaan. Ryhmiä voisi nimittää otsakkeilla "tuotteet", "tieteen sovellus" ja "sosiaalis-kulttuurinen ympäristö".

Chenin ryhmään "tuotteet" lukeutuu esimerkiksi Parikan ja Rasisen (1994, 16) määritelmä, jonka mukaan teknologia on "--- teknisten välineiden, laitteiden sekä koneiden rakenteiden ja toiminta-periaatteiden ymmärtämistä sekä niiden taitavaa ja hallittua käyttöä tuotteiden ja palveluiden aikaansaamiseksi." Näin määriteltynä käsitteestä tulee kovin suppea, sillä sen ulkopuolelle jäävät esimerkiksi kemia ja geeniteknologia.

Orpwoodin ja Werdelinin (1987, 10) mukaan teknologia määritellään selittämällä ensin tiede ja tämän jälkeen kutsumalla teknologiaa tieteen soveltamiseksi. Samoin tieteeseen nojaten teknologian määrittelevät Goralnik (1996) sekä Kurki-Suonio ja Kurki-Suonio (1996). Edellämainitut sopivat Chenin ryhmään "tieteen sovellus".

Chenin kolmas ryhmä "sosiaalis-kulttuurinen ympäristö" tarkoittaa määritelmiä, jossa painotetaan teknologian merkitystä yhteiskunnan muuttajana. Kyseessä on siis yhteiskuntatieteiden näkökulma teknologiaan, teknologian yhteiskunnallinen ulottuvuus.

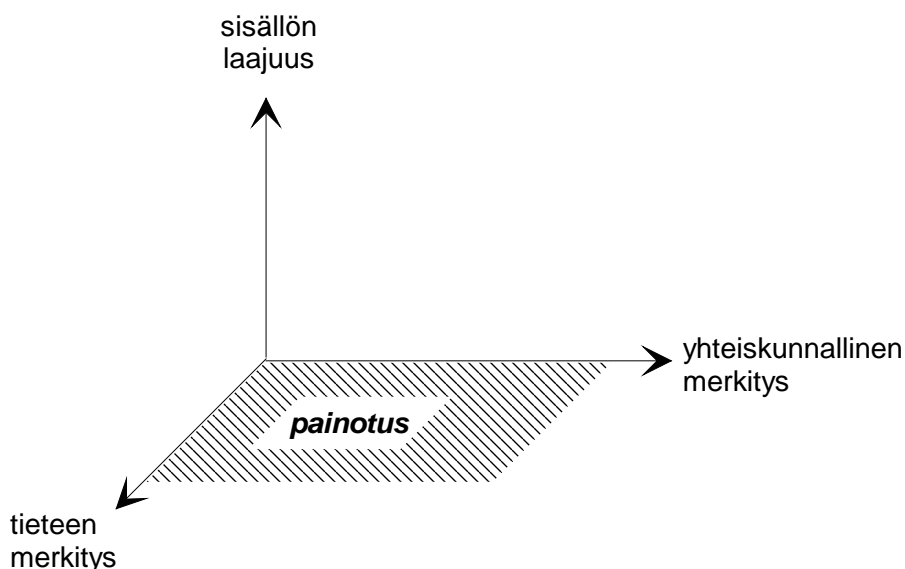
Neljänneksi teknologian lähestymistavaksi Chen ehdottaa sen vaikutusta ihmislajin älykkyyteen. Ajatustaan Chen nimittää "moninkertaiseksi älykkyydeksi" (multiple intelligence). Juuri teknologia nosti ihmisen muiden lajien yläpuolelle ja käynnisti kielellisen kehityksen. Ajattelun tarpeeseen kehittivät korkean tason ajattelutaidot, intentionaalinen käyttäytyminen, luokittelu ja yleistäminen. (Chen 1996)

Chenin ehdotus neljänneistä lähestymistavasta on liioiteltu. Teknologian merkitys ihmislajin kehitykselle on selviö, mutta eivätkö ajattelun ja kulttuurin kehitys kulje käsi kädessä? Ehdotettu neljäs luokka sisältyy siis jo "sosiaalis-kulttuuriseen ympäristöön".

Teknologiakäsitysten jakaminen kolmeen ryhmään Chenin ehdottamalla tavalla on kaavamainen. Olen kehittänyt Chenin ajatusta muodostamalla kahdesta luokasta, teknologian merkityksestä yhteiskunnalle ja "tieteen sovellus", suorat, jotka virittävät eräänlaisen teknologian painotusta kuvaavan tason. Nämä ulottuvuudet uudelleennimettynä ja sisältöjen laajuutta kuvaavalla ulottuvuudella lisättynä muodostavat teknologiakäsitysten avaruus -mallin (ks. kuvio 1).

Mallin "tieteen merkitys" -ulottuvuudella tarkoitetaan tieteen ja teknologian välisen yhteyden korostamista. Jos teknologia nähdään kiinteästi tieteeseen liittyvänä, on määrittely "tieteen merkitys" -ulottuvuudella laaja. Vastaavasti "yhteiskunnallinen merkitys" -ulottuvuus merkitsee teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksen korostamista. "Tieteen merkitys" ja "yhteiskunnallinen merkitys" -ulottuvuuksien muodostamalla tasolla voidaan tarkastella teknologian tieteeseen ja yhteiskuntaan ulottuvien yhteyksien painotusta. Taso kuvastaa teknologian integratiivista luonnetta. Teknologiasa eri tieteenalat ja yhteiskunnan tarpeet kohtaavat.

Chenin luokista johdetun painotustason lisäksi teknologiakäsitysten vertailuun tarvitaan kolmas ulottuvuus, "sisällön laajuus", joka tarkoittaa teknologiakäsitteen kattamaa sisällöllistä aluetta. Eri määrittelyissä teknologian kattavuuteen otetaan usein kantaa tiedonaloihin (esim. Kankare 1997) tai aikakauteen (esim. Parikka 1998, 37-40) perustuen.



Kuvio 1. Teknologiakäsitysten avaruus. Painotus-tason ulottuvuudet vastaavat Chenin (1996) luokkia.

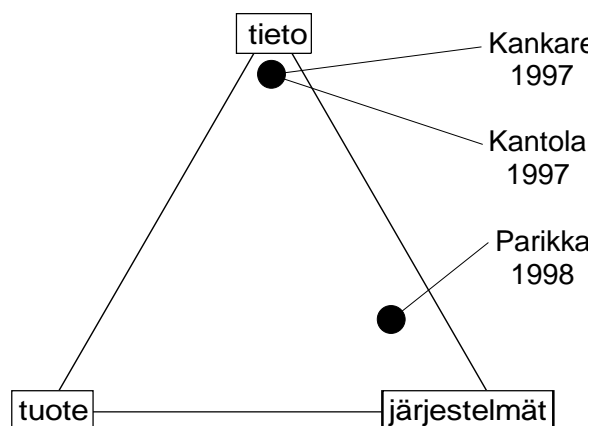
Teknologiakäsitysten avaruus -malli soveltuu teknologiakäsityksen määrittelyn tueksi ja erilaisten määritelmien keskinäiseen vertailuun. Kiinnekohtien (vrt. Parikka 1998, 72; Lattu 1997) asettaminen akseleille suuntaisi ja supistaisi mallin käyttöalaa.

Tämän tutkimuksen empiirisessä osassa teknologiaa lähestytään suppeasti. Teknologiakäsitysten avaruus -mallin mukaisesti tarkastellen teknologiaa lähestytään yksinomaan sen tuotteiden kautta. "Tieteen merkitys" ja "yhteiskunnallinen merkitys" jäävät empiirisen osan opetuksessa lähes huomiotta ja teknologia nähdään pelkkänä prosessiteknologiana (ks. 8.2.). Rajoittunut määrittely on tässä tutkimuksessa käyttökelpoinen, sillä tarkoituksena on tutkia Empirica Controlia, joka on kehitetty apuvälineeksi teknologisten laitteiden toiminnan oppimiseen. Määritelmän rajoitukset eivät siis ole tässä tutkimuksessa haitaksi.

2.1.1. Ajatuksia teknologian olemuksesta

Edellä viitattiinkin jo "sisällön laajuus" -akselin monimerkityksellisyyteen. Paitsi teknologian laajuudesta, myös teknologian ilmenemisestä ollaan erimielisiä. Käsitusten ääripäinä ovat seuraavat ajatukset:

- 1) Teknologia on ongelmanratkaisuun ja jalostamiseen liittyvää tietoa
- 2) Teknologia on ongelmanratkaisu- ja jalostamisprosessin tuloksena syntyviä tuotteita
- 3) Teknologia on ongelmanratkaisu- ja jalostamisprosessin tuloksena syntyvien tuotteiden yhdistelmistä muodostuvia järjestelmiä



Kuvio 2. Teknologian ilmenemismuodot. Kuvioon on sijoitettu esimerkinomaisesti muutaman viimeaikaisen kotimaisen teknologiakasvatusta käsittelevän väitöskirjatutkimuksen näkemykset teknologian ilmenemisestä.

Myös Brusica (1992) on esittänyt vastaavanlaisia ajatuksia teknologian luonteesta. Hän esittää kolme näkökulmaa teknologiaan: laitteet, erilaiset sanat ja ideat kuten muutos, kehitys ja ongelma, ja viimeisenä teknologia tietäntyyppisenä tietona ja osaamisena (know-how).

Kantola (1997) korostaa teknologian luonnetta tietovarastona. Hän määrittelee teknologian opiksi raaka-aineiden jalostuskeinoista, tekniikan menetelmistä ja hyväksikäytöstä. Tekniikka puolestaan tarkoittaa valmistusmenetelmiä. (Kantola 1997, 57.) Samoin teknologian määrittelee myös Kankare (1997, 40). Alamäki (1997, 76) laskee myös tuotteet osaksi teknologiaa: "CNC-laitteet, sähkömoottorit ja tietokoneet eivät ole itsessään teknologiaa vaan teknologisia tuotteita ja siten osa teknologiaa."

Parikka (1998, 62) näkee teknologian muodostuvan tuotteiden muodostamista järjestelmistä: "Teknologia ei kuitenkaan rakennu yksittäisistä "teknologioista", esimerkiksi autosta, junasta, lentokoneesta tai televisiosta, vaan järjestelmistä, joiden osia kyseiset keksinnöt ovat." Parikan (1998, 71) mukaan teknologialla on myös prosessiluonne, jossa pyritään kehittämään aineellisia olosuhteita ja tulemaan tietoisiksi teknologisista mahdollisuuksista.

2.1.2. Teknologian määrittelyn kuutiomalli

Parikka (1998, 72) on laatinut yleissivistävään koulutukseen tarkoitetun teknologian määrittelyn kuutiomallin, jonka ulottuvuudet ovat (suluissa dimension sisäinen jako eli alakohdat):

- 1) Yhteiskunnan teknologiset järjestelmät (informaatioteknologia, hallinnon teknologia, rakennukset ja rakenteet, teollisuuden teknologia, maa- ja metsätalouden teknologia)
- 2) Teknologian vaikutukset (kulttuuriset, yhteiskunnalliset ja ympäristövaikutukset)
- 3) Innovaatioprosessit (tiedostamis-, oppimis- ja suunnitteluprosessit)

Parikan teknologian määrittelyn kuutiomallin ja teknologiakäsitysten avaruus -mallin (ks. kuvio 1) ulottuvuudet ovat hyvin yhteneväiset (ks. kuvio 3). "Sisällön laajuus" ja "teknologiset järjestelmät" tarkoittavat molemmat teknologian erilaisia aloja, joskin hiukan toisesta näkökulmasta. Teknologia-käsitysten avaruuden "sisällön laajuus" tarkoittaa niiden tieteenalojen joukkoa, joka katsotaan teknologiaksi. Teknologian määrittelyn kuutiomallin "teknologiset järjestelmät" rakentuu teknologian sovelluskohteista.

Teknologiakäsitysten avaruus -mallin "yhteiskunnallien merkitys" ja Parikan teknologian määrittelyn kuutiomallin "teknologian vaikutukset" yhdistävät teknologian yhteiskuntaan - tosin Parikka näkee vaikutussuunnan yksisuuntaiseksi, teknologiasta yhteiskuntaan (Parikka 1998, 44-51). Myös teknologian kehittämisen motiivit pitäisi nostaa esiin: Miksi lennättimen tapainen keksintö tuli tarpeelliseksi juuri 1800-luvun Yhdysvalloissa?

Parikan käsityksen mukaan teknologian tekee omaksi tiedonalakseen siihen liittyvä oppimis- ja innovointiprosessi, josta muodostettu ulottuvuus erottaa hänen mallinsa teknologiakäsitysten avaruus -mallista. Parikka näkee, että teknologian nopea kehitys pitää yllä jatkuvaa tarvetta oppimiseen ja innovointiin. Hänen mukaansa juuri tämä erottaa teknologian muista tiedonaloista:

"Toisaalta edellä selostettu tilanne kuvaa hyvin teknologian oppimisen keskeistä eroa esimerkiksi monen muun peruskoulun tiedonalan oppimiseen. Sen kohteena on usein tuote, tuotteen funktio tai toiminnan ymmärtäminen, ja oppimisen tavoitteena pitkällä

tähtäimellä on uusien keksintöjen keksiminen eli luova innovaatioprosessi." (Parikka 1998, 67)

Perustelu todistaa enemmän Parikan vanhentuneista muiden peruskoulun tiedonalojen olemusta koskevista käsityksistä kuin teknologian erityisluonteesta. Tässä muutamia esimerkkejä opetus-suunnitelman perusteista:

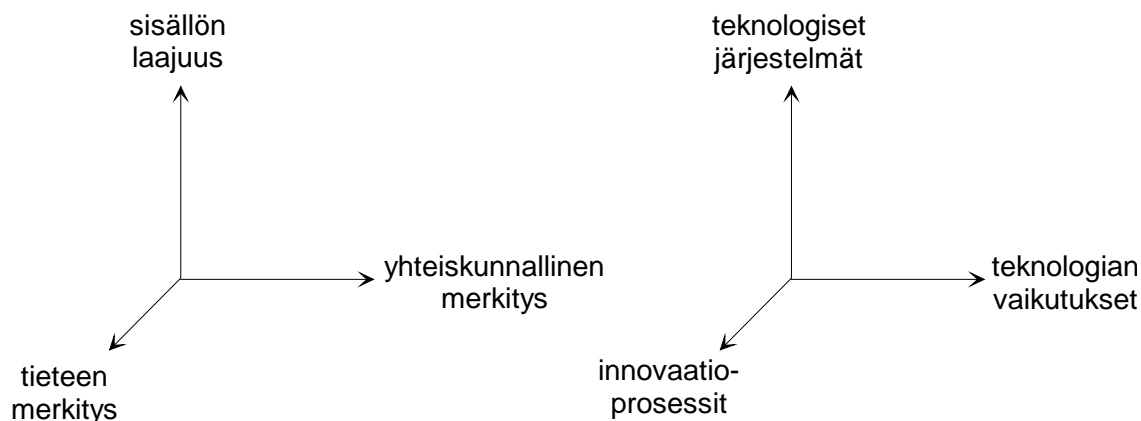
"Kirjoittaminen, lukeminen ja jopa puhuminen ovat nykykäsityksen mukaan prosesseja, joten niiden opiskelukin toteutuu monivaiheisena luovana työskentelynä." (POPS 1994, 47)

Matematiikassa "... ongelmanratkaisu on matemaattis-loogisten vaatimusten ohella opetuksen keskeinen periaate." (POPS 1994, 79)

Ympäristö- ja luonnontiedon eräänä tavoitteena on, että oppilas "... harjaantuu tekemään omien havaintojensa perusteella kysymyksiä ja johtopäätöksiä, kuvaamaan saamiaan tuloksia sekä keskustelemaan niistä". (POPS 1994, 81)

Historian ja yhteiskuntaopin eräänä tavoitteena on, että oppilas "... osaa hankkia ja käyttää historiallista ja yhteiskunnallista tietoa sekä käsitellä historiallisia ja ajankohtaisia ongelmia." (POPS 1994, 98)

Eri aineiden tavoitteet kertovat, että peruskoulun rooli on kautta linjan siirtynyt tiedonjakajasta tiedon synnyttämisen suuntaan. Parikan perustelun kestättömyys kasvaa, jos pohditaan eri tieteenalojen tutkimuksen luonnetta. Perustelua voi tulkita myös niin, ettei innovatiivisuus hänen mukaansa ole luonteenomaista luonnontieteen tai historian tutkimukselle. Epäilen näiden alojen tieteenharjoittajien suhtautuvan kielteisesti tällaiseen ajatukseen.



Kuvio 3. Kuviossa 1 esitetyn teknologiakäsitysten avaruus -mallin (vasemmalla) ja Parikan (1998, 72) esittämän teknologian määrittelyn kuutiomallin ulottuvuuksien vertailua.

Kahta esiteltyä teknologiamallia tarkastellessa niiden erilaiset taustat korostuvat. Teknologia-käsitysten avaruus -mallin taustalla on ajatus teknologian integratiivisesta luonteesta yhteiskunnan ja tieteen välimaastossa. Se sopiikin hyvin teknologian määrittelyn tueksi silloin, jos teknologia ymmärretään vahvasti integroivana alana. Paitsi eri luonnontieteen eri aloja, teknologia integroi

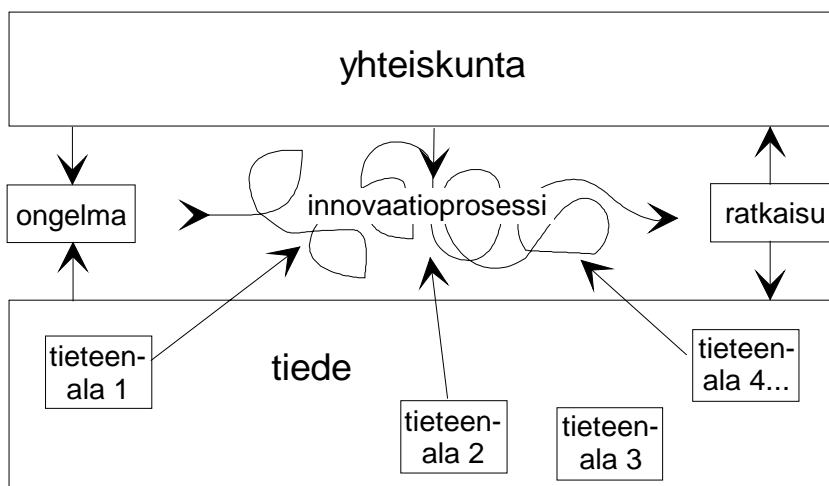
myös tieteen ja yhteiskunnan, sillä teknologia tarjoaa yhteiskunnalle uusia mahdollisuuksia ja vastaa yhteiskunnan esittämiin tarpeisiin.

Parikan mallissa teknologialla on itsenäisempi asema. Hänen näkemyksensä mukaisesti teknologian keskeinen oma piirre, innovaatioprosessin luonne, on otettu malliin mukaan omana komponenttinaan. Parikan mallin mukainen ajattelu sopii hyvin opetussuunnitelman tai toteutussuunnitelman kattavuuden kontrollointiin paljastaen helposti sen mahdolliset puutteet. Vaikka teknologian innovaatioprosessi tuskin oleellisesti poikkeaa muiden alojen innovaatioprosesseista, tuntuu sen korostaminen hyvältä ratkaisulta erityisesti koulujen käytännön opetussuunnitelmatyön ja opetuksen ohjaamisessa kohti ongelmakeskeistä työskentelyä.

Vaikka Parikan teknologian määrittelyn kuutiomalli korostaa teknologian itsenäistä asemaa, näkee sekin teknologian vahvasti integratiivisena alana. Mallissa integratiivisuus on rakennettu teknologiset järjestelmät -akselille, joka on jäsenellyt tieteenaloista riippumatta sovelluskohteiden mukaan. Tämäkin ratkaisu on perusteltu koulujen opetussuunnitelmatyön tukija.

2.1.3. Teknologian prosessimalli

Parikan (1998) teknologian määrittelyn kuutiomallin painottama innovaatioprosessin keskeinen merkitys jää puuttumaan staattisluonteisesta teknologiakäsitysten avaruus -mallista. Parikan (1998, 69) esittämä teknologisen innovaatioprosessin perusrakenne painottaa teknologian kaupallista olemusta. Yleissivistävään koulutukseen soisi kotiutuvan tätä laajempi näkökulma, jollainen on esitetty teknologian prosessimallissa (ks. kuvio 4). Teknologian prosessimalli kuvaa teknologian olemusta yhteiskuntaa ja tiedettä palvelevana innovaatioprosessina, joka hyödyntää erilaisia tieteenaloja integratiivisesti. Samanhenkisen teknologiamääritelmän on laatinut myös Kimbell (1994). Hänen mielestään teknologia on loppumaton ongelmanratkaisun sykli, joka pyrkii helpottamaan elämää. Elmer (1999) ottaa voimakkaasti kantaa tarkkaan strukturoituja lineaarisia ja syklisiä prosessimalleja vastaan. Hänen mukaansa ne eivät vastaa todellisuutta - ainakaan jos innovaatioprosessi on myös oppimistilanne.



Kuvio 4. Teknologian prosessimalli.

Teknologia saa ongelmansa yhteiskunnalta (esim. markkinoijilta tai yksittäisiltä kansalaisilta) ja tieteeltä (esim. fyysikoilta). Ongelma tai tehtävä voi olla moninainen. Markkinoija haluaa luoda uudenlaisen, kuluttajia paremmin houkuttelevan hammastahnan. Yksittäinen kansalainen on saattanut havaita omakohtaisen epäkohdan, esim. laukussa rikkoutuneen levykkeen. Fyysikko puolestaan voisi tarvita laitteen, jolla hän voisi pommittaa tiettyjä hiukkasia tutkiakseen niiden ominaisuuksia.

Havaittuaan ongelman tai tarpeen eri henkilöt voivat käynnistää teknologisen prosessin joko itse tai kääntyä asian ratkaisusta mahdollisesti kiinnostuneen tahon puoleen. Usein etenkin yksittäiset kansalaiset suhtautuvat havaintoihinsa passiivisesti. Ei oikein tiedetä, miten ongelman tai ratkaisuidean kanssa pitäisi menetellä ja kenen puoleen kääntyä. Oletettavasti tämänkaltaisen epätietoisuuden ja mielenkiinnon puutteen takia jää joka päivä huomiotta runsaasti polttavia ongelmia ja hyödyntämättä käyttökelpoisia ratkaisuehdotuksia.

Teknologinen innovaatioprosessi on luonteeltaan luova ja siinä joudutaan ongelmakentästä riippuen integroimaan eri tieteenalojen tietämystä. Tieteen lisäksi ympäröivä yhteiskunta, esimerkiksi vallitsevat arvot, vaikuttavat prosessin etenemiseen joko suoraan tai epäsuoraan mukana olevien ihmisten kautta.

Innovaatioprosessin tuloksena syntyy ratkaisu, joka voi olla tuote (esim. nelivärinen hammastahna, uudenlainen levykkeen suojakotelo tai useiden maiden yhteistyönä rakennettu hiukkaskiihdytin) tai menettelytapa (esim. perimän kemiallinen muokkaaminen pakkaskestävyyden parantamiseksi). Ratkaisu vaikuttaa sekä yhteiskuntaan että tieteeseen. Se voi pelkän alkuperäisen ongelman ratkaisemisen lisäksi luoda esimerkiksi täysin ennalta-arvaamattomia uusia toimintamuotoja tai -mahdollisuuksia. Yhtä hyvin seuraukset voivat olla negatiivisia. Ratkaisujen positiivisista ja negatiivisista seurauksista saattaa syntyä uusia ongelmia, jotka käynnistävät uusia teknologisia prosesseja.

Huomautettakoon lopuksi, että teknologian prosessimallissa ei oteta kantaa tieteen ja yhteiskunnan väliseen suhteeseen. Teknologian ja tieteen välinen suhde ei sekään ole täysin selkeä. Fensham ja Gardner (1994) esittelevät tieteen ja teknologian välisestä suhteesta neljä erilaista väitettä, joilla jokaisella on omat perustelunsa:

- tiede on edeltänyt teknologiaa historiallisesti ja ontologisesti
- teknologia on edeltänyt tiedettä historiallisesti ja ontologisesti
- teknologia ja tiede ovat erillisiä järjestelmiä ajattelusta ja käytännöstä
- teknologialla ja tieteellä on kaksisuuntainen yhteys

Ontologisella edeltämisellä kirjoittajat tarkoittavat sitä, että jälkimmäisen "tulokkaan" tietoteoria rakentuu edellisen varaan.

2.1.4. Teknologiakasvatus

Teknologiakasvatuksen voisi ylimalkaisesti määritellä kasvatuksen osa-alueena, jonka tavoitteena on opettaa teknologiaa. Oppiaineen historia on edennyt varsin samankaltaisten vaiheiden kautta kuin luonnontieteellisten aineiden opetus pakollisessa peruskoulussa. 1960-luvulla luonnontieteiden opetuksen tavoitteina oli saada lisää ammattitaitoisia ihmisiä työelämän tarpeisiin ja lisätä kansalaisten ymmärrystä ja arvostusta tiedettä kohtaan. Kahden vuosikymmenen jälkeen tavoitteena oli ammatillisten tavoitteiden lisäksi lisätä kansalaisten mahdollisuutta osallistua yhteiskunnan päätöksentekoon. (Layton 1986, 10-12) Kehitys käy ilmi myös suomalaisista opetussuunnitelmista (POPS 1985; 1994), joiden analyysi esitetään tuonnempana (ks. 2.3.).

Teknologiakasvatuksen tavoitteet riippuvat kohderyhmästä. Pakollisessa peruskoulussa toteutettavan teknologiakasvatuksen tulisi painottua yleissivistykseen ammatillisten tavoitteiden sijaan. Yleistavoitteena tulisi olla ihmisen rakentaman ympäristön ymmärtäminen samalla tavalla kuin luonnontieteellisissä oppiaineissa pyritään luonnossa olevan ympäristön ymmärtämiseen. Teknologiakäsitteen tulisi olla mahdollisimman laaja korostaen eri tieteenalojen ja yhteiskunnan syvälistä vuorovaikutusta.

Teknologia on luonteeltaan laajasti integroiva aihepiiri, sillä sillä on yhteydet sekä luonnontieteisiin että yhteiskuntaan (ks. kuvio 1). Pääasiassa teknisten alojen asiantuntijoilta keräämänsä aineiston perusteella Parikka (1998, 126) esittää teknologiakasvatuksen yhtymäkohtia muiden kasvatuksen alueiden kanssa (ks. taulukko 1). Tulokset ovat jopa sanamuotojen osalta huomiota herättävän yhdenmukaiset Jyväskylän yliopiston teknologiakasvatuskokeilussa kolme vuotta aiemmin esitetyn mallin (Kurjanen ym. 1995,12) kanssa.

Taulukko 1. Teknologiakasvatuksen yhtymäkohdat muiden kasvatuksen alueiden kanssa. (Parikka 1998, 126)

alue	yhteiset piirteet
käsityökasvatus	keksimistöiminta, tekemällä oppiminen, suunnitelmallinen työnteko
matem.-luonnont. kasvatus	taustailmiöt, mittayksiköt, kokeellinen menetelmä
taide- ja muotoilukasvatus	luovuus, rakennettu ympäristö, estetiikka
ympäristökasvatus	kestävä kehitys, tuotteen elinkaari, etiikka
yrittäjyyskasvatus	innovatiivisuus, itseohjautuvuus, tuotantoelämään perehtyminen
historia, kielet ja kulttuuri	teknologian historiallisten kehitysvaikutusten ymmärtäminen, kansainvälisyys, yhteisvastuu

Teknologiakasvatuksen tavoitteena mainitaan usein käsite "technology literacy", jonka suomentaminen on tuottanut ongelmia. Englannin "literacy" tarkoittaa lukutaidon lisäksi myös lukeneisuutta eli sivistystä, ja sekä anglosaksisten että suomalaisten tutkijoiden tarkemmat käsitteenmäärittelyt antavat aiheen käyttöä pelkkää ymmärtämistä tai tulkitsemista laajempaa käsitettä "sivistys".

Kotimaisessa teknologiakasvatustutkimuksessa käytetään pääasiassa kolmea käännettä: "teknologinen lukutaito" (esim. Kankare 1997), "teknologinen perussivistys" (esim. Parikka & Rasinen 1994, 19; Myllymäki & Rukajärvi-Saarela 1997) ja uusimpana "teknologiakompetenssi" (Parikka 1998). Käsitteen määrittelyt vaihtelevat sen mukaan, onko lausujana esim. opettaja, filosofi tai poliitikko (Zuga 1996). Layton (1994) esittää teknologiakasvatusta ajavien intressipiirien motiivien jakautuvat kuuteen eri ryhmään, jotka ovat:

- Taloudellisen hyödyn tavoittelijat haluavat parantaa kilpailukykyä nostamalla tulevaisuuden työntekijöiden teknologiatietämystä.
- Teknologian ammattilaiset näkevät teknologian itseisarvoisena "kolmantena kulttuurina" tieteen ja taiteiden rinnalla.
- Kestävän kehityksen kannattajat näkevät teknologiakasvatuksen tärkeänä tapana antaa tietoja, taitoja ja arvoja, joilla tulevaisuudessa pystyttäisiin hallitsemaan teknologian kehitystä yhteensovittamalla taloudellinen kasvu ja luonnonsuojelu.
- Tasa-arvoa ajavat näkevät teknologiakasvatuksen keinona tasoittaa naisten ja miesten välistä epätasa-arvoa.
- Demokrattisen yhteiskunnan vaalijat haluavat lisätä kansalaisten tietämystä teknologiasta, jotta he pystyisivät kontrolloimaan teknologiaa ja sen vaikutuksia.
- Liberaalit kasvattajat näkevät teknologian työtavat sinänsä tärkeänä kognitiivisena ja toiminnallisena taitona. Teknologisen toiminnan kautta ihminen saa käyttöön nykyistä enemmän omasta inhimillisestä potentiaalistaan.

Opetuksen kannalta selkeästi lausutut tavoitteet, toisin sanoen tavoitteena pidettävän teknologisen yleissivistyksen määrittely, ovat ensiarvoisen tärkeitä. Kuten edellä on todettu, eivät erot erilaisten teknologianäkemyksien ja teknologiakasvatuksen motiiveissa ole suinkaan triviaaleja. Esimerkkinä teknologisen yleissivistyksen määrittelystä esitellään Dyrenfurthin (1996) luettelo teknologisen yleissivistyksen komponenteista. Niitä ovat:

- perusta yleistettävälle teknologisille taidoille ja ymmärtämiselle
- kriittisesti positiivinen asenne teknologiaa kohtaan
- perusteknologian hallinnan vaatimat taidot ja ymmärtäminen
- tiedot ja kyvyt, jotka mahdollistavat uuden oppimisen tulevaisuudessa
- tietoisuus mahdollisista seuraavista koulutus- ja uravaihtoehdoista
- kyky hyödyntää muiden oppiaineiden tietoja teknologisessa ongelmanratkaisussa
- kyky käyttää teknologiaa kulutukseen ja päivittäiseen elämään
- kyky käyttää itsensä kehittämistä ja itseoppimista taitojen parantamiseen

de Vore (1992) määrittelee teknologisen yleissivistyksen komponenteiksi seuraavat tekijät:

- 1) Teknisten välineiden historia, kehitys ja luonne sekä käsitys siitä kulttuurista, joissa keksinnöt ovat syntyneet.
- 2) Keksimis- ja innovaatioprosessien tietäminen, ymmärtäminen ja kokeminen.

- 3) Erilaisten järjestelmien (kommunikaatio-, tuotanto- ja kuljetusjärjestelmien) sekä niihin liittyvien välineiden, laitteiden, materiaalien, tekniikoiden, biologisten ja fyysisten muutosten sekä energian muuttumisen tunteminen.
- 4) Erilaisten teknisten osien ja järjestelmien toiminnan ymmärtäminen ja niiden vaikutusten (ihmisiin, yhteisöihin ja ympäristöön) arviointi eettisestä näkökulmasta.

Dyrenfurthin ja de Voren näkemykset poikkevat selvästi toisistaan. Dyrenfurthin näkemysten taustalla näkyvät ennen kaikkea taloudelliset intressit (uuden oppimisen kyvyt, uravaihtoehdot ja teknologian käyttö kulutukseen). Teknologia hän näkee tietona ja ongelmanratkaisuprosessina. Myös de Vore painottaa teknologian luonnetta ongelmanratkaisu- ja innovaatioprosessina, mutta hänen näkemyksensä taustalla ovat selvästi kestävä kehitys ja demokraattisen yhteiskunnan vaatimukset.

Teknologinen yleissivistys muodostuu siis erilaisista tiedoista, taidoista ja asenteista, joiden on mahdollistettava uuden oppiminen. Mikään esimerkiksi Dyrenfurthin mainitsemista komponenteista ei ole sellainen, joka olisi vain teknologiaan sidottu, vaan pienin muutoksin listasta voisi tehdä vaatimukset biologiselle tai matemaattiselle yleissivistykselle.

Ben-Zvi (1996) arvostelee yleissivistys-käsitteen (engl. literacy) yhdistämistä teknologiaan. Parempi olisi puhua teknologisesta kapasiteetista. Yleissivistys on hänen mielestään substantiivinomaisen tuote, kun taas kapasiteetti on verbinomainen prosessi. (Ben-Zvi 1996) Teknologinen yleissivistys antaa siis kyvyn passiiviseen ymmärtämiseen, mutta teknologinen kapasiteetti aktiiviseen toimintaan.

Myös Parikka (1998) käyttää väitöskirjassaan aktiivisuuteen viittaavaa "teknologiakompetenssi"-käsitettä. Tutkimuksessaan Parikka selvitti 32 asiantuntijan arvioita teknologiakompetenssin sisällöstä ja jakoi käsitteen näkemykselliseen ja toiminnalliseen tasoon. Näkemyksellisen tason muodostavat teknologialle tyypilliset tiedostamis- ja innovaatioprosessit, teknologian sidokset yhteiskuntaan, kulttuuriin ja ympäristöön sekä käsitys teknologisesta yhteiskunnasta. Toiminnallinen taso sisältää opiskelun tavoitteet, menetelmät ja sisällöt. (Parikka 1998, 111)

Kansainvälisesti yksiselitteistä määritelmää teknologiakasvatuksen ja teknologisen yleissivistyksen syvyydelle on turha etsiä. Teknologiakasvatus tarkoittaa eri kulttuurien, valtioiden ja oppilaiden kohdalla eri asioita, sillä arvot ohjaavat teknologian kehittymistä. Myös teknologian merkitys yhteisölle on otettava huomioon suunniteltaessa teknologiakasvatuksen toteutusta. Eräs teknologiakasvatusta käsittelevän tutkimuksen tehtävä onkin eritellä ne tekijät, joiden tulisi vaikuttaa annettavaan opetukseen ja tarjota eri tehtäviin sopivia tavoitetasoja ja toteutustapoja. Mioduserin (1996) laatima valintakaavio onkin hyvä esimerkki avusta, jollaista kasvatustieteen tulisi tarjota opetuksen toteuttajille. Kaaviossa eritellään neljälle eri oppijatasolle relevantit tavoitteet, tiedot ja tietorakenteet.

Teknologian kouluopetuksen kannalta teknologiakasvatuksen ja teknologisen yleissivistyksen määrittelyt ovat päällekkäisiä. Molemmista otetaan kantaa siihen, mitä teknologian painotuksia tulisi käsitellä. Morganin (1996) mukaan teknologisella yleissivistyksellä on neljä ulottuvuutta: yhteiskunnallinen, käsitteellinen, tekninen ja henkilökohtainen, joten määrittelytehtävä ei ole helppo. Toinen toteutuksen kannalta tarpeellinen tieto on teknologian sisällöllinen syvyys. Näiden kahden avainkäsitteen määrittely muodostaakin teknologiakasvatuksen opetussuunnitelman laadinnan kaksi päävaihetta.

Tässä tutkimuksessa käsitteestä "technology literacy" käytetään yhdenmukaisuuden vuoksi käännöksiä "teknologinen perussivistys" ja "teknologinen yleissivistys", sillä se sopii hyvin voimassaolevan opetussuunnitelman perusteiden yleissivistystä korostavaan henkeen. Alussa asetetun tutkimustehtävän huomiden ei valinta ole kovin keskeinen.

2.2. Erialaisten teknologianäkemyksen vertailua

Valitulla teknologianäkökulmalla on luonnollisesti vaikutuksensa myös teknologiakasvatukselle asetettuihin tavoitteisiin. Valitettavasti eri lähteissä olevista teknologiakasvatuksen määrittelyistä on omaksuttua teknologianäkökulmaa turha etsiä, sillä niissä teknologian käsitettä käytetään aivan kuin se olisi yksiselitteinen. Näkökulma käy ilmi asetetuista tavoitteista, mahdollisesti nimetyistä sisältöalueista tai toteutuksesta.

Yläastetta ja lukioa varten kirjoittamassaan kirjassaan Matematiikan ja fysiikan integrointi tekniseen työhön Lindhin (1996, 1) antama teknologiakasvatuksen määritelmä painottaa teknologian ymmärtämistä ja selviytymistaitoja teknologian keskellä sekä jokapäiväisessä elämässä että opinnoissa. Aihepiirin mukaisesti kirjan teknologianäkemys on painottunut sekä tieteen merkitykseen (matematiikan ja fysiikan osuudet) että merkitykseen tuotteena (tekninen työ). Käsitelmä teknologiasta on suppeahko rajoittuen tekniikkaan ja elektroniikkaan.

Ginnerin (1996) asettaa teknologiakasvatukselle kolme tavoitetta. Ensimmäiseksi, sen on aktivoitava oppilaita kansalaisina. Toiseksi, sen on autettava oppilaita ymmärtämään ja hallitsemaan teknologiaa ja sen tuotteita jokapäiväisessä elämässä. Kolmanneksi, sen on muodostettava molemmille sukupuolille perusta tuleviin opintoihin ja ammatteihin. Ginnerin näkemykset ovat selvästi yhteiskunnallisesti painottuneita. Valitettavasti on vaikea sanoa, miten laajasti hän näkee teknologian sisällön.

Harlen (1987) esittää ala-asteen teknologiakasvatuksen päämääräksi varsin selkeitä ammatillisia, miltei propagandistisia tavoitteita. Oppilaiden on saatava tietoa teollisuudesta ja teollisuustyön mielekkyydestä. Tavoitteissa on mukana myös luonnontieteellisistä aineista tuttuun ilmiöiden tuottamisten mahdollisuuksien havaitseminen ja ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen. Työtavaksi Harlen esittää teollisuusvierailuja, jotka liittyisivät eri tavoin muihin oppiaineisiin kuten matematiikkaan, maantietoon, historiaan, uskontoon, käsityöhön ja äidinkielen. Integrointi muihin oppiainei-

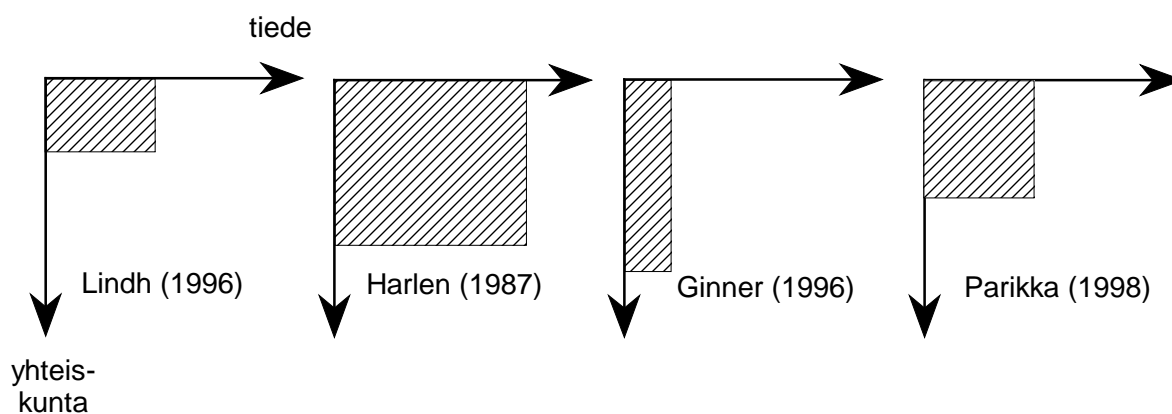
siin, etenkin maantietoon, historiaan ja uskontoon, tuo mukaan myös yhteiskunnallista painotusta. Myös Harlenin artikkeli jättää määrittelemättä teknologian sisällöt.

Parikan (1998) perusteellisen teknologiakasvatuksen käsitettä tarkastelevan väitöskirjatutkimuksen arviointi on edellisiä vaikeampaa tutkimuksen moniulotteisuudesta johtuen. Parikka (1998, 70-71) antaa teknologialle neljä eri suunnista lähestyvää määritelmää, jotka ovat:

- etymologinen määrittely
- määrittely teknologian vaikutusten kannalta
- määrittely yhteiskunnan teknologisten järjestelmien kannalta
- määrittely innovaatioprosessien kannalta

Parikka lähestyy teknologiaa siis myös yhteiskunnallisesta näkökulmasta (määrittely teknologian vaikutusten kannalta) sekä korostaen teknologian olevan kulttuuriin ja arvoihin sidottua (mnt. 50). Lopulta avarakatseisuus kaventuu suppeammaksi, sillä yhteiskunnan ja teknologian sidoksia onkin yksisuuntainen: teknologia vaikuttaa yhteiskuntaan, muttei päinvastoin (mnt. 44-51). Tutkimuksen empiirisessä osuudessa teknologian tuotannollista merkitystä on korostettu yhteiskunnallisen kustannuksella valitsemalla tutkittaviksi etupäässä talouden ja teollisuuden edustajia. Valintaa perustellaan sillä, ettei tuottamiseen ja kaupallisuuteen perustuvien näkemysten ja ympäristö- ja humanististen arvojen välillä ole sovittamatonta ristiriitaa (mnt. 29). Pelkistetysti voidaan sanoa, että Parikan ajatusten mukaan teknologia hyödyntää tieteen saavutuksia ja hänen yhteiskunnallinen painotuksensa asettuu Lindhin (1996) ja Ginnerin (1996) välimaastoon. Näin jyrkkä redusointi ei kuitenkaan tee täysin oikeutta Parikan ajatuksille.

Edellä analysoitujen määritelmien graafiset esitykset käyvät ilmi kuviosta 5.



Kuvio 5. Neljän teknologiakasvatuksen sisältämän teknologianäkemyksen kattavuus teknologiasisällön laajuuden painotus-tasolla. Sisällön laajuutta ei ole vertailtu, koska kaikissa lähteissä sitä ei ole määritelty.

2.3. Teknologiakasvatus Suomen peruskoulujen opetussuunnitelmassa

Vuonna 1985 annettujen opetussuunnitelman perusteiden yleistavoitteissa teknologiakasvatuksen on palveltava ammatillisia päämääriä: "Koulun tulee perehdyttää oppilaat tuotannon ja tärkeimpien elinkeinoalojen teknologiaan ja taloudellisiin periaatteisiin" (POPS 1985, 11). Ala-asteen oppiainekohtaisissa tavoitteissa teknologiakasvatuksen aihepiirit ovat näkyvimmin esillä miltei yksinomaan teknisen työn tavoitteissa, mutta yläasteella käsittely ulottuu säilönnästä teknologian kehityksen yhteiskunnallisiin vaikutuksiin (ks. taulukko 2). (POPS 1985)

Taulukko 2. Teknologiakasvatuksen tavoitteet vuoden 1985 opetussuunnitelmassa. (POPS 1985)

oppiaine	mainittu tavoite tai sisältö
biologia ja maantieto	ihmisen vastuu luonnon muuttajana ja luonnonvarojen käyttäjänä ihmisen vastuu omasta elinympäristöstään
fysiikka, kemia	yksinkertaisia virtapiirejä, elektroniikan peruskomponentteja, sähköturvallisuus silmälasit pesuaineet, selluloosa, muovit
historia	teknologian vaikutus yhteiskuntaan
kuvaamataito	tekninen piirustus
kotitalous	säilöntä, lisäaineet ergonomia, työturvallisuus energian käyttö kotitaloudessa
käsityö (yhteinen tekniselle ja tekstiilille)	käden taidon, suunnittelukyvyyn ja ongelmanratkaisutaidon kehittäminen
maa- ja metsätalous sekä puutarhanhoito	lannoitteet, tuholaisien torjunta jalostaminen maatalouden ja metsänhoidon koneet ja työturvallisuus maatilan veden- ja energiankäyttö
tekninen työ	sähkö (virtapiiri, sulake, valaisimet, komponentteja, tasavirtamoottori) kodin laitteet (polkupyörä, pölynimuri, vatkain, partakone) polkupyörän, auton ja mopon huoltoa työkoneiden automaatio, ohjaus- ja säätölaitteiden rakentaminen sähköalan teollisuuteen tutustuminen
tekstiilityö	työskentelyn suunnittelu (työvaiheet, käyttötarkoituksen ja esteettisyyden yhdistäminen)

Vuonna 1994 annettuihin opetussuunnitelman perusteisiin on teknologiakasvatuksen tavoitteet kirjattu yhdeksi peruskoulussa annettavan yleissivistyksen peruspilareista. "Teknologian ymmärtämiseen ja käyttöön liittyvien valmiuksien" lisäksi yleissivistykseen mainitaan kuuluvaksi taito tarkastella asioita useista eri näkökulmista ja sosiaaliset taidot (POPS 1994, 11). Johdannossa

teknologiakasvatusta pidetään siis erittäin tärkeänä. Opetussuunnitelmassa vaaditaan, että oppilaille muodostuu kyky käyttää tekniikan mahdollisuuksia ja vaikuttaa teknologian kehityksen suuntaan. Teknologiakasvatukselle ei ole kuitenkaan muodostettu omaa oppiainetta, eikä sitä ole myöskään esitetty omaksi aihekokonaisuudekseen. (POPS 1994) Oppiaineiden tavoitteista teknologiakasvatuksen tavoitteita ja sisältöjä löytyy useiden eri oppiaineiden kohdalta (liite 1). Omassa analyysissään Parikka (1998, 129) on päätenyt samansuuntaisiin tuloksiin, Kananoja (1997, 11-12) on kiinnittänyt huomiota myös teknologian sanaston merkityksen korostamiseen kieltenopetuksessa.

Liitteen 1 opetussuunnitelma-analyysi osoittaa, että teknologiakasvatukseen liittyviä teemoja löytyy monista eri oppiaineista. Keskeisimmät teknologiaan liittyvät tavoitteet ovat fysiikassa ja kemiassa, mutta käsityön ja kotitalouden toiminnalliset työtavat ovat nekin yhdensuuntaisia teknologiakasvatuksen kanssa. Ulkomaillakin teknologiakasvatus on usein yhdistetty luonnontieteitä käsitteleviin oppiaineisiin. Ainealueilla on yhtäläisyyksiä, mm. luonnontieteellinen perusta sekä työtavat. Allsop (1987) ja Holbrook (1987) näkevät teknologiakasvatuksen luonnontieteiden ja konkreettisten tuotteiden valmistamistaitojen, käsityön, yhdistelmänä. Harlen (1987) näkee eron motiivissa: luonnontieteissä tavoite on ymmärtäminen, kun taas teknologia pyrkii ratkaisemaan ihmisten tarpeiden asettamia ongelmia.

Ala-asteen näkökulmasta teknologiakasvatuksen yhdistäminen Suomessa pääasiassa yläasteella opetettaviin fysiikkaan ja kemiaan on huono ratkaisu, sillä näin opetussuunnitelman perusteissa määritellyjä yleissivistykseen kuuluvia teknologiakasvatuksen sisältöjä ei juuri kuuden ensimmäisen kouluvuoden aikana käsitellä. Kaikenkaikkiaan tuntuu siltä, että opetussuunnitelman yleissivistyksen määritelmä ja oppiainekohtaiset tavoitteet ovat vahvasti ristiriitaisia teknologiakasvatuksen osalta - samalla kun tärkeäksi nähty teknologia jätetään kokonaan määrittelemättä, kuten Kurjanen ym. (1995, 18-19) painottavat.

Edellisten, vuonna 1985 annettujen, ja nykyisten opetussuunnitelman perusteiden suoraviivainen ja yksityiskohtainen vertaaminen on mahdotonta, sillä ne edustavat eri opetussuunnitelmatasoja. Vuoden 1985 ops:n perusteet olivat hyvin yksityiskohtaisia antaen kuntakohtaisille opetussuunnitelmille hyvin vähän liikkumavaraa. Opetettavat sisällöt on merkitty kaikkien oppiaineiden kohdalle vuosiluokittain. Vuoden 1994 ops:n perusteet ovat huomattavasti väljemmät jättäen sisältöjen valinnan lähes täysin koulun omalle ops-työlle. Olisikin mielenkiintoista nähdä, miten teknologiakasvatuksen tavoitteet näkyvät koulukohtaisissa opetussuunnitelmissa.

Teknologiakasvatuksen tasolla opetussuunnitelmien perusteissa on havaittavissa selkeä yleistavoitteiden suunnan muuttuminen. Kun vuoden 1985 ops:n perusteet korostivat teollisuuden teknologian ymmärtämisen tärkeyttä, puhutaan vuoden 1994 ops:n perusteissa teknologiasta osana demokraattisen valtion kansalaisten yleissivistystä. Ops:n käsitys teknologian merkityksestä on muuttunut teollisesta ja tuotannollisesta näkökulmasta jälkiteolliseen ja yksilökeskeiseen näkökulmaan.

2.4. Teknologiakasvatus muualla

Teknologiaa opetetaan tavalla tai toisella etenkin länsimaiden yleissivistävissä kouluissa. Painotuksia on luonnollisesti useita ja etenkin Länsi-Euroopassa taustalla on usein ollut käsityösuuntautunut oppiaine, jota on laajennettu teknologian suuntaan (de Vries 1997, 21). Käsityötausta on voimakas ainakin Belgiassa, Hollannissa ja joissakin Saksan osavaltioissa. Englannissa ja Walesissa käsityön uudistaminen tehtiin jo ennen nykyisen teknologiakasvatusliikkeen heräämistä, jolloin syntyi Craft and design -oppiaine. Erilaisten opetussuunnitelmauudistusten tuloksena aineeseen liitettiin taloustietoa ja kotitaloutta, jolloin kokonaisuuden nimeksi asetettiin Design and technology. Ranskassa toisen asteen oppiaineena oleva teknologia painottuu tuotanto- ja yritystalouteen. (de Vries 1994) Euroopan entisissä sosialistimaissa on nähtävissä päinvastainen kehitys, kun teknologian osuus opetussuunnitelmasta on vähentymässä polyteknisestä opetuksesta luovuttaessa (Blandow & Mosna 1994).

Myös Pohjoismaissa teknologiakasvatuksen taustalla on ollut käsityö. Esimerkiksi Norjan muotoilu -oppiaine synnytettiin 1960-luvulla yhdistämällä käsityö ja kuvaamataito (Kananoja 1994, 50). Ruotsissa peruskoulun tuntijaossa biologialle, fysiikalle, kemialle ja tekniikalle (teknik) on annettu yhteinen tuntikehys. Tekniikan tavoitteet ovat hyvin yhteiskunnallisesti painottuneita, mutta myös tekniikan soveltamistaidot mainitaan. (Regler för målstyrning 1998, 61, 185)

Yhdysvalloissa koulutus kuuluu osavaltioille ja niiden sisälläkin paljon valtaa on annettu paikallis- ja hallinnolle, joten teknologiakasvatuksen järjestäminen vaihtelee runsaasti maan eri osissa. Keskeisiä sisältöjä ovat tuotanto-, kommunikaatio ja kuljetusteknologia. Ongelmanratkaisun osuus tärkeä, mutta huomiota saa myös teknologian ja yhteiskunnan suhde. Teknologiakasvatus on tavallisesti valinnainen aine, jota voi opiskella 12-15 -vuotiaina. Aineen arvostus on vähäinen, eivätkä yliopistot katso sen opiskelua ansioksi. (Dyrenfurth 1994) Osoitus yrityksistä aineen profiiliin kohotuksesta on Technology for All Americans -projekti, jolla pyritään kansallisten standardien luomisella nostamaan opetuksen tasoa ja siten myös aineen arvostusta (Dugger 1997).

Erityisesti pohjoisamerikkalaista teknologiakasvatuskeskustelua värittää voimakas liike, jossa korostetaan luonnontieteiden, teknologian ja yhteiskunnan yhteenkuuluvuutta. Tämä Science, Technology and Society (STS) -liike on leimautunut yhteiskunnallisesti kantaottavaksi ja Duggerin ja Yungin (1997) mukaan taustalla on "liberaali taideperinne". de Vries (1994) yhdistää STS-lähestymistavan ja tilanteet, joissa ihmiset ovat tietoisia teknologian negatiivisista vaikutuksista. Shamos (1995, 140) näkee STS:n arvon siinä, että se yhdistää luonnontieteet ihmisten arkipäivään. Sensijaan rasitteita Shamos näkee sitäkin enemmän: STS ei ole yksittäinen tieteenalansa, josta seuraa identiteetti-ongelma ja mahdollinen epätasapaino opetuksessa ja ongelmia opettajien valinnassa (Shamos 1995, 142-145).

Australiassa ja Uudessa Seelannissa teknologiakasvatuksen asema on pitkälti yhtäläinen. Australiassa "Design and Technology" on yksi opetussuunnitelman kahdeksasta pääoppiaineesta. Uudessa Seelannissa oppiaineita on seitsemän, joista yksi on teknologia. Australiassa oppiaineen

lähtökohtina ovat suunnittelu, tekeminen ja arviointi. Varsinaiset sisältöalueet tieto, materiaalit ja systeemit painottuvat eri tavoin oppilaiden projekteista riippuen. Uuden Seelannin teknologia- kasvatuksen perustana on tieto ja ymmärtäminen, teknologinen kapasiteetti sekä teknologian ja yhteiskunnan yhteys. Teknologian sisällöt on jaettu yhdeksään alueeseen. (Hulsbosh 1997; Technology in the New Zealand Curriculum 1995, 6-13)

Latinalaisessa Amerikassa talouden kehityksen tueksi on otettu markkinatalous ja sitä tukeva koulutus. Teknologiakasvatus nähdään eri maissa eri tavoin, näkemykset vaihtelevat uudistetusta tietokoneiden opetuskäytöstä uuden ajan yhteiskunnan vaatimaan uudenlaiseen koulutukseen. Teknologian opettamiseen on pantu paljon toiveita, mutta tulokset ovat olleet laihoja. (Londoño 1994) Kerre (1994) esittää samanlaisia arvioita Afrikan tilanteesta: teknologiakasvatuksella tarkoitetaan ammatillista koulutusta, jonka lisääminen ei ole saanut maanosan teollisuutta nousuun. Osasyynä hän pitää koulutuksen vanhanaikaisuutta ja kapea-alaisuutta.

2.5. Teknologiakasvatus ja tasa-arvo

Lainsäädäntö asettaa koulutuksen suunnittelijat ja toteuttajat selkeään vastuuseen tasa-arvon toteutumisesta. Kaikkinaisen naisten syrjinnän poistamista koskevan yleissopimuksen (Tasa-arvolaki 1986) 10. artikla velvoittaa "miesten ja naisten kaavamaisen roolijaon poistamiseen kaikentasoisessa ja -tyyppisessä koulutuksessa -". 5. pykälä velvoittaa viranomaiset ja oppilaitokset huolehtimaan siitä, "- että naisilla ja miehillä on samat mahdollisuudet koulutukseen ja ammatilliseen kehitykseen sekä että opetus, tutkimus ja oppiaineisto tukevat tämän lain tarkoituksen toteutumista" (Tasa-arvolaki 1986). Perusopetuslain (1998) 2. pykälä määrää koulun tehtäväksi edistää tasa-arvoa yhteiskunnassa. Tasa-arvo on käsitettään laajasti toisin kuin nykyistä lakia edeltävässä peruskoululaisissa (Peruskoululaki 1983), jonka 2. pykälässä tasa-arvoksi katsottiin nimenomaan sukupuolten välinen tasa-arvo.

Tasa-arvolain ja peruskoululain henki on selkeä: koulutus ei saa mukautua yhteiskunnassa vallitsevaan epätasa-arvoon, vaan sen tehtävänä on aktiivisesti edistää tasa-arvon toteutumista. Oppilaitoksille on määrätty aktiivisen aloitteentekijän rooli.

Teknologia on perinteisesti ollut miesten aluetta. Nykyään teknologian ollessa perustavaa laatua oleva osa kulttuuriamme on kaikilla oltava mahdollisuus ymmärtää sitä ja sen vaikutuksia yhteiskuntaamme. Vaara tyttöjen sivuuttamisesta teknologiakasvatusta järjestettäessä on ilmeinen: esimerkiksi Lindh (1996, 186) esittää tekniselle työlle tulevaisuutta teknologiakasvatuksen hoitajana muuttamalla tiedonalaksi teknologiakasvatus käsityökasvatuksen sijaan. Myös Parikka (1998, 127-128) liputtaa saman ratkaisumallin puolesta, vaikka hänen saamansa tulokset korostavatkin tasa-arvon tärkeyttä (mnt. 123). Sukupuolten tasa-arvon näkökulmasta teknologiakasvatuksen muodostaminen teknisestä työstä ei välttämättä olisi paras mahdollinen ratkaisu, sillä uusi oppiaine saattaisi periä käsityön roolimallit, jossa "pehmeä" tekstiilikäsityö on naisten ja "kova" tekninen työ

miesten maailma. Näiden roolimallien rikkominen ei ainakaan pelkän yhteisen käsityön keinoin ole ollut hedelmällistä (Autio 1997, 236).

Tasa-arvokysymyksen lisäksi teknologia-oppiaineen muodostamista teknisestä työstä vastustetaan muistakin syistä. Santakallion (1995) mukaan tekninen työ ei kata kaikkia teknologian osa-alueita, joten sen nimeä ei voida suoraan muuttaa "teknologiaksi" tai "teknologiakasvatukseksi". Vastavasti teknologiakasvatus ei kata käsityökasvatuksen tavoitteita, esimerkiksi Kankareen (1997, 13) suuresti painottamaa kulttuurista arvoa.

Mottierin ja Raatin (1987) mielestä tytöt eivät opiskele luonnontiedettä ja teknologiaa, koska

- he lopettavat liian aikaisin matematiikan ja fysiikan opiskelun, jolloin teknologiaopinnot käyvät mahdottomiksi
- opettajat saavat tytöt uskomaan, ettei heistä ole luonnontieteen opiskelijoiksi
- hyvä opintoneuvonta puuttuu
- oppikirjat ovat kehoja

Korjaukseksi he ehdottavat alueen miesmäisen imagon muuttamista: opetukseen otetaan mukaan jokapäiväisiä asioita, ihmisessä ilmenevää fysiikkaa ja tieteiden sosiaalisia vaikutuksia. Samaa ehdottaa Räsänen (1992, 53), mutta hänen mukaansa tytöt tarvitsisivat opetukseen lisää osallistuvia, kokeellisia ja yhteistoiminnallisia työtapoja. Volk (1996) epäilee, että teknologian miehiseen kuvaan vaikuttaa myös opettajien sukupuoli, sillä Yhdysvalloissa 95% teknologiaa opettavista on miehiä.

Hyvää tarkoittavat uudistukset jäävät helposti pinnallisiksi, jos koko opetusta ei kyseenalaisteta. Rothschild (1988) kutsuu tällaista lähestymistapaa "add women and stirr" -menetelmäksi, eli vanhaan konseptiin lisätään naiset ja muutamia uusia aihepiirejä. Hänen mukaansa tarvittava erilaiset näkökulman sulauttava integroiva menetelmä ei ole helppo, sillä se vaatii feministisen teorian ja mieheys/naiseus -tutkimuksen tuntemusta.

Autio (1995; 1997) on tutkinut tytöille ja pojille annetun yhteisen käsityöopetuksen vaikutusta oppilaiden asenteisiin. Hän epäilee asenteiden syntyvän jo varhaiskasvatuksessa ja suhtautuu hyvin pessimistisesti käsityön mahdollisuuksiin niiden muuttamisessa.

Sukupuolen lisäksi teknologiakasvatuksen tasa-arvo voi vaarantua myös lahjakkuuden ja rodun perusteella. Allsopin (1987) esittelemässä Oxfordin yliopiston tutkimusprojektissa opetettiin teknologiaa 11-16 -vuotiaille. Tutkimuksessa havaittiin, että opettajat kannustivat erityisesti tavallista lahjakkaampia oppilaita valitsemaan teknologian. Volkin (1996) mukaan Yhdysvaltojen teknologiaopettajista vain 10% kuuluu rodulliseen vähemmistöön. Asia tuskin on omiaan edistämään rotujen välistä tasa-arvoa. Iso-Britanniassa vähemmistöille on pyritty luomaan samat mahdollisuudet tietotekniikan oppimiseen kuin valtaväestöllekin. Lambert (1995) mainitsee tähän kolme keinoa: monikulttuurisuuden ottaminen mukaan opetussuunnitelmiin, oppilaiden äidinkielen mukaisten tekstinkäsittelyohjelmien hankinnan sekä erirotuisten miesten ja naisten esitleminen teknologiaan liittyvissä ammateissa.

2.6. Teknologiakasvatuksen työtapoja

Teknologiassa on kyse jonkin olemassaolevan asianlaidan parantamisesta, tieteen soveltamisesta käytäntöön. Teknologiankasvatuksessa keskeisenä työtapana on ongelmanratkaisu. Eri tutkimus- ja kokeiluraporttien perusteella olen hahmottanut kolme ongelmanratkaisuun kytkeytyvää teknologiakasvatuksen työtapaa. Nämä ovat mallintava menetelmä, ongelmanratkaisu ja vapaa kokeilu.

Mallintavassa menetelmässä tarkoituksena on tutustuttaa oppilaat teknologiaan jonkin tietyn ennalta valitun prosessin kautta, josta tehdään toimiva malli. Oppilaat käyvät tutustumassa prosessin toimintaan sen omassa ympäristössä ja tekevät sen rakenteesta ja toiminnasta muistiinpanoja. Koulussa oppilaat suunnittelevat prosessista mallin ja toteuttavat sen käytössä olevin materiaalein, jolloin he joutuvat pohtimaan prosessin toimintaa ja eri osien suhdetta toisiinsa. Esimerkkejä prosessista ovat vaikkapa makeisautomaatti tai juomaveden puhdistus.

Kajaanin normaalikoulun HAITEK-projektissa oppilaat työskentelivät mallintavan työtavan mukaisesti. Ensin harjoiteltiin Lego TC Logo -järjestelmän käyttöä, jonka jälkeen tehtiin teollisuusvierailu. Koululla vierailukohteissa tarkastellut laitteet mallinnettiin. (Santakallio 1994b) Myös Harlen (1987) mainitsee, että teollisuusvierailua tehostaa jälkeensä rakennettu malli vierailusta paikasta, joka auttaa oppilaita hahmottamaan toiminnan kokonaisuuden.

Ongelmanratkaisu -työtavassa lähtökohtana on todellinen tai kuviteltu ongelma esimerkiksi oppilaiden lähiympäristössä. Martin (1994, 72-73) käyttää "ongelman" sijaan termejä "tilanne" (situations) tai "suunnittelualue" (design spaces). Ongelmanratkaisu -työtavassa tehtävänä on suunnitella ja rakentaa sellaisen laitteen toimiva pienoismalli, joka parantaa tilannetta teknologian keinoin. Työtapa kuvaa teknologista suunnitteluprosessia todellisimmillaan. Rakentelun päätteeksi voidaan tutustua tarkoitukseen "oikeasti" tehtyihin keksintöihin (Violino 1987). Työtapa on tyypillinen luovan ongelmanratkaisun sovellus, jossa annetaan alkutilanne, muttei suunnata ratkaisua varsinaisella kysymyksellä.

Vapaan kokeilun ajatuksena on antaa oppilaiden aloittaa rakentaminen mielensä mukaan. Opettajan tehtävänä on seurata oppilaiden rakennelmien kehitystä ja havaita niissä piilevät oppimisen kannalta hedelmälliset mahdollisuudet. Huomattuaan mahdollisuuksia asettamiensa tavoitteiden suuntaiselle työskentelylle opettajan tulisi kannustaa oppilaita tähän suuntaan. Opettaja voi pitää lyhyitä opetustuokioita liittyen erilaisiin ilmiöihin. Tarvittaessa vapaata kokeilua voi myös suunnata haluttuihin aihepiireihin reunaehdoin, jolloin työtapa vähitellen ehtojen lisääntyessä alkaa muistuttaa ongelmanratkaisua.

Korostettakoon, että tässä kuvaillut työtavat ovat mahdollisia sekä perinteisillä että moderneilla opetusvälineillä. Esimerkiksi sähkösaunaa kuvaava toimiva pienoismalli voidaan tehdä käyttäen rakenteissa pahvia tai puuta ja termostaatissa perinteisiä elektroniikan komponentteja. Valmistaminen on kuitenkin työläämpää verrattuna rakennussarjoihin (esim. Fischer, Lasy, Lego, Mec-

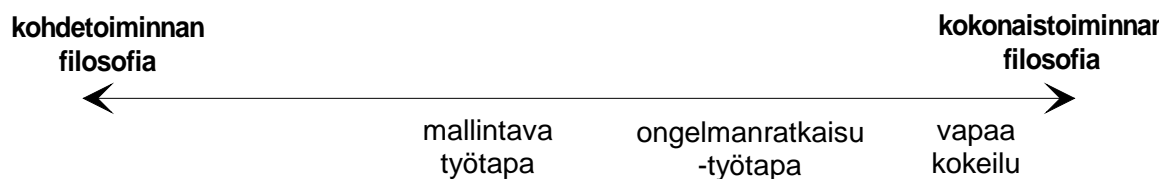
cano), joten aikaa kuluu teknologian oppimisen sijaan käsityön taitojen kehittämiseen. Tämä on tietysti perusteltua, jos tarkoituksena on kahden eri aihealueen integrointi. On vain huolehdittava siitä, että myös teknologiakasvatuksen tavoitteiden mukaiseen toimintaan riittää aikaa.

Mikäli työtapana käytetään vapaata kokeilua, korostuu rakennussarjojen hyöty mallin toteutuksessa. Kokeiluissa tarvittavat muutokset sujuvat rakennussarjoissa nopeasti, kun taas perinteisiä menetelmiä käyttäen joudutaan valmistamaan uusia osia, jolloin aikaa kuluu muuhun kuin varsinaiseen teknologian oppimiseen. Moderneja apuvälineitä käyttäen mallien valmistaminen on mahdollista ilman varsinaisia käsityötaitojakin.

Erilaiset automaatioon perustuvat säätö- ja ohjausjärjestelmät (esim. Empirica Control ja Lego TC Logo) mahdollistavat toimivan sähköisen rakenteen toteuttamisen ilman perinteistä aikaavievää elektroniikan komponenttitason suunnittelua ja toteutusta. Samoin kuin rakenteellisen mallin toteutuksessa, on uusien apuvälineiden avulla toimivien säätö- ja ohjausjärjestelmämallien rakentaminen mahdollista ilman elektroniikan erityistuntemusta.

Työtapojen taustalla voidaan nähdä Peltosen (1988, 14-26) esittämät käsityön työskentelymallit, prosessikeskeisen kokonaiskäsityön ja produktikeskeisen kohdekäsityön, jotka Autio (1992) on asettanut omaan teknisen työn opetuksen nykysuuntauksia esittävän kuvionsa pysty akselin ääripäiksi. Peltosen (1988, 14-26) mukaan taustalla ovat ympäristöön kokonaisvaltaisesti suhtautuva kokonaistoiminnan ja päämääräsuuntautunut kohdetoiminnan filosofia.

Edellä esitettyjä kolmea työtapaa tarkasteltaessa voidaan havaita, ettei yksikään niistä perustu Peltosen (1988) määrittelemään kohdetoiminnan filosofiaan, sillä kaikissa työtavoissa on taustalla ongelmanratkaisu, jolle on luonteenomaista kokonaistoiminnan filosofian epätietoisuus lopputuloksesta (Peltonen 1988, 19). Sensijaan työtapojen keskinäinen järjestys voidaan määrittellä Aution (1992) kohde- ja kokonaiskäsityön akselille käyttäen Peltosen (1988, 14-16) laajempia kohde- ja kokonaistoiminnan filosofian käsitteitä (ks. kuvio 6).



Kuvio 6. Teknologiakasvatuksen työtapojen asettuminen Aution (1992) kohde- ja kokonaiskäsityön akselille. Kohde- ja kokonaiskäsityön käsitteet on korvattu laajemmilla kohde- ja kokonaistoiminnan filosofian käsitteillä (Peltonen 1988, 14-26).

2.7. Onko teknologiasta oppiaineeksi?

Teknologian ja teknologiakasvatuksen sovittaminen peruskoulun opetussuunnitelmaan on selvästi monimutkainen tehtävä johtuen teknologian integratiivisesta luonteesta. Kansainvälisesti tarkasteltuna teknologiaa opetetaan sekä yhdistettynä muihin aineisiin että omana aineenaan (ks. 2.4.). Suomessa teknologia haluttaisiin liittää käsityöhön ja siinä nimenomaan tekniseen työhön (esim. Kankare 1997, 13; Parikka 1998, 127-128; Alamäki 1997).

Nykyinen peruskoulun opetussuunnitelma on jakautunut perinteisten tieteenalojen mukaiseen järjestykseen. Poikkeuksia ovat tiedeperinteen ulkopuolelta tulleet taide- ja taitoaineet, erityisesti kotitalous. Sopiakseen opetussuunnitelmaan tulisi teknologialla olla jotain aidosti omaa, uutta tarjottavaa kokonaisuuteen.

Koska teknologian olemus on integroiva, ei sillä ole selkeää sisällöllistä tietopohjaa. Layton (1994) onkin peräänkuuluttanut teknologian eri suuntausten välisen yhteisen perustan kartoittamista eli alan peruskäsitteiden etsintää. Tällaisen pohjan löytyminen helpottaisi oman oppiaineen perustamista, mutta universaalia teknologiakäsitteistöä ei ole vielä esitetty.

Esitetyt mallit, etenkin teknologian prosessimalli (ks. 2.1.3.) ja Parikan teknologian määrittelyn kuutiomalli (ks. 2.1.2.), korostavat teknologian ja ongelmanratkaisun läheistä suhdetta. Myös Layton (1994) arvelee, että teknologian peruskäsitteet löytyisivät juuri ongelmanratkaisusta. Näin varmasti onkin, mutta ongelmanratkaisun nostaminen teknologiakasvatuksen ja olemassaolevien oppiaineiden väliseksi erottavaksi tekijäksi ei ole mielekäs ratkaisu, sillä ongelmanratkaisua ja luovien prosessien merkitystä korostetaan lähes kaikissa peruskoulun oppiaineissa (ks. 2.1.2.). Jos ongelmanratkaisu ja suunnittelu ovat teknologian keskeinen "oma alue", olisi parempi puhua suunnittelun opettamisesta, jolle teknologia olisi vain yksi resurssialue muiden rinnalla (Roberts 1994).

Teknologiakasvatuksen eräänä oikeutuksena on nähty myös teknologiaan liittyvien konkreettisten selviytymistaitojen opettaminen. Mikäli teknologian opettaminen jää polkupyörän huoltamiseen ja sulakkeen vaihtamiseen, voitaisiin ainetta nimittää paremminkin tekniseksi kansalaistaidoksi kuin teknologiakasvatukseksi.

Käytännönläheinen ja ongelmalähtöinen teknologiakasvatus voisi tuoda tullessaan uusia näkökulmia teoreettiseksi väitettyyn luonnontieteen opetukseen. Tuntuu kuitenkin oudolta ratkaisulta tuoda opetussuunnitelmaan uusi oppiaine huolehtimaan muutamien aineiden käytännön soveltamisesta. Sensijaan lähtökohtana tulisi olla näiden aineiden sisällöllinen kehittäminen.

Tämän tarkastelun perusteella näyttäisi siltä, että integroivan luonteensa vuoksi teknologiakasvatuksen onnistunut istuttaminen nykyiseen peruskoulun ainejakoiseen opetussuunnitelmaan täysin omana oppiaineenaan olisi melko ongelmallista. Käytännössä olisi tietenkin mahdollista luoda keskusaine, jonka luonne olisi voimakkaasti integroiva. Edellä mainittiin, että tällaiseksi on

ehdotettu teknistä työtä. Kananojan (1994, 48) mukaan nykyinen tekninen työ kattaa jo nyt teknologiakasvatuksen.

Teknisen työn edelleenkehittäminen teknologiakasvatukseksi sisältää useita avoimia kysymyksiä: Mitä tapahtuisi perinteiselle käsityölle? Miten hyvin uusi aine saisi karistettua vanhan "poikien käsityön" viitan ja otettua uuden nykyistä tasa-arvoisemman imagon? Pystyisivätkö nykyisen teknisen työn opettajat yksin vastaamaan uuden aineen vaatimasta suuresta luonnon- ja yhteiskuntatieteiden osuudesta?

Toivottavaa olisi, että teknologiakasvatuksen järjestäminen käynnistäisi laajemmankin opetus-suunnitelmakeskustelun. Muuten uudistus saattaisi vesittyä pelkäksi teknisen työn nimen muutokseksi, jolloin kadotettaisiin teknologian olemus luontevasti koulua eheyttävänä kokonaisuutena ja jokaiselle kansalaiselle kuuluvana yleissivistyksen perustana.

3. Avoin oppimisympäristö luovan ongelmanratkaisun näyttämönä

Tässä luvussa käsitellään luovuutta ja ongelma-keskeistä työskentelyä, johon edellisessä esitellyt teknologiakasvatuksen työtavat viittaavat. Koulun työskentely-ympäristö voidaan suunnitella tukemaan ongelma-keskeistä työtapaa. Tätä kutsutaan avoimeksi oppimisympäristöksi. Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia ovat ne vaatimukset, joita avoin oppimisympäristö asettaa sen yksittäisille osille, esimerkiksi tietokonejärjestelmälle.

3.1. Luova ongelmanratkaisu

Luoviksi henkilöiksi nimitetään sellaisia, jotka pystyvät pitkään tuottamaan jotain omaperäistä (ajatuksia tai esineitä), jolla on vaikutusta useisiin ihmisiin (Albert 1975). Gilhoolyn (1996, 213) mukaan luovan tuotteen tunnusmerkkeinä ovat käyttökelpoisuus ja uutuusarvo, jonka arvioiminen ei ole yksiselitteistä. Stein (1974, 34) toteaa, että uutuus syntyy aikaisemmin tunnettujen materiaalien tai tiedon yhdistämisestä. Siten toiset uudet tuotteet muistuttavat aikaisempia enemmän ja toiset vähemmän (Gilhooly 1996, 213).

Stein (1974, 16) korostaa eroa ongelmanratkaisuprosessin ja luovan prosessin välillä. Ero on hänen mukaansa siinä, että jälkimmäisessä "hyppäykset" ovat suurempia kuin edellisessä. Luovan prosessin tulosten uutuusarvo on suurempi kuin ongelmanratkaisun. Gilhoolyn (1996, 214) mukaan luovat prosessit eivät eroa mitenkään muista ajatteluprosesseista. Ne koostuvat lyhyistä askeleista ja ajatukset "jumalallisista kipinöistä" olisi syytä unohtaa.

Koulumaailmassa luovuus ja ongelmanratkaisu on käsitteellisesti yhdistetty luovaksi ongelmanratkaisuksi. Esimerkiksi Virkkalan (1988, 10) mukaan luova ongelmanratkaisu tarkoittaa tiedon yhdistelyä toimiviksi kokonaisuudeksi vanhastaan tunnettuja tosiasioita yhdistelemällä siten, että tulos on ratkaisijalleen uusi. Sahlbergin ym. (1993, 26-27) mukaan luovuus ongelmanratkaisussa tarkoittaa erilaisten luovuuteen perustuvien menetelmien käyttöä.

Gilhooly (1996) on jakanut erilaiset ongelmat dikotomioihin kolmen eri perusteen mukaan (ks. taulukko 3). Usein käytetty käsite "avoin ongelma" voidaan määritellä puutteellisesti määritellyksi (lopputilanne ja keinot jätetään avoimeksi) paljon ennakkotietoja (tietoa voidaan hankkia lisää) sisältäväksi ongelmaksi. Vastaavasti "suljettu ongelma" on hyvin määritelty, mutta taustatietoja voi olla ongelman luonteesta riippuen vähän tai paljon. Vastaavasti näiden ongelmien ratkaisu on joko avointa tai suljettua ongelmanratkaisua.

Taulukko 3. Ongelmien luokittelua. (Gilhooly 1996, 3-4, 14)

ongelman määrittely	hyvin määritelty (well defined) Lähtötilanne, tavoite ja keinot on selkeästi määritelty. <i>"Siirrä levyt numerojärjestykseen nostamatta niitä pelialustalta."</i>	puutteellisesti määritelty (ill defined) Jonkin osan määrittely puuttuu. <i>"Rakenna levyistä torni."</i>
vastustajan olemassaolo	on (adversary) Vastustajan reaktiot on otettava huomioon. <i>Lautapelit, esim. shakki.</i>	ei ole (non-adversary) Vastustajaa ei ole. <i>Esim. matemaattiset ongelmat.</i>
taustatietojen määrä	tietoja paljon (semantically rich) Ongelmanratkaisijalla on käytettä- vissään ratkaisua auttavaa tietoa. <i>Lääkäri tulkitsemassa röntgenkuvia.</i>	tietoja vähän (semantically impoverished) Ongelmanratkaisijalla ei ole käytettä- vissään ratkaisua auttavaa tietoa. <i>Keinotekoiset arvoitukset.</i>

Aikaisemmin ongelmanratkaisutaitoa pyrittiin kehittämään laatimalla puhtaita, sisältöalueista riippumattomia ongelmanratkaisumenetelmiä. Vähitellen kuitenkin huomattiin, että yhteistä hyvälle ongelmanratkaisijoille oli tiedon jäsentyneisyys, kyse ei siis ollutkaan taidosta valita oikea ongelmanratkaisustrategia. (Glaser 1987, 84)

Hyviä ongelmanratkaisijoita kutsutaan eksperteiksi. Tärkein ekspertin ominaisuus on hyvin konstruoinut käyttökelpoisessa muodossa oleva tieto (Glaser 1987, 82). Toinen ero on annetun ongelman tulkinnassa. Gilhoolyn (1996, 81) sekä Swellerin, Mawerin ja Wardin (1983) mukaan ekspertti lähtee ratkaisemaan ongelmaa skeemansa avulla "etuperin" etenemällä lähtötiedoista kohti ratkaisua. Ekspertti kaivaa ongelmasta esiin sen aihepiirin ja siihen liittyvät yleiset periaatteet ja käsitteet. Näitä ei ole mainittu ongelmanasettelussa, vaan ne ekspertti löytää omista aikaisemmin omaksutuista tiedoistaan. Tästä johtuu se, että eksperttiys on sidoksissa ongelman aihepiiriin (Glaser 1984, 100; Gilhooly 1996, 93).

Noviisi tulkitsee ongelmanasettelua eksperttiä kaavamaisemmin. Swellerin, Mawerin ja Wardin (1983) mukaan noviisi ratkaisee ongelmaa "takaperin" lähtemällä liikkeelle halutusta vastauksesta käsin. Hän yrittää yhdistellä tehtävänannon sanoja ja omia tietojaan toisiinsa. Nämä eivät kuitenkaan johda ratkaisuun, koska ongelma-alueen yleiset periaatteet ja niiden hyödyntäminen jäävät löytymättä. Noviiin ongelmana on juuri jäsentymätön tieto, eivät niinkään puutteelliset prosessointikyvyt. (Glaser 1984, 99)

Sweller, Mawer ja Ward (1983) tutkivat eksperttiyden syntymistä antamalla koehenkilöille ratkaisuavuksi yksinkertaisia aikoja, matkaa ja nopeuteen liittyviä ongelmia. Tulokset osoittivat, että harjoittelu lisäsi koehenkilöiden eksperttiyttä. Ensimmäisiä ongelmia koehenkilöt laskivat "takaperoisesti", mutta harjoittelun jälkeen ekspertille tyypillinen "etuperoinen" lähestymistapa oli yleistynyt.

Sweller, Mawer ja Ward (1983) arvelivat, että mikäli tarkka kysymys poistettaisiin, olisi koehenkilöiden mahdollonta käyttää takaperoista lähestymistapaa. Jatkokokeissa koe- ja kontrolliryhmälle esitettiin samat lähtötiedot, mutta vain kontrolliryhmälle esitettiin tarkka kysymys. Koeryhmää pyydettiin laskemaan annetuista tiedoista mahdollisimman monia tilanteeseen liittyviä suureita (avoin ongelmanratkaisutilanne). Ryhmän saamien tulosten mukaan eksperttiyden kehittyminen oli nopeampaa koeryhmällä (avoimet ongelmat) kuin kontrolliryhmällä. Gilhooly (1996, 95) kysyy aiheellisesti, kuinka laajasti tutkimusryhmän matemaattisten ongelmien ratkaisemiseen liittyvät tulokset ovat yleistettävissä muille ongelmanratkaisun alueille. Lisätutkimuksia kaivattaisiin.

Edellisistä poikkeavan näkökulman tarjoaa Martin (1994). Hänen tutkimassaan kurssissa opiskelijat rakensivat robotteja, joiden tehtävänä oli kilpailla toisiaan vastaan tietyin säännöin. Koska erilaisia ratkaisustrategioita oli useita, muistutti tilanne "paperi, kivi ja sakset" -leikkiä. Paperi voittaa kiven käärimällä sen, kivi sakset tylsyttämällä sen ja sakset paperin leikkaamalla sen kahtia. Yksiselitteistä voittajaa ei ole, koska erilaisia ominaisuuksia on lukematon määrä. (Martin 1994, 72-74) Avointen ongelmien antaminen johdattaakin oppilaat analysoimaan toistensa suorituksia pelkkää paremmuusjärjestystä syvällisemmin.

3.2. Oppimisympäristö

Oppimisympäristön käsite (engl. learning environment) on tullut muotisanaksi kuvaamaan kaikkea mahdollista koulun työympäristöön ja työskentelyyn liittyvää (ks. Aittola 1996). Kurjanen ym. (1995, 31) näkevät oppimisympäristön ennenkaikkea fyysisenä tilana, joka voi luokan lisäksi olla teollisuuslaitos tai muu koulun ulkopuolinen paikka. Vuonna 1994 annetut peruskoulun opetussuunnitelman perusteet korostavat oppimisympäristöjen sosiaalista vuorovaikutusta sekä oppijan ja opittavan kohteen välistä suhdetta (POPS 1994, 10). Myös Esiopetuksen opetussuunnitelman perusteet (EOPS 1996) liittää oppimisympäristöön pedagogiikan. Oppimisympäristö on siis enemmän kuin fyysinen tila, jossa oppimista tapahtuu.

Oppimisympäristö on käyttökelpoinen käsite tarkasteltaessa koulua oppilaan näkökulmasta, jolloin tietojen ja taitojen oppimisen lisäksi myös affektioilla on olennainen osa. Opetuksen suunnittelijat, kuten virkamiehet ja opettajat, näkevät oppimisympäristön fyysisen tilan ja sovelletun didaktiikan yhdistelmänä.

Englanninkielisen "learning environment" käsitteen oikeasta suomenkielisestä käännöksestä on keskusteltu jonkin verran. Tellan (1998a) ja Mononen-Aaltosen (1998) mukaan suomenkieliseksi käsitteiksi sopisivat sekä "oppimisympäristö" että "opiskeluympäristö".

"Opiskeluympäristö" -käännöstä tukevat lukuisat seikat. Sanan "opiskelu" merkitys viittaa strukturoidumpaan ja määrätietoisempaan toimintaan kuin sanan "oppiminen". Siten laadukkaana ja tehokkaana oppimisen tueksi rakennettu ympäristö olisi pikemminkin nimenomaan opiskeluympäristö. "Opiskelu" kuvaa myös konkreettista toimintaa, jota koulussa tapahtuu. "Oppiminen" viittaa edellistä vahvemmin oppilaan kognitiivisiin muutoksiin, joita tuolla toiminnalla tavoitellaan.

"Oppimisympäristö" on jo sanana vakiintunut (esim. POPS 1994, 10; EOPS 1996), vaikka sen käsitteisällöstä onkin epäselvyyttä. Kun tutkijayhteisön tavoitteena tulisi olla tutkimuksen ja käytännön työn tekijöiden välisen tiedonvaihdon ja yhteistyön syventäminen, saattaisi uuden sanan - vaikkakin täsmällisemmän - käyttöönotto korostaa juopaa käytännön ja teorian välillä. "Oppiminen" on kattaa myös ei-intentionaalisen toiminnan ja korostaa tapahtuman kognitiivista puolta, toisin kuin "opiskelu". "Oppimisympäristö" -käännöksen suosio kuvanee enemmänkin voimakasta pyrkimystä irtautua aikaisemmasta tietävä opettaja - tietämätön oppilas -asetelmasta kohti itseohjautuvaa oppijaa ja hänen työtään tukevaa opettajaa.

Mononen-Aaltonen (1998) jakaa oppimisympäristöjen määritelmät kolmeen ryhmään: ekosysteemeihin, tilametaforiin ja virtuaalisiin ympäristöihin. Ensimmäinen ryhmä edustaa perinteistä systeemiteoreettista ajattelua, jossa prosessi johtaa tietystä lähtötilanteesta tiettyyn lopputilanteeseen. Ongelmana tässä näkökulmassa on se, että lähtötilanteen täydellinen määrittely on vaikeaa muuttujien suuren lukumäärän vuoksi. Toinen ryhmä koostuu erilaisista tilametaforista, joihin tässä tutkimuksessa käytetty LT-mallikin (ks. 3.2.1.) kuuluu. Kolmanteen ryhmään kuuluvat oppimisympäristön virtuaalista luonnetta kuvaavat määritelmät. (Mononen-Aaltonen 1998, 170-185)

Edellä esiteltyjen määritelmien rinnalle Mononen-Aaltonen (1998, 185) esittää omaa näkökulmaansa, joka käsittää oppimisympäristön dialogiksi (ks. myös Tella & Mononen-Aaltonen 1998). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan (ks. 5.3.) tämä onkin oleellinen edellytys oppimiselle, mutta se johdattaa kysymään mikä onkaan näin määritellyn oppimisympäristön ja konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaisen oppimistapahtuman ero? Tella (1998b, 21) sivuten kysymyksen voisi vastata toteamalla, että oppimisympäristö on pikemminkin laadukasta oppimista kuvaava ideaali kuin mikään yksiselitteinen opetusmenetelmä.

3.2.1. Avoin oppimisympäristö

Jos oppimisympäristö nähdään keinoksi käsittää oppimistilannetta oppijan näkökulmasta, halutaan "avoin oppimisympäristö" -sanaparilla määritellä oppimisympäristön luonne. Aikaisemmin, etenkin 1980-luvulla, avoimen oppimisympäristön käsite on liitetty nimenomaan tietokoneavusteiseen opetukseen. Esimerkiksi Rantasen ym. (1986, 133) mukaan avoimuus oppimisympäristössä tarkoittaa sitä, että käyttäjä voi itse päättää, mihin ohjelmaa käyttää. Myös 1990-luvulla oppimisympäristöt on kytketty tieto- ja viestintäteknologian kehitykseen, joka on synnyttänyt tarpeen muuttaa opetuskäytäntöjä (esim. Mononen-Aaltonen 1998, 179; Sariola 1998, 25).

Enkenbergin (1989, 50) määritelmässä todetaan, ettei tietokoneen olemassaolo synnytä tai ehkäise oppimisympäristön olemassaoloa. Hän määrittelee avoimen oppimisympäristön seuraavasti:

"Avoin oppimisympäristö voidaan määritellä eräänlaisena resurssina, jota käyttäen oppilas voi kokeilla ja tutkia lähestyä opittavaa asiaa. Resurssi mahdollistaa usein myös oppilaan oppimistyylin mukaisen lähestymistavan. Avoin oppimisympäristö ei tarvitse välttämättä tietokonetta."

Meisalo (1989; 1994) on konkretisoinut avointa oppimisympäristöä Crossleyn ja Greenin (1985) opetusohjelmien suunnittelun avuksi laaditun ns. torimallin pohjalta. Crossley ja Green esittävät, että opetusohjelmat tulisi ketjumaisen etenemisen sijaan suunnitella herättämään ja tukemaan oppilaiden omaa kokeilunhalua. Torin eri kojut mahdollistaisivat ilmiöön liittyvien parametrien muuttamisen. Esimerkiksi valon taittumista kuvaavassa simulaatiossa kojuista voitaisiin muuttaa valon väriä, valonlähteen etäisyyttä, linssin muotoa jne. Torin "keskusaukio" olisi avainruutu, jossa varsinainen oppiminen tapahtuisi. Esimerkkitapauksessa avainruutu esittäisi valonsäteiden käyttäytymisen eri tilanteissa. (Crossley & Green 1985)

Meisalon (1989; 1994) laajennettu torimalli (LT-malli) kuvaa avoimen oppimisympäristön toriksi, joka sisältää erilaisia ongelmanratkaisua tukevia toimintoja: oppi- ja käsikirjoja, laboratorion ja työpajan. Käytössä on myös tietokone, jossa tarjolla on tietokantoja ja tietoliikenneyhteyksiä. Oppilaat liikkuvat torilla ratkaisemassa ongelmia ja valmistamassa laajoja projektitöitä ollen vapaamuotoisessa vuorovaikutuksessa samoissa tiloissa työskentelevien muiden oppilaiden kanssa. Opettajan rooli on konsultin ja resurssihenkilön. Räsänen (1993, 59) määrittely avoimesta oppimisympäristöstä sopii täsmentämään työskentelyn luonnetta LT-mallissa. Hänen mukaansa avoin oppimisympäristö tarjoaa opettajalle ja oppilaille mahdollisuuden asettaa ja ratkaista luonteeltaan avoimia ongelmia, joissa oikeaa ratkaisua ei ole tai niitä on runsaasti.

Tässä tutkimuksessa käytetään sanaparia "avoin oppimisympäristö" kuvaamaan LT-mallin mukaista oppimisympäristöä ja työskentelyä siinä.

3.2.2. Lapsikeskeisyys avoimen oppimisympäristön takana

Kuten edellä todettiin, ovat tieto- ja viestintäteknologian parissa työskennelleet tutkijat yhdistäneet uudet apuvälineet ja (avoimen) oppimisympäristön toisiinsa siten, että uusi tieto- ja viestintäteknologia on käynnistänyt muutoksen perinteisestä opettajakeskeisestä opetuksesta kohti oppimisympäristöajattelua. Tämä on kuitenkin liiaksi yksinkertaistettu väite. Muutoksen taustalla ovat tiedon määrän kasvu, yleinen työn kuvan muuttuminen ja kognitiivisen psykologian vankentunut asema.

1900-luvulla vankentunut näkemys, jonka mukaan tieteeseen sijoittaminen sekä parantaa yksittäisten ihmisten että kansakuntien asemaa on synnyttänyt yhä paisuvan tietovaraston. Lisääntyvä tiedonvälitys ja markkinointi ovat nostaneet suomalaisten päivittäin vastaanottamien

viestien määrää suuresti. Myös tieteen ja yhteiskunnan välinen suhde on muuttunut. Kun aikaisemmin tiede koettiin maallikkojen keskuudessa kokoelmaksi totuuksia, on julkisuudessa käytävä tieteellinen keskustelu esimerkiksi geeniruoan tai käsipuhelimien terveyshaitoista havahduttanut tavalliset kansalaiset huomaamaan, ettei totuutta välttämättä olekaan tai ainakaan sitä ei tunneta.

Koulumaailmassa tiedon ja viestinnän kasvu oli eräs syy vuoden 1994 opetussuunnitelmauudistukselle:

"Tiedon määrä kasvaa nopeasti, joten sen hallitseminen koulun perinteisin keinoin on vaikeaa. Oleellista on, millä perustein opiskeltavien asioiden sisällöt valitaan, jotta opiskelu edistäisi jäsenyneen tietorakenteen kehittymistä." (POPS 1994, 10)

Tietojen oppimisen sijaan puhutaan yhä useammin henkilökohtaisista taidoista, kuten tiedonhankinnan taidoista tai lähdekritiikistä.

On totta, että myös tietotekniikka on vaikuttanut yhteiskunnan muutokseen. Tietokoneet ja niiden ohjaamat laitteet ovat muuttaneet teollisuutta ja työelämää, sillä yhä suurempi osa rutiinitehtävistä (esim. auton korin hitsaaminen ja yrityksen laskutus) on pystytty siirtämään koneiden hoidettavaksi. Ihmisen tehtäväksi on jäänyt sellaisten tehtävien hoitaminen, joihin kone ei pysty. Tällaisia ovat erityisesti kaikki aloitteellisuutta ja luovuutta vaativat tehtävät.

Kolmas kouluun vaikuttava tekijä on kognitiivisen psykologian esiinmarssi. Kognitiivisen psykologian mukaan tietoa ei voidakaan enää siirtää sellaisenaan pieniksi paloiksi pilkottuna, vaan oppiminen on yksilöllinen oppijan aikaisempiin tietorakenteisiin sidottu tapahtuma (ks. 5.3.). Tällöin on selvää, että perinteinen opettajajohtoinen opetus on vaikeuksissa, koska sen mahdollisuudet mukautua kaikkien oppilaiden omaan, henkilökohtaiseen kognitioon on mahdotonta. Oppimisesta on tehtävä aikaisempaa henkilökohtaisempaa.

Edellämainitut syyt ovat johtaneet lisääntyvään kiinnostukseen lapsikeskeisiä työskentelytapoja kohtaan (Hytönen 1992, 9). Lapsikeskeisen kasvatuksen keskeisenä teemana on tukea ja kannustaa lasta itsenäiseen kasvuun ja oman persoonan löytämiseen. Alun perin 1762 julkaistussa teoksessaan lapsikeskeisen kasvatuksen oppi-isä Jean-Jacques Rousseau toteaa, että ihminen tulee kasvattaa hänen luontonsa mukaan, muutoin sopusointu on mahdoton (Rousseau 1933, 15).

Bruhn (1973, 22) erottaa 1900-luvun alun lapsikeskeisestä kasvatuksesta kolme suuntausta: aktiivisuuspedagoginen (lapsen aktiivista ja toiminnallista roolia korostava), vapauspedagoginen (lapsen itsemääräämisoikeutta korostava) ja sosiaalipedagoginen (sosiaalista ja yhteisöllistä kasvua korostava). Suuntausten sijaan voitaisiin puhua pikemminkin painotuksista, joita eri uudistajat sisällyttivät ajatuksiinsa.

Sekä taitojen korostaminen tietojen sijaan, tarve kehittää lapsen luovuutta että kognitiivisen oppimispsykologian asettamat vaatimukset ovat yhteneviä sekä aktiivisuus- että vapauspedagogisen painotuksen kanssa. Ei olekaan yllätys, että esim. edellä esitellyllä LT-mallilla on runsaasti

yhteistä myös John Deweyn (1956b, 79-90) kuvaileman oppimisympäristön kanssa, jossa oppilaiden käytössä on kirjasto sekä erilaisia työpajoja ja laboratorioita. Myös Helen Parkhurstin Dalton-suunnitelmassa ja Carleton Washburnen Winnetka-suunnitelmassa on yhtäläisiä piirteitä LT-mallin kanssa (Bruhn 1973, 134-137, 140-151). Tarve kehittää ihmisen luovuutta saattaa nostaa tulevaisuudessa myös vuosisadan alun taidepedagogiset suuntaukset (Bruhn 1973, 217-222) uuteen kukoistukseen.

Kokonaisuudessaan näyttäisi siltä, että lapsikeskeisellä kasvatuksella olisi hyvin paljon annettavaa oppimisympäristöjen kehittäjille. Perinteisesti lapsikeskeinen ajattelu on yhdistetty varhaiskasvatukseen ja alkuopetukseen, vaikka keskeisellä sijalla on ideaali itseohjautuvasta ja tukea tarvitsevästä oppijasta, aivan kuten avoimessa oppimisympäristössäkin. Tämän päivän koulunuudistajien olisi syytä ottaa "lusikka kauniiseen käteen" ja hyödyntää sata vuotta sitten samaa sarkaa kyntäneiden kollegoidensa ajatuksia ja kokemuksia.

3.3. Tietokone oppimisympäristön osana

Ensimmäinen tietokone valmistui vuonna 1946 Yhdysvalloissa (Meisalo & Tella, 1988). Tietokoneen keksimisen jälkeen kului runsas vuosikymmen, ennenkuin ensimmäiset vakavat yritykset sen koulukäytöstä käynnistyivät. Tietokoneet olivat valtavan kalliita ja suurikokoisia.

Aluksi tietokonetta käytettiin kouluissa siihen, mihin 1950-luvun mekaanisia opetuskoneitakin: yksinkertaisten osasuoritusten harjoittamiseen. Englantia puhuvissa maissa tätä kutsuttiin termillä "computer-assisted instruction", joka Suomessa käännettiin tietokoneavusteiseksi opetuksi (TAO).

Tella (1994, 49) ehdottaa, että tietokoneen käyttöön perustuvaa opetusta (computer-assisted education/instruction/learning) tulisi kutsua tietokoneperusteiseksi opetuksi, joka jakautuisi tietokoneavusteiseen (computer-assisted) ja tietokoneohjattuun (computer-managed) opetukseen. "Tietokoneperustainen opetus" kuvaisi käsitettä varmasti TAO:a paremmin. Ehdotuksen arvioimista haittaa se, että Tella (1994, 49-51) on jättänyt "tietokoneohjatun opetuksen" tarkemmin määrittelemättä. Kaikenkaikkiaan ehdotus on esitetty liian myöhään, mikä on kovin tyypillistä tietokoneisiin liittyvän terminologian kohdalla. Sittemmin historia on osoittanut, että tietokoneavusteinen opetus -termi on jäänyt elämään tarkoittaessa ohjelmia, joilla pyritään opettamaan tai harjoittelemaan jonkin tietyn asian hallintaa.

Papertin (1993) mukaan 1960-luvulla tietokoneiden koulukäytön kehittämisessä oli kaksi päälinjaa: TAO ja Basic-ohjelmointikieli. TAO:ssa oppilas oli passiivinen vastaanottaja ja Basicissa hän ensin ohjelmoi tietokoneen, joka sitten auttoi häntä oppimaan. Lähestymistavat olivat samansuuntaisia sikäli, että ne näkivät oppimisen pelkäksi tietojen hankinnaksi ja varastoinniksi. (Papert 1993, 163)

Papertin näkemys TAO:n ja Basicin samankaltaisuudesta on hätköity. Basic tarjoaa muiden ohjelmointikielten tavoin mahdollisuudet hyvin erilaisiin sovelluksiin. Väitteellään Papert kuvanee

enemminkin 1960-luvulla vallinnutta käsitystä, jonka mukaan tietokoneen opetuskäyttö saattoi olla vain ja ainoastaan behavioristista ohjelmoitua opetusta ja oppiminen yleensäkin vain tarkasti paloitetujen osien rutiininomaista harjoittelua.

Koulujen mahdollisuudet tietotekniikan hyödyntämiseen muuttuivat oleellisesti 1970-luvulla integroidun piirin keksimisen jälkeen. Alettiin puhua mikrotietokoneista, sillä mikroprosessorin keksiminen pienensi koneiden kokoa rajusti. Myös hinnat laskivat. Heppell (1995), kuten jo aiemmin Meisalo (1989), erottaa tietokoneen koulukäytössä kolme vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa tietokone itsessään oli opiskelun kohde. Esimerkkinä Heppell kertoo, että Iso-Britanniassa myytiin 1980-luvun alussa kouluissa käytettävien mikrojen muovikuoria, jotta oppilaat voisivat tutustua näppäimistöön.

Toisessa vaiheessa alettiin koulujen mikroiin hankkia opetusta varten laadittuja erityisiä opetusohjelmia. Niitä käytettiin sellaisten sisältöjen opettamiseen, joissa arveltiin näytön interaktiivisuudesta olevan hyötyä. Tietokoneesta toivottiin apua vaikeiden asioiden opettamiseen. Oppimisen kannalta muutos ei ollut suuri, sillä kone korvasi opettajaa perinteisessä mielessä demonstroijana ja kyselijänä. (Heppell 1995) Behavioristisen oppimisenäkemyksen mukaiset opetusohjelmat olivat joko toistoon perustuvia harjoitusohjelmia tai rakenteeltaan haarautuvia, eli ne reagoivat oppilaan antamiin vastauksiin eri tavoin ja toteuttivat siten yksilöllistä opetusta (Sinnemäki 1998, 101). Häkkisen (1996, 128) nyt jo hiukan vanhentuneiden tulosten mukaan 39% opettajien käytöstä edusti toista vaihetta.

Kolmannessa vaiheessa käytetään normaaleja työkaluohjelmia, kuten tekstinkäsittely-, taulukkolaskenta-, piirros-, kuvankäsittely- ja taitto-ohjelmia. Usein ohjelmia käytetään pelkkien raporttien kirjoitukseen, sillä pedagogiseen käyttöön on tarjolla vähemmän tukea. Kuitenkin esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmien graafiset ominaisuudet voisivat olla tehokkaita apuvälineitä luonnontieteiden opetuksessa. Häkkisen (1996, 128) mukaan miltei puolet, 49%, opettajien opetuskäytöstä on työvälinekäyttöä.

Heppell uskoo työkalumaisen tietokoneiden käytön muuttavan työskentelyä ja erityisesti arviointia. Aikaisemmin arviointi annettiin seuraavaa suorituskertaa silmälläpitäen: "Kun menettelet näin ja näin, pääset parempaan tulokseen". Tietokoneella työskenneltäessä työn prosessiluonne vahvistuu, koska muokkaaminen on käsin työskentelyä helpompaa. Arvioinnin luonne muuttuu: "Muuta hiukan tätä ja siirrä tuo tuonne, niin rakenne on johdonmukaisempi". (Heppell 1995)

Meisalo (1989) ennustaa, ettei tietokoneiden koulukäytön kehitys tule pysähtymään työvälinekäyttöön. Hän toteaa: "- - työvälinekäytöstä ollaan siirtymässä laajempaan käsitteeseen, avoimeen moniviestinvälitteiseen oppimisympäristöön". Viime vuosina käytännön tasolle edenneet verkkopohjainen etäopetus ja Internetin muu koulukäyttö ovat jo antaneet esimakua tämän "neljännen vaiheen" mahdollisuuksista. Tietoverkot ovat mahdollistaneet erilaisten ryhmätyöohjelmien (esim. Computer Supported Cooperative Work, CSCW) käytön. Myös näiden käyttöä ja vaikutusta oppimisprosessiin on tutkittu (Oshima, Scardamalia & Bereiter 1996).

Toinen kasvava tietokoneiden käyttöalue on multimedian käyttö tietolähteenä perinteisten oppimateriaalien rinnalla. CD-ROM -pohjaisiin multimedioihin voidaan tallettaa tekstin ja kuvien lisäksi ääntä, animaatioita ja videoita. Www on lisännyt Internetin helppokäyttöisyyttä ja tiedon määrää, mutta heikko jäsenyisyys vähentää sen muutoin erinomaista käytettävyyttä. Uudet käyttäjäystävälliset ohjelmat (esim. Toolbook ja FrontPage) ovat laskeneet multimediatuotannon osaamisvaatimuksia, mikä on mahdollistanut multimedian tekemisen myös kouluissa.

Kahden edellisen, telemaattisten viestintävälineiden ja digitaalisen oppimateriaalin, yhdistelmää voisi kutsua virtuaalikouluksi. Tella, Kynäslähti ja Husu (1998) määrittelevät virtuaalikoulun nykyaikaiseen tieto- ja viestintäteknologian avulla luoduksi tietojärjestelmäksi, joka selviytyy suurimmasta osasta koulun tehtävistä ilman fyysistä koulurakennusta.

Lehtinen (1997) näkee, että tietokoneella on sijansa myös itse oppimisprosessin helpottajana. Hänen mukaansa sopivat tietokoneohjelmat voisivat olla apuna tunnistamassa virheellisiä ennakkokäsityksiä, jotka konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan ovat yleinen oppimisen este. Tunnistamisen lisäksi ohjelmat voisivat osoittaa ennakkokäsitykset virheellisiksi, jolloin oppija kokisi uuden tiedon syvällisen oppimisen tarpeelliseksi.

3.4. Avoimen oppimisympäristön tietokoneelle asettamat vaatimukset

Avoim oppimisympäristö asettaa kaikille sen osakomponenteille vaatimuksia, joista tärkein on soveltuvuus avoimeen ja luovaan ongelmanratkaisuun. Seuraavaksi esitetään avoimen oppimisympäristön tietokoneella toteutetuille osille kolme vaatimusta.

Meisalo ja Lavonen (1995, 46) jakavat tietotekniikan käytön opetuksessa kolmeen eri luokkaan (ks. taulukko 4). Heidän esittämäänsä taulukkoa ei pidä tulkita liian kategorisesti. Esimerkiksi työvälinekäytön ja ohjelmoinnin välinen ero on liukuva: jos ohjelma tehdään johonkin tarpeeseen, on kyseessä työvälinekäyttö, vaikka se sisältääkin ohjelmointia.

Meisalon ja Lavosen (1995) esittämä jako on varsin yhtenevä esim. Tellan (1994, 49-55) esittämän jaon kanssa. Eroakin löytyy, sillä Tella näkee ohjelmoinnin varsinaisen opetuskäytön ulkopuolella osana tietojenkäsittelytiedettä, kun taas Meisalo ja Lavonen sijoittavat sen lähemmäksi työvälinekäyttöä. Sinnemäki (1998, 113) onkin sijoittanut Logo-ohjelmointikielen nimenomaan työvälineohjelmien ryhmään. Ohjelmien kehitys on lähentänyt työvälineohjelmien ja ohjelmoinnin raja-aitaa. Suositut työvälineohjelmat (esim. Microsoftin Word ja Excel) ovat jo vuosia sisältäneet kehittyneitä komentokieliä, joiden avulla pystytään oppimaan ohjelmoinnin alkeet (Popyack & Herrmann 1995).

Tella (1994) korostaa Meisaloa ja Lavosta (1995) enemmän viestinnällistä käyttöä, joka muodostaa hänen luokittelussaan oman ryhmänsä "avoin, moniviestinvälitteinen oppimisympäristö".

Taulukko 4. Tietotekniikan käyttö opetuksessa Meisalon ja Lavosen (1995, 46) mukaan.

Tietokone opettajana (tietokoneavusteinen opetus)	Tietotekniikan työvälinekäyttö	Ohjelmointi ja oppimis- ympäristöt joissa ohjelmoidaan, robotiikka
esim: · drillit ja harjoitukset · opetusohjelmat · simulaatiot · animaatiot	esim: · tekstinkäsittelyohjelmat · kortisto-ohjelmat · taulukkolaskentaohjelmat · grafiikkaohjelmat · mittausohjelma · hyper- ja multimedia · telematiikka (käyttö viestintään)	esim: · eri ohjelmointikielet (Basic yms.) · graafiset ohjelmointiympäristöt · Empirica Control · Lego TC Logo

Avoimeen oppimisympäristöön soveltuvat tietotekniikan käyttömenetelmät painottuvat työvälinekäyttöön ja ohjelmointiin, sillä näitä menetelmiä voidaan käyttää hyväksi avoimessa ongelmanratkaisussa. Myös laajat animaatiot voivat olla ongelmanratkaisussa avuksi, mutta tällöin tavallisesti kyseessä on jo multim mediasovellus. Tämän lisäksi todentuntuiset simulaatiot, joissa rajoittavia tekijöitä on vähän, ovat käyttökelpoisia työkaluja avoimessa oppimisympäristössä.

Toinen vaatimus voitaisiin esittää laajennettua torimallia metaforana käyttäen. Avoimen oppimisympäristön torikojujen tulisi tukea toisiaan, toisin sanoen uuden torille tuotavan kojun pitäisi sekä paikata puute valikoimissa että sopia yhteen edellisten kojujen kanssa. Tietotekniikassa yhteensopivuus voisi tarkoittaa tietojen siirrettävyyttä eri ohjelmien kesken ja koulussa mahdollisuutta hyödyntää jo olemassaolevaa samaan aihepiiriin liittyvää välineistöä tai tietämystä. Tätä voisi kutsua tekniseksi sopivuudeksi. Laajemmin yhteensopivuus tarkoittaa kasvatukselle ja oppimisympäristölle asetettujen tavoitteiden toteutumista jokaisessa oppimisympäristön osassa (pedagoginen sopivuus).

Kolmannen vaatimuksen esittävät Meisalo ja Tella (1988, 69), joiden mukaan tietokoneen ja ihmisen yhteys, käyttöliittymä on oltava ongelmaton:

"Jos käyttöliittymä on kömpelö, se vaatii käyttäjän kaiken huomion. Myönteisessä tapauksessa huomio suuntautuu tietokoneen asemesta enemmän inhimilliseen vuorovaikutukseen."

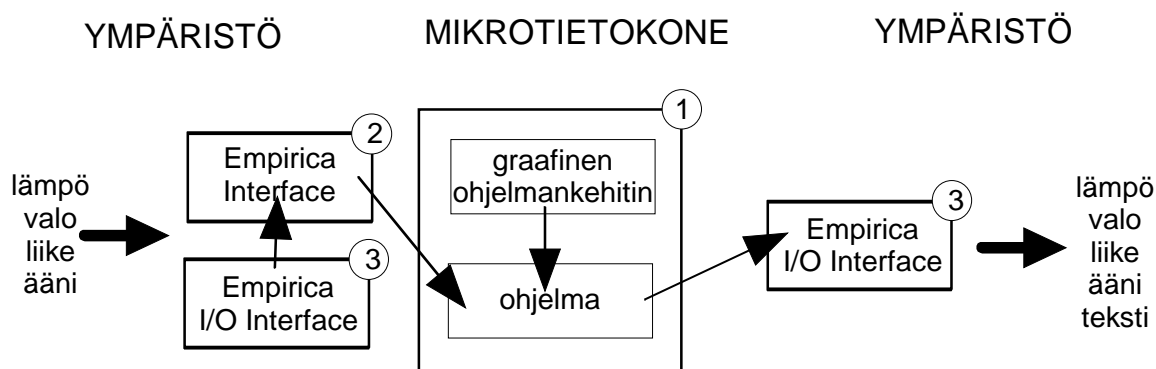
Inhimillisen vuorovaikutuksen heikentymisen lisäksi vaikeakäyttöinen ohjelma vie työskentelijän resursseja työskentelyn varsinaiselta kohteelta, jolloin ongelmanratkaisu vaikeutuu ja hidastuu.

4. Empirica Control

Tämän tutkimuksen tavoitteena on avoimen oppimisympäristön osaksi suunnitellun Empirica Controlin käyttöönotto ja sen tutkiminen peruskoulun ala-asteella. Kappaleen tarkoituksena on esitellä koko hankkeen "päähenkilö", Empirica Control, ja tarkastella sitä edellisessä luvussa esitettyjen avoimen oppimisympäristön asettamien vaatimusten valossa.

Empirica Controlissa on kolme osaa, jotka ovat:

- 1) Windows-käyttöympäristössä toimiva graafinen ohjelmankehitin, jonka avulla ohjelma laaditaan. Koska varsinainen ohjelma on käyttäjälle näkymätön, nimitetään jatkossa ohjelmankehittä ohjelmointikieleksi.
- 2) Empirica Interface, johon voidaan liittää erilaisten suureiden arvoja mittaavia antureita.
- 3) Empirica I/O Interface, jolla voidaan ohjata sähköisiä laitteita sekä välittää ohjelmalle tietoa ulkomaailmasta.



Kuvio 7. Empirica Control -järjestelmä.

Järjestelmällä voidaan rakentaa sellaisia prosesseja, jotka tekevät havaintoja sähköisten aistien eli anturien avulla (tulo, input), käsittelevät saamiaan tietoja (prosessi, process) ja vaikuttavat ympäristöönsä erilaisten laitteiden kautta (lähtö, output). Voidaan esimerkiksi rakentaa systeemi, joka mittaa lämpötilaa lämpötila-anturilla, tutkii lämpötilaa ja varoittaa valosignaalilla, mikäli lämpötila on tietyn rajan alapuolella. Systeemi voi myös kytkeä virran lämmittimeen.

4.1. Visuaalinen ohjelmointi

Empirica Controlissa ohjelmointi perustuu lisäämällä graafisia kuvakkeita, ikoneita, hiirtä käyttäen ohjelmakaavioon. Ohjelmointi perustuu siis visuaalisuuteen. Käsitettä "visuaalinen ohjelmointi" (visual programming) käytetään Changin (1990) mukaan kahdessa eri merkityksessä. Toisaalta sillä voidaan tarkoittaa visuaalista informaatiota prosessoivia kieliä, jotka tavallisesti perustuvat

tavanomaisiin kieliin varustettuina erityisillä kielten ominaisuuksia laajentavilla ohjelmakirjastoilla. Visuaalista informaatiota prosessoivien kielten käyttökohteita ovat esim. kuvankäsittely, optinen tiedonhankinta ("koneäkö"), robotiikka ja kuvallisten tietokantojen prosessointi. Shu (1986,18) määrittelee visuaalisen ohjelmointikielen "kieleksi, joka käyttää joitakin visuaalisia vastineita (- - -) saavuttaakseen jotain, mitä perinteisillä yksiuotteisilla kielillä pitäisi kirjoittaa."

Tässä tutkimuksessa visuaalinen ohjelmoinnin ymmärretään tarkoittavan itse ohjelman tai tietorakenteiden visualisointia niiden hahmottamisen ymmärtämiseksi. Itse tieto ei välttämättä ole visuaalista.

Englanninkielisen termin "visual programming" kääntäminen "visuaaliseksi ohjelmoinniksi" ansaitsee osakseen lyhyen tarkastelun. Suomennos "kuvallinen ohjelmointi" tekisi käsitteestä liian suppean sisältäen ajatuksen staattisesta tai sarjasta staattia kuvia. Uusi sivistyssanakirja määrittelee "visuaalisen" laajasti "näköön perustuvaksi" (Aikio & Vornanen 1981). Visuaalinen ohjelmointi voikin ilmetä monella eri tavalla: staattisena kuvana, animaationa tai vaikkapa robotin liikuttamisena.

Myersin (1990) mukaan visuaalisen kielen merkittävin ero perinteisiin tekstipohjaisiin verrattuna on ulottuvuuksien määrä. Visuaalisissa kielissä käyttäjä voi laatia ohjelman kahteen tai useampaan ulottuvuuteen, kun taas tekstipohjaisessa ohjelmoinnissa viimeistään kääntäjä palauttaa ohjelman yksiuotteiseksi virraksi. Tietojenkäsittelytieteessä visuaalisten kielten tutkimus keskittyykin sovelusten etsimisen lisäksi tarkastelemaan formaalin logiikan menetelmin visuaalisuuden tuomia uusia mahdollisuuksia.

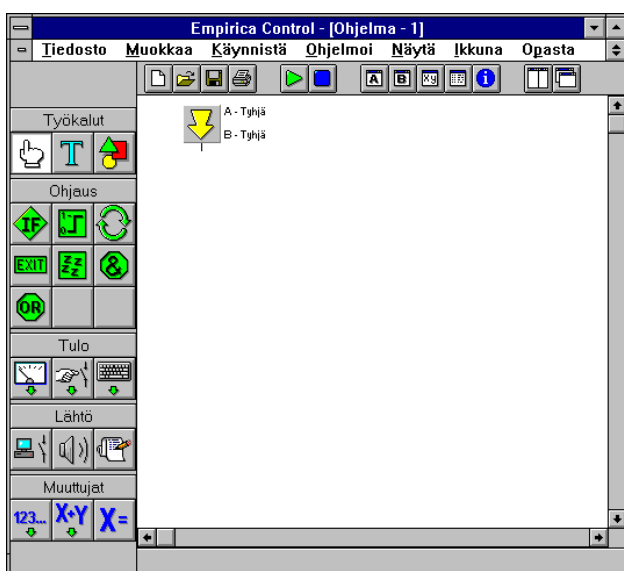
Visuaaliset kielet tuovatkin uudenlaisia mahdollisuuksia, paradigmoja, ohjelmointiin. Ambler ja Burnett (1990) luettelevat neljä visuaaliselle ohjelmoinnille tyypillistä paradigmaa, jotka ovat:

- 1) Ohjelmakaaviossa (dataflow paradigm) esitetään kuvallisesti samanlaisia rakenteita kuin tekstipohjaisessa ohjelmoinnissa. Visuaalisuus ei tässä vaihtoehdossa tarjoa ohjelmointiin varsinaista uutta mahdollisen helppokäyttöisyyden ja havainnollisuuden lisäksi, sillä visuaalinen ohjelmakoodi noudattaa tarkasti taustalla olevan ohjelmointiparadigman rakenteita.
- 2) Rajoituksiin perustuva ohjelmointi (constraint-based paradigms) lähenee loogista ohjelmointia, jota edustavat mm. Lisp ja Prolog. Ohjelmoitaessa objekteille asetetaan tiettyjä ominaisuuksia ja vaatimuksia sekä määritellään eri objektien väliset suhteet. Ohjelman suorituksessa etsitään erilaiset mahdolliset kombinaatiot.
- 3) Opastamalla ohjelmoinnissa (programming-by-demonstration) ohjelma laaditaan manipuloimalla näytöllä olevia objekteja ja dataa. Ohjelmointikieli seuraa käyttäjän laatimia esimerkkejä ja muodostaa näiden avulla suoritettavan ohjelman.
- 4) Taulukkopohjainen ohjelmointi (form-based paradigm) on eräänlainen taulukkolaskennan yleistetty muoto. Ohjelmointiin liittyvä tieto on taulukon soluissa tekstimuotoisena, mutta taulukko tekee siitä visuaalisen.

Ohjelmakaavio-ohjelmoinnin rinnalla Empirica Controlissa käytettyä ohjelmointitapaa kutsutaan myös kuvakepohjaiseksi (icon-based, esim. Calloni & Bagert 1997) tai kuvakkeelliseksi (iconic, esim. Korfhage & Korfhage 1986; Calloni & Bagert 1997) ohjelmoinniksi. Tässä tutkimuksessa käytetään ensimmäistä ilmausta.

4.2. Kuvakepohjainen ohjelmointi Empirica Controlissa

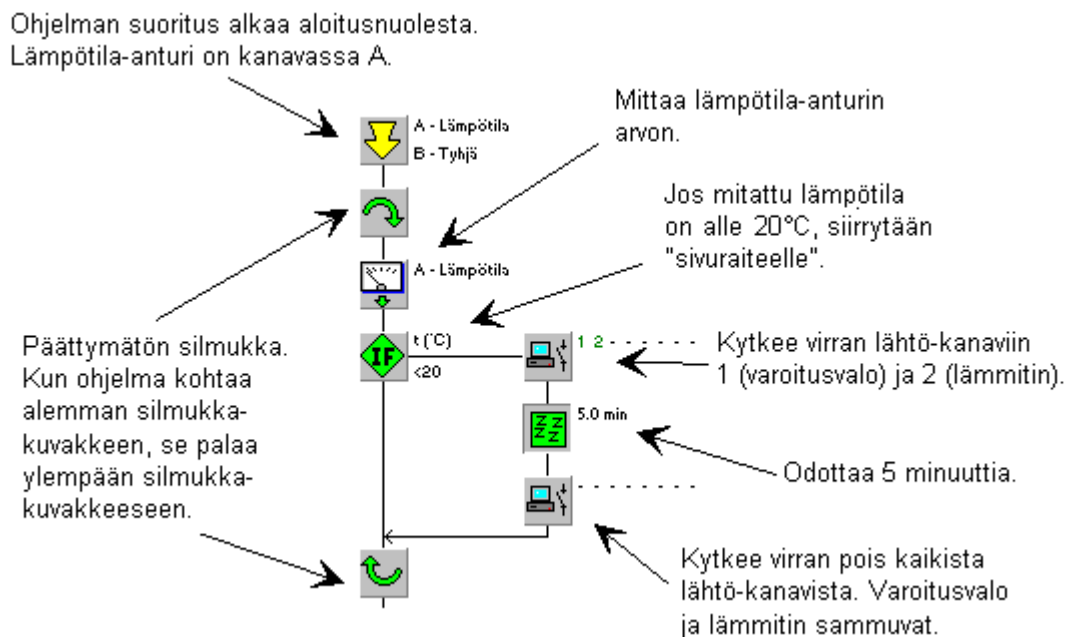
Empirica Controlissa tekstipohjaisten kielten kirjoitettavat käskyt on Empirica Controlissa korvattu kuvakkeilla (16 kpl), joita sijoitetaan ohjelmakaavioon hiirellä (ks. kuvio 8). Ohjelmointikieli yhdistää kuvakkeet viivalla ketjuksi, ohjelmaksi. Myös kielen rakenteet (esim. silmukka ja jos-lause) voidaan toteuttaa kuvakkeilla. Kuviossa 9 on aiemmin esitellyn lämpötila-automaatin ohjelma, josta kielen periaatteet käyvät hyvin ilmi.



Kuvio 8. Empirica Controlin ohjelmointi-ikkuna.

Ohjelmaketjua voidaan käyttää myös ohjelman suorituksen seuraamiseen. Empirica Control osoittaa parhaillaan suoritettavaa käskyä liikuttamalla kuvakkeiden vierellä sinistä palloa. Jos- ja odotakunnes -käskyjen vertailutulokset (tosi vai epätosi) näkyvät vihreänä tai punaisena pallona. Ohjelman suoritusta voidaan hidastaa, jotta ohjelman etenemisen seuraaminen käsky käskyltä olisi mahdollista.

Etenkin ala-asteen oppilaita ajatellen on Empirica Controlin ohjelmointikielen mielenkiintoisin piirren konkreettisuus. Ohjelma muodostuu näytölle graafisena kuvana, todellisena käskyketjuna. Kuvakkeiden vieressä liikkuva pallo tarjoaa mahdollisuuden seurata ohjelman etenemistä, kun perinteisissä kielissä tämä on mahdollista vain ohjelman toiminnan välityksellä.



Kuvio 9. Lämpötilaa tarkkailevan laitteen Empirica Control -ohjelma.

4.3. Työmuisti ja kuvakepohjainen ohjelmointi

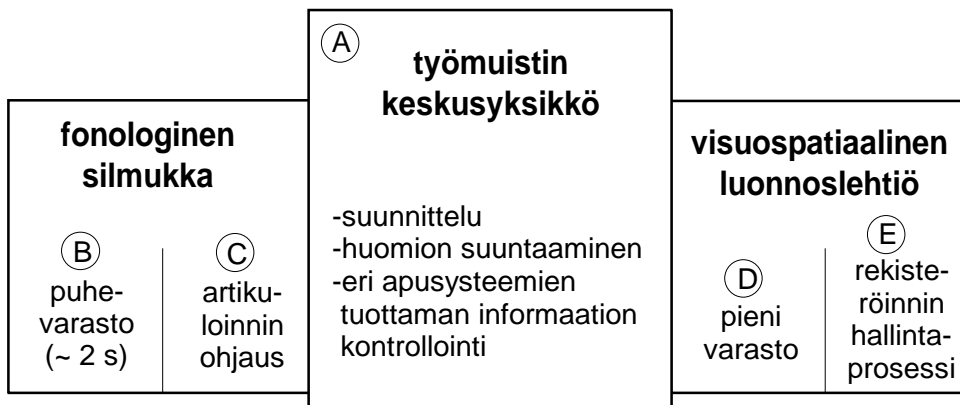
Muistitutkimus on edennyt viimeisen puolen vuosisadan aikana huomattavasti. Schachterin ja Tulvingin (1994) esittämän lyhyen yhteenvedon perusteella ensimmäiseksi syntyi jako lyhyt- ja pitkäaikaiseen muistiin. Brittiläisen työmuistiteoreetikon Alan Baddeleyn mukaan työmuistia hyödynnetään kaikessa kognitiivisessa toiminnassa, kuten myös oppimisessa (Baddeley 1994). Samaa mieltä ovat Just ja Carpenter (1992), mutta mainitsevat työmuistin liittyvän myös ongelmanratkaisuun. Tämä tekee siitä keskeisen käsitteen oppimistapahtumaa tutkittaessa.

Baddeleyn työmuistiteoria on laajalti hyväksytty (Just & Carpenter 1992; Schacter & Tulving 1994). Teoriassa työmuisti on jaettu keskusyksikköön sekä kahteen apuyksikköön, fonologiseen silmukkaan ja visuospatiaaliseen luonnoslehtiöön (ks. kuvio 10). Naveh-Benjamin (1993, 232) ehdottaa työmuistin nimeksi "tapahtumien seurantakeskusta" (ongoing activity centre), koska työmuisti poikkeaa siitä, mitä muistilla tavallisesti tarkoitetaan.

Baddeleyn (1992; 1994) teoriassa työmuistin toimintaa ohjaa keskusyksikkö (ks. kuvion 10 osa A), jonka toiminnan tutkimus on tähän mennessä sivuutettu liian monimutkaisena. Ilmeisesti keskusyksikössä tapahtuu toiminnan suunnittelu ja huomion suuntaaminen. Keskusyksikkö valitsee toimintaan sovellettavan skeeman tai hylkää aikaisemmat konstruktiot, mikäli ne eivät tunnu sopivan tilanteeseen.

Keskusyksikön lisäksi työmuistissa on kaksi apuyksikköä: toinen puheen ja toinen visuaalisen informaation prosessointiin. Molemmista yksiköistä on yhteys pitkäaikaiseen muistiin, joten ne saavat materiaalinsa välittömistä havainnoista ja pitkäaikaisen muistin sisällöstä. (Baddeley 1994) Ericsson ja Kintsch (1995) arvelevat, että tietyille aihealueelle erikoistuneet henkilöt, ekspertit,

voivat hallitsemaansa erikoisalueeseen liittyvissä tehtävissä käyttää pienikokoisen työmuistin laajenuksena pitkäaikaisen muistin osaa, jota he nimittävät pitkäaikaiseksi työmuistiksi (long-term working memory).



Kuvio 10. Työmuistin rakenne Baddeleyn (1992; 1994) mukaan. Kirjaimet viittaavat tekstiin. Käännökset ovat Lehdon (1996).

Fonologinen silmukka käsittelee foneemeihin koodattua tietoa, kuten puhetta. Silmukassa on lyhyt puhevarasto, joka Baddeleyn (1994) mukaan on noin kahden sekunnin mittainen. Lehto (1996) arvelee oman teoria-analyysinsä perusteella, että muisti on paremminkin foneemien määrään kuin aikaan sidottu. Artikuloinnin ohjaus (C) on keino, jolla foneemeja voidaan säilyttää puhevarastossa kauemminkin syöttämällä ne varastoon jatkuvasti uudelleen, toistamalla. Tämä selittää apuysikön nimen: "fonologinen silmukka". Käsitystä silmukan yksinkertaisesta rakenteesta ovat kritisoineet esimerkiksi Cohen ja Heath (1990).

Visuaalinen ja spatiaalinen informaatio käsitellään visuospatiaalisessa luonnoslehtiössä, jonka toiminta tunnetaan fonologista silmukkaa huonommin. Baddeley (1994) arvelee, että rakenne olisi samanlainen: pieni muisti ja jonkinlainen hallintaprosessi.

Kyllonen ja Christa (1990) tutkivat työmuistin ja päättelyn (reasoning ability) yhteyttä. Tutkimus osoitti, että työmuistin koko on riippumaton suoritettavasta tehtävästä. Tätä löytöä merkittävämpi oli havainto, että päättely ja työmuistin kapasiteetti olivat luonteeltaan samanlaisia, elleivät identtisiä. Neljästi suoritettu tutkimus osoitti, että päättelyllä ja työmuistin kapasiteetilla oli hyvin läheinen yhteys. Mitatut korrelaatiot olivat suuria (.80-.88). (Kyllonen & Christa 1990) Myös Lehto (1996) on tutkinut työmuistin koon ja nonverbaalin ongelmanratkaisun yhteyttä. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin Kyllösella ja Christalla, joskaan yhteydet eivät olleet yhtä voimakkaita. (Lehto 1996)

Baddeleyn työmuistiteoriaa vasten tarkasteltuna Empirica Controlin kaltaisella kuvakepohjaisella ohjelmointikielellä saattaa olla hyvinkin suuri merkitys ongelmanratkaisua helpottavana tekijänä. Ohjelmointi on kielessä tehty sellaiseksi, että mahdollisimman vähän "kielioppia" on pidettävä

mielessä. Toisin sanoen käyttäjän työmuisti ei täyty ohjelmoinnista yhtä paljon kuin tekstipohjaisilla kielillä työskennellessä. Samoin prosessia rasittavat haut pitkäaikaismuistista vähenevät. Pienikin työmuistia vapauttava uudistus voi olla merkittävä ongelmanratkaisua helpottava tekijä, mikäli Kyllösen ja Christan sekä Lehdon ajatukset ovat yleistettävissä Empirica Controlilla ohjelmointiin. Visuaalisen esitystavan hyödyntämisen on todettu tukevan oppimista (Myers 1989).

Työmuistin apuysiköt, toinen fonologisen ja toinen visuaalisen materiaalin käsittelyyn, ovat kuvakepohjaisen ohjelmoinnin kannalta mielenkiintoiset. Tällä hetkellä ei tiedetä tarkkaan, mistä työmuistin lohkoja ongelmanratkaisu kuormittaa. Logien (1993, 203; 1995, 131) mukaan päättely kuormittaa keskusyksikköä, muttei niinkään apuysiköitä. Kompleksisessa luokkatilanteessa olosuhteet poikkevat kuitenkin koetilanteesta. Mahdollisen ryhmätyön vaatiman keskustelun seuraaminen rasittanee fonologista silmukkaa.

Varmaa ei ole, että kuvakepohjainen ohjelmointi hyödyntäisi nimenomaan visuospatiaalista apuysikköä. Päinvastaiseen viittaisivat Brandimonten, Hitchin ja Bishopin (1992) tulokset, jonka mukaan kuvallinen informaatio koodattiin tietyissä tilanteissa fonologisena. On kuitenkin mahdollista, että ongelmanratkaisutilanteen rasittama fonologinen silmukka pakottaisi kuvakepohjaiseen ohjelmointiin liittyvän kuvallisen tiedon käsittelyn Brandimonten ryhmän tulosten mukaisesti visuospatiaaliseen apuysikköön, pois varsinaisen ongelmanratkaisun alta. Tällöin ohjelman hahmottaminen tapahtuisi visuospatiaalisessa apuysikössä, jatkuvat kielelliset viestit fonologisessa apuysikössä ja varsinainen ongelmanratkaisu keskusyksikössä. Mikäli näin todellakin tapahtuu, saattavat kuvakepohjaisen ohjelmoinnin edut olla arvaamattoman suuret tekstipohjaisiin kieliin nähden, jotka jättävät visuospatiaalisen apuysikön kokonaan hyödyntämättä.

Swellerin (1988) tutkimus kognitiivisen kuormituksen vaikutuksesta oppimiseen tukee edellä esitettyä oletusta. Tulosten mukaan voimakas kognitiivinen kuorma perinteisessä suljetussa ongelmanratkaisutilanteessa heikentää skeemojen muuttumista eli oppimista, koska ongelmanratkaisu käyttää koko työmuistin kapasiteetin eikä sitä näinollen riitä skeemojen omaksumiseen. Empirica Controliin siirrettynä tulos antaisi luvan väittää, että visuaalisuus ja oletettu helppokäyttöisyys tehostaisivat ongelmanratkaisua, koska työmuistia rasitettaisiin perinteisiä välineitä vähemmän. Toisaalta Swellerin tulos puhuu myös avointen ongelmien käyttämisen puolesta.

Vaikka kuvakepohjainen ohjelmointi ei helpottaisikaan ongelmanratkaisua, on kuvallisesta esitystavasta hyötyä helpottamaan ohjelmoinnin oppimista. Logie (1995, 47-51) esittää useiden eri tutkimusten perusteella, että konkreetteja sanoja muistetaan enemmän kuin abstrakteja. Kuvakkeet antavat ohjelmointikielen käskyille konkreettisen olomuodon helpottaen näin käskyjen muistamista.

On muistettava, että edellä esitetyt tutkimukset on suoritettu täysin kontrolloiduissa laboratorioolosuhteissa, eivätkä ne siten ole suoraan siirrettävissä arkiseen koulutyöskentelyyn. Teoreettinen tausta näyttäisi kuitenkin suosivan kuvallista ohjelmointia tekstipohjaisen sijaan.

4.4. Empirica Controlin soveltuminen osaksi avointa oppimisympäristöä

Edellä (ks. 3.4.) esitettiin kolme kriteeriä (työväline tai ohjelmointikieli, paikkaa jonkin puutteen ympäristössä ja käyttöliittymän sujuvuus) tietokonejärjestelmän soveltumiseen avoimen oppimisympäristön osaksi. Seuraavassa tutkitaan, miten Empirica Control täyttää nämä vaatimukset. Lisäksi tarkastellaan Empirica Controlia Meisalon ja Tellan (1988, 203) asettamien kriteerien perusteella.

4.4.1. Työväline tai ohjelmointikieli

Empirica Controlin kuvakepohjainen ohjelmankehitin on käyttäjän kannalta ohjelmointikieli. Kielessä on 16 käskyä, jotka mahdollistavat antureiden arvojen lukemisen ja toimilaitteiden ohjaamisen. Käytössä on viittä eri tyyppiä olevia muuttujia, joilla voidaan tyyppistä riippuen suorittaa esim. peruslaskutoimituksia.

Gordon (1988) esittelee teoksensa esimerkkeihin käyttämänsä yksinkertaisen ohjelmointikielen, joka tarjoaa selkeän vertailukohtaan arvioitaessa Empirica Controlin kielen rakenteita.

Empirica Controlin kielioppi sisältää tarvittavat käskyt muuttujien käyttöön ja rakenteet mahdollistavat jos-niin-muutoin -ehtolauserakenteet (if-then-else). Sensijaan Gordonin kielessä esitettyjä aliohjelmia ja niihin liittyviä paikallisia muuttujia ei ole käytössä. Samoin kunnes-tee ja tee-kunnes -rakenteita (while-do, for-until) ei ole yhtä selkeästi kuin Gordonilla. Kunnes-tee -rakennetta vastaa odota-kunnes, jossa ohjelma odottaa esimerkiksi tiettyä anturin arvoa. Silmukoihin voidaan lisätä haluttujen kierrosten lukumäärä vastaamaan tee-kunnes -rakennetta.

Vertailu Gordonin ohjelmointikieleen ei tee oikeutta Empirica Controlin kielelle, sillä ne on kehitetty eri tarkoituksiin. Gordonin kieli on suunniteltu erilaisten matemaattisten algoritmien esittelyyn, kun taas Empirica Controlin kieli on kohdistettu ohjaus- ja säätötekniikan tehtäviin. Pienin kielen rakenteita monipuolistavin toimenpitein Empirica Controlin ohjelmointikieli olisi kehitettävissä yleiskäyttöiseksi kuvakepohjaiseksi kieleksi esimerkiksi ohjelmoinnin alkeisopetukseen.

4.4.2. Sopivuus olemassaolevaan oppimisympäristöön

Yleispätevää vastausta uuden innovaation soveltuvuudesta osaksi olemassaolevaa avointa oppimisympäristöä ei voida antaa, sillä oppilaiden, opettajan ja kehystekijöiden muovaamana ympäristöt poikkeavat toisistaan. Joitakin yleisiä johtopäätöksiä voidaan kuitenkin tehdä. Sopivuus olemassaolevaan oppimisympäristöön voidaan jakaa tekniseen ja pedagogiseen sopivuuteen. Teknisesti tarkasteltaessa voidaan todeta Empirica Controlin toimivan Windows 3.1 ja 95/98 -käyttöympäristöissä, jotka ovat viime vuosina vakiintuneet PC-koneiden käyttöjärjestelmiksi ja siten myös koulujen käyttöön. Sähköisiltä ratkaisuiltaan Empirica Control on hyvin avoin, sillä liitäntäyksikössä käytetään fysiikanopetuksen välineistöissä vakiintuneita 4 mm:n "banaanipistokkeita". Erilaiset komponentit ja kytkennät voidaan helposti liittää ja tarvittaessa kalibroida

antureiksi. Tämä mahdollistaa fysiikan, kemian ja teknisen työn opetuksessa olevan välineistön sekä opettajien että oppilaiden tietotaidon hyödyntämisen uudenaikaisissa tehtävissä.

Empirica Controlin puutteeksi voidaan katsoa se, ettei se toimi kouluissa jonkin verran käytössä olevissa Macintosh-tietokoneissa.

Pedagogista sopivuuden tarkasteleminen on teknistä tarkastelua monitahoisempi. Työskentely tietokoneella lisää luonnollisesti tietoteknisiä käyttötaitoja, joiden tärkeyttä voimassaolevat opetussuunnitelman perusteet painottaa (POPS 1994, 37). Lähinnä käytännön syistä tietokoneita käytetään kouluissa pienryhmissä, jolloin oppilaiden sosiaalisilla taidoilla on tilaisuus kehittyä. Tietokoneen avulla tapahtuva työskentely lisää mahdollisuuksia muuttaa arviointia ja työskentelyä positiivisävyisemmäksi ja prosessiluonteisemmaksi (Heppell 1995). Oppilaan minäkuvan kannalta suunta on oikea, jos virheiden tuomitsemisen sijaan niiden korjaaminen ja ideoiden jatkokehittäminen on helppoa ja nopeaa.

Vanhastaan on totuttu siihen, että hauskuus ja työnteko ovat sovittamaton pari. Jos joku väittää oppimisen olevan hauskaa, sen on oltava tehotonta tai muuten epäilyttävää. Minäkuvan kehittämisen kannalta hauskuuden pitäisi olla koulun keskeisiä tavoitteita, jos oppilaita todella halutaan kannustaa itsensä kehittämiseen elinikäisen oppimisen hengessä ja omien positiivisten ominaisuuksien näkemiseen. Empirica Controlin kaltainen oppimisympäristön osa, joka yhdistää leikinomaista rakentelua, omien ideoiden helppoa toteuttamista sekä toteutuksen vaatimaa ajattelua, sopii hyvin positiivisia oppimiskokemuksia painottavaan oppimisympäristöön. Tämän tutkimuksen tarkoitus on varmentaa Empirica Controlin oletettua helppokäyttöisyyttä.

Ohjelmoinnilla sinänsä on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia oppilaiden ajattelun kehittymiseen. Enkenberg (1989) tutki ajattelun kehittymistä ala-asteen 5. ja 6. luokan oppilailla Logo-ohjelmointijakson aikana. Todettiin, että Logon parissa työskennelleillä ajattelu kehittyi tilastollisesti merkittävästi, toisin kuin vertailuryhmällä. Enkenberg arvelee, että syynä ajattelun kehittymiseen ei ollut pelkästään Logo-työskentely, vaan ongelmien parissa tapahtuva avoimen oppimisympäristön periaatteita toteuttava työskentely yleensä.

Papert (1985, 32) näkee ohjelmoinnin keinona poistaa oppilaiden väärässä olemisen pelkoa. Ohjelmoinnille on tyypillistä, että virheen havaitsemisen jälkeen kysytään vain, onko se korjattavissa.

4.4.3. Helppokäyttöisyys

Empirica-mittausjärjestelmän ja Empirica Controlin kehitystyön keskeisenä tavoitteena on järjestelmän helppokäyttöisyys (Empirican osalta ks. Lavonen 1996, 148-149). Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia, onko helppokäyttöisyys toteutunut Empirica Controlin osalta. Seuraavassa tarkastellaan Empirica Controlin helppokäyttöisyyttä ohjelman ominaisuuksia tutkimalla.

Tietokoneiden käyttö on helpottunut huomattavasti graafisten käyttöliittymien keksimisen jälkeen. Macintoshin ja Windowsin eri ohjelmat noudattavat samanlaisia valikko- ja syöttöruutumalleja,

jolloin yhden ohjelman käytön osaaminen helpottaa seuraavien opettelua. Empirica Controlin ohjelmointi tapahtuu lisäämällä hiirellä käskykuvakkeita ohjelmakaavioon, joka on kuvakkeiden ketju ja muistuttaa ohjelmien suunnittelussa käytettyä vuokaaviota. Ohjelman rakenne selviää seuraamalla näytöllä olevaa käskyketjua.

Empirica Controlin ohjelmointikieli on yksinkertainen, sillä käytettävissä olevien käskyjen kuvakkeet näkyvät ruudulla, joten tekstipohjaisille ohjelmointikielille tyypillistä käskyjen ulkoopettelua ei tarvita. Käskyjen symbolit kuvaavat niiden toimintaa ja helpottavat siten käskyn tunnistamista. Komentojen vaatimat lisäasetukset, esimerkiksi odota-käskyn odotusajan määrittäminen, tehdään käskylle ominaisesta syöttöruudusta. Ruuduista nähdään, mitä lisäasetuksia kullekin käskylle on mahdollisuus antaa. Vaikka komennot ovat symboleita, vaatii ohjelmointi auttavan lukutaidon, sillä syöttöruuduissa on jonkin verran kirjoitusta.

Merrill ym. (1995) havaitsivat LISP-kielen oppimiseen liittyvässä tutkimuksessaan, että opiskelijoiden virheet olivat tyypillisesti joko oikeinkirjoitukseen, käskyjen väärinkäyttöön (ei ymmärretty käskyn merkitystä) tai tavoitteisiin (ei ratkaistu annettua ongelmaa) liittyviä. Oikeinkirjoitukseen liittyvät "syntaksivirheet" olivat tyypillisiä juuri aloittelijoille. Kuvakepohjaisen ohjelmoinnin etuna on, että se vapauttaa ohjelmoijan oikeinkirjoitusvirheistä.

Ohjelmaa ajettaessa suorituksen etenemistä voi seurata ohjelmakaaviosta. Käskykuvakkeiden vieressä liikkuva sininen ympyrä osoittaa kulloinkin prosessoitavan käskyn. Ehtolauseiden viereen saadaan "liikennevalot", jos lauseen ehto on tosi, vertailutulosta osoittava ympyrä on vihreä. Vastaavasti lauseen ollessa epätosi on ympyrä punainen. Molemmat ominaisuudet voidaan haluttaessa kytkeä pois päältä.

Pieneltä tuntuvat lisäykset ovat merkittäviä ajateltaessa ohjelman suorituksen konkretisointia. Tekstipohjaisilla ohjelmointikielillä on ohjelman toiminnan seuraaminen mahdollista vain ohjelman tulosteiden tai erityisten debugger-ohjelmien välityksellä. Empirica Controlin kuvakepohjaisella ohjelmointikielillä ohjelma voidaan, tietenkin koosta riippuen, nähdä yhdellä silmäyksellä, jolloin sen suorituksen tehokas havainnollistaminen on mahdollista edellämainitulla tavalla. Tarvittaessa suoritusnopeutta voidaan hidastaa, jotta etenemisen seuraaminen käsky käskyltä on vieläkin helpompaa.

Ohjelman kuvaan perustuva konkreettisuus mahdollistaa ohjelmoinnin alhaisillakin kognitiivisilla kehitystasoilla oleville lapsille. Ohjelmoinnin voidaan ajatella olevan käskyjen antamista ohjelman etenemistä osoittavalle "siniselle ympyrälle". Logo-ohjelmointikielen helppokäyttöisyys perustuu samalla tavoin kilpikonnageometriaan. Käskyjä ei kirjoiteta abstraktille tietokoneelle, vaan sympaattiselle kilpikonalle. Ohjelmointi ei olekaan selkeästi abstraktia toimintaa, vaan konkreettista. Sekä Empirica Controlin että Logon voisi ajatella sopivan sellaisille lapsille, jotka osaavat antaa peräkkäisiä käskyjä, esimerkiksi: "Mene ovelle. Avaa ovi. Jos ulkopuolella ei ole ketään, sulje ovi. Jos ulkopuolella on joku, päästä tulija sisään." Tämä antaisi aiheen olettaa, että Empirica Controlin

ohjelmointikieli soveltuu kaikille lapsille, jotka ovat kehityksessään konkreettisten operaatioiden kehityskaudella (Piaget'n mukaan).

Empirica Controlin fyysisen toteutuksen, lähinnä liitäntäyksikön, helppokäyttöisyys on vaikeammin arvioitavissa. Liitäntäyksikkö koostuu 19:sta liitinparista, jotka on ryhmitelty yksikköön niiden toiminnan perusteella. Yksikköön on kirjoitettu liittimien nimet, mutta nuoria käyttäjiä ajatellen ohjelmointikielen symboliajattelua olisi saanut hyödyntää liitäntäyksikössään. Löytyykö oikea liitin? Tämä on yksi kysymys, johon tulokset toivottavasti antavat vastauksen.

4.4.4. Arviointi Meisalon ja Tellan kriteeristöllä

Meisalo ja Tella (1988, 203) esittävät kriteeristön tietokoneen käytölle opetuksessa. Kriteerejä on neljä ja ne ovat:

- 1) Kun voidaan parantaa nykyisiä työtapoja. Esimerkkinä prosessikirjoittaminen kehittyneen tekstinkäsittelyohjelman avulla.
- 2) Kun voidaan kehittää uusia työtapoja ja siis monipuolistaa käytössä olevia työtapoja. Esimerkkinä oppilaiden sävellysharjoitukset tietokoneohjelman tuella.
- 3) Kun voidaan luopua vanhentuneista työtavoista. Esimerkkinä luopuminen mekaanisesta luettelujen ulkoaopettelusta ja siirtyminen tietokantojen hyväksikäyttöön.
- 4) Kun voidaan tyydyttää oppilaiden erityistarpeita. (Kirjoittajat antavat esimerkkejä havainnollistamisesta, motivoinnista palautteen avulla, esimerkkien antamisesta yleistyksiä varten sekä tietokonemallien hyödyntämisestä soveltamisen oppimiseen.)

Seuraavassa arvioidaan Empirica Controlia näillä neljällä kriteerillä.

1) Empirica Controlin käyttö parantaa nykyisiä ja luo uusia teknologiaoppimisen työtapoja. Teknisessä työssä on rakennettu erilaisiin teknologian osa-alueisiin, lähinnä tekniikkaan ja elektroniikkaan, liittyviä laitteita ja pienoismalleja. Laitteet on rakennettu yksinkertaisista perusmateriaaleista, "metritavarasta", jolloin niiden valmistaminen on vaatinut taitoa ja aikaa. Käsityössä tavoitteena on käden taitojen kehittäminen ja työntekoon kasvattaminen (POPS 1994, 107). On kyseenalaista, jääkö teknologiakasvatuksen kannalta tärkeiden tavoitteiden saavuttamiseen aikaa. Empirica Controlin avulla erilaisten laitteiden toteuttaminen onnistuu käsityön taidoista tai tiedoista riippumatta perinteisiä menetelmiä nopeammin. Samoin virheiden korjaaminen on helpompaa kuin perinteisillä menetelmillä. Säästynyt aika voidaan käyttää näkökulman laajentamiseen ja keskustelun syventämiseen.

2) Myös monissa muissa oppiaineissa käsitellään tekniikkaa tai automaatioteknologiaa, esimerkiksi kotitaloudessa pesukoneen ja fysiikassa auton toimintaa. Aikaisemmin toimintaa on esitelty todellisen laitteen tai kaavakuvan avulla. Empirica Control mahdollistaa toimivan, todellista laitetta tai kaavakuvaa havainnollisemman mallin rakentamisen tai täysin uuden ongelmakeskeisen työtavan käytön. Pesukoneen toimintaan voi tutustua myös suunnittelemalla toimiva oman pesukoneen malli.

3) Empirica Control ei varsinaisesti korvaa aikaisempia työtapoja, vaan kehittää niitä teknologian oppimisen kannalta tehokkaammiksi. Käden taitojen kehittäminen olkoon edelleen tärkeää vakiintuneine työtapoineen.

4) Mahdollisuuksia opetuksen eriyttämiseen ei ole syytä tarkastella yksin Empirica Controlin näkökulmasta, vaan koko avoimen oppimisympäristön tasolla. Empirica Control tarjoaa mahdollisuuden yhdistää konkreettista työskentelyä ajatteluun siten, että molempia osakomponentteja tarvitaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Tällainen integrointi ei ole koulussa tavallista, joko painotetaan selvästi toimintaan (käsityöt, liikunta) tai sitten ajatteluun (kielet, matematiikka, luonnontieteet). Yhtenä syynä on varmasti sopivien toimintaympäristöjen puute.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Meisalon ja Tellan kriteerein arvioituna Empirica Controlin tuominen opetuksen osaksi tuo mukanaan jotain uutta ja hyödyllistä.

4.5. Muita järjestelmiä teknologiakasvatukseen

4.5.1. Lego TC Logo

Kenties käytetyin järjestelmä teknologianopetukseen on Lego-yhtiön Lego TC Logo. Nimensä mukaisesti järjestelmän kulmakivinä ovat Tekniikka-Lego -palikat ja Seymour Papertin 1960-luvun puolivälissä lapsille suunnittelema tekstipohjainen Logo-ohjelmointikieli. Alunperin Logo suunniteltiin matematiikan opetukseen. Kielen keskeisinä piirteinä ovat omaksumisen helppous, mahdollisuus rekursiiviseen ohjelmointiin (aliohjelmat voivat käynnistää itsensä) sekä konkreettinen kilpikonnageometria. (Papert 1985; Fitch 1990) LEGO/Logo projekti käynnistyi Massachusetts Institute of Technologyssä 1980-luvun puolivälissä. Projektin tuloksena Lego-yhtiö toi markkinoille Lego TC Logon 80-luvun lopulla. (Martin 1994, 47-48).

Lego TC Logo on tuotteena valmis ja siksi sen käyttöönotto on helppoa. Sarjaan kuuluu ohjelmointikieli, ohjausyksikkö ja Lego-palikkasarja antureineen. Anturivalikoimaan kuuluvat painonappi, lämpötila, kierrosluku/kulma ja valaistus. Toimilaitteita sarjassa ovat moottorit, lamput sekä summeri.

Lego TC Logoa käytetään maailmalla paljon. Suomessakin käyttö on levinnyt esimerkiksi HAITEK-projektin kautta. Järjestelmän käytöstä on kotimaisiakin tutkimuksia (esim. Enkenberg 1993; Järvelä 1996; Suomala 1999).

Lego TC Logon ongelmina ovat Logo-ohjelmointikieli ja liitäntäyksikön sähköinen arkkitehtuuri. Logo suunniteltiin lapsille aikana, jolloin tietokoneissa ei ollut edes näyttöä graafikasta puhumattakaan. 1990-luvulla tietokoneiden käyttö perustuu kuvallisiin käyttöliittymiin (Windows, Mac), jotka ovat ajaneet tekstipohjaisten järjestelmien ohitse. Lego TC Logo on yrittänyt pysyä kehityksen mukana tarjoamalla mahdollisuuden graafiseen käyttöliittymään, jonka kytkinten asentoja voidaan lukea ohjelman muuttujiin. Varsinaiseen ohjelmointikieleen ei ole tehty muutoksia.

Lego TC Logon liitäntäyksikkö on suunniteltu vain järjestelmän omille antureille. Muiden kuin Legon komponenttien käyttäminen on tehty hyvin vaikeaksi, käytännössä mahdottomaksi. Tämä pakottaa käyttämään nimenomaan Legon rakennussarjaa, mikä lieneekin ollut suunnittelun tavoitteena. Näin yhdistely koulussa jo olemassaoleviin laitteisiin, kuten erilaisiin elektroniikan kokeilusarjoihin, on mahdotonta.

Hyvää järjestelmässä on käyttöönoton helppous, sillä pakkauksesta löytyy toimintavalmis ohjausyksikkö, ohjelma ja rakennussarja. Järjestelmä on suunniteltu kokonaisuudeksi, joten Legon omia antureita hyödynnettäessä ei yhteensopivuusongelmia pitäisi tulla. Käytettävä ohjelmointikieli Logo on hyvin dokumentoitu ja helppokäyttöiseksi suunniteltu, joka mahdollistaa hyvin muunkinlaisen ohjelmoinnin kuin ohjausyksikköön liittyvän. Kielen rakenne on selkeä, mutta myös monimutkaisia kokonaisuuksia on mahdollisuus toteuttaa tehokkaasti aliohjelmien avulla. Logoon on saatavana runsaasti opetusta tukevaa materiaalia ja sen käyttöä ala- ja yläasteella on dokumentoitu paljon.

4.5.2. Taskurobotit tulevat

Massachusetts Institute of Technologyssä (MIT) jatkettiin robotiikkajärjestelmien kehittelyä Lego TC Logon julkaisemisen jälkeenkin. Tavoitteena oli pieni tietokone, joka pystyttäisiin sijoittamaan osaksi Lego-palikoista rakennettavaa laitetta. Erilaisia versioita tästä Programmable Brickiksi nimetystä laitteesta testattiin MIT:n opiskelijoilleen järjestämällä vapaaehtoisilla kursseilla. (Martin 1994, 50-52) Sittenmin LEGO-yhtymä on julkaissut ideaan perustuvat tuotteet RCX Brick ja Robotics Discovery Set (kotikäyttöön) sekä Robolab (opetuskäyttöön).

Uudessa tuotesarjassa on useita erilaisia ohjelmitavia laitteita, jotka Logo-ohjelmointikielen sijaan hyödyntävät kuvakepohjaista ohjelmointia. Eri tuotteiden ohjelmointitavat poikkeavat hiukan toisistaan. Koulukäytön tarkoitettu Robolabissa on Empirica Controlin tapainen pitkälle viety kuvakepohjainen ohjelmointikieli, jonka käskyvalikoimaa voidaan rajata käyttäjien taitojen mukaan (Robolab Programs s.a.). Kotikäyttöön suunnatussa RCX Brickissä ohjelmointi tapahtuu myös kuvakepohjaisella kielellä, joka kuitenkin muistuttaa hyvin paljon Logoä. Tätä kirjoitettaessa vielä julkaisematon Robotics Discovery Set on edellisiä kevyempi versio, sillä siinä ohjelmointi tehdään mukana seuraavalla taskulaskimen kokoisella laitteella (Robotics Discovery Set s.a.).

Legon uudet "taskurobotit" ovat viimeistelyjä ja helppokäyttöisiä tuotteita, joita yhdistää riippumattomuus tietokoneesta. Rakennetut laitteet voivat siis liikkua ilman johdinten asettamia rajoituksia. Koulukäytössä laitteiden liitännät saattavat asettaa ongelmia, sillä Legon käyttämät liitännät ovat epäyhteensopivia fysiikan opetusvälineissä laajalti käytettyjen "banaaniliittimien" kanssa. Robotiikan alalla Legon tuotteet herättänevät ansaittua innostusta. Nähtäväksi jää, seuraako ohjelmoinnin ja lelujen integroinnista uusi innostus puhdasta ohjelmointia kohtaan perusopetuksen ja korkeakoulujen tasolla.

4.6. Teksti- ja kuvakepohjaisen ohjelmoinnin vertailua

Teksti- ja kuvakepohjaisen ohjelmoinnin vertailu yleisellä tasolla on tehtäväksi liian laaja ja tutkimustehtävän näkökulmasta tarpeetonkin. Tekstipohjaisia ohjelmointikieliä on kehitetty erilaisiin tehtäviin lukematon määrä ja yleiskielten, kuten Basicin, Pascalin ja C:n, eri murteet saattavat poiketa toisistaan huomattavasti. Kieliä verrattaessa on mainittava käyttötarkoitus, jotta vertailu olisi mielekästä.

Edellä on esitelty Empirica Controlin kuvakepohjaista ohjelmointikieltä, jonka on todettu sisältävän uusia piirteitä verrattuna perinteisiin tekstipohjaisiin ohjelmointikieliin. Taulukossa 5 on kieliä verrattu automaatioteknologian oppimisen kannalta tilanteessa, jossa kieltä käytetään osana avointa oppimisympäristöä.

Tekstipohjaisia ohjelmointikieliä edustaa vertailussa Lego TC Logo -järjestelmässä käytetty TC Logo, joka on laajennettu Logo-kielestä lisäämällä tulo- ja lähtöliitännöiden hallitsemiseen tarvittavat käskyt. TC Logo on siis kehitetty samaan tehtävään kuin Empirica Controlin kuvakepohjainen ohjelmointikieli, joten niiden keskinäinen vertaileminen on mielekästä. Vertailu on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Tekstipohjaisen (TC Logo) ja kuvakepohjaisen (Empirica Control) ohjelmointikielen vertailua automaatioteknologian oppimisen kannalta tilanteessa, jossa kieltä käytetään osana avointa oppimisympäristöä.

	tekstipohjainen (TC Logo)	kuvakepohjainen (Empirica Control)
muistuttaa	kirjoitettua kieltä	vu- tai toimintakaaviota
ohjelmointi tehdään	kirjoittamalla	lisäämällä kuvakkeita hiirellä
ohjelmitaessa muistettavien asioiden määrä	käskyjen ja parametrien syöttö- ja merkintätapa on muistettava ulkoa tai katsottava ohjeista	käskyt näkyvät näytöllä ja parametrit asetetaan käskykohtaisissa valintaikkunoissa
kielen oppiminen perustuu	verbaaliseen muistiin	kuvalliseen ja verbaaliseen muistiin
konkreettisuus	se, mitä ohjelma saa aikaan, on konkreettista (laitteiden ohjaus ja kilpikonnageometria)	myös se, miltä ohjelma näyttää ja miten se etenee, on konkreettista
kielen rakenteet	kehittyneitä	puutteellisia
laajempi sopivuus muihin oppimis- ympäristön tehtäviin	hyvä, soveltuu etenkin matematiikkaan	heikko

Vertailun perusteella näyttäisivät kuvakepohjaisen ohjelmoinnin edut olevan kielen oppimisen kannalta selkeitä. TC Logon ja muiden tekstipohjaisten kielten etuna ovat monipuoliset rakenteet,

jolloin kielellä on sovellusmahdollisuuksia myös ohjaus- ja säätötekniikan ulkopuolellakin. TC Logossa oleva kilpikonnageometria mahdollistaa matemaattisten käsitteiden oppimisen tietokoneen avulla (esim. Papert 1985).

Calloni ja Bagert (1997) vertasivat kuvakepohjaisen (BACCI++) ja tekstipohjaisen (C++) ohjelmointikielen vaikutusta korkeakouluopiskelijoiden ohjelmointikursseilla. Tulokset osoittivat, että kuvakepohjaista ohjelmointikieltä käyttävät ryhmät menestyivät kurssien loppukokeissa paremmin kuin tekstipohjaista kieltä käyttäneet. Edellä esiteltiin tekstipohjaisen LISP-kielen opettamiseen liittyvä tutkimus, jossa todettiin aloittelijoiden tekevän virheitä nimenomaan kieliopissa, syntaksissa (Merrill ym. 1995). Kuvakepohjaisessa ohjelmointikielessä vastaavia ongelmia ei pitäisi olla, sillä esimerkiksi Empirica Controlissa syntaksista huolehtiminen on jätetty ohjelmointiympäristön huoleksi ja käskyjen asetukset annetaan valintaruuduilla.

Yhteenvedon voitaisiin sanoa, että kuvakepohjaisen ohjelmointikielen edut tekstipohjaiseen verrattuna ovat merkittäviä etenkin ohjelmointia aloittelevien opiskelijoiden keskuudessa. Edellä on pyritty selittämään havaintoa työmuistiin liittyvillä tekijöillä, mutta yhtä hyvin havaintoja voitaisiin pyrkiä selittämään vaikkapa motoriikkaan (heikko konekirjoitustaito) tai motivaatioon (kuvat voivat tuntua houkuttelevammilta kuin teksti) tukeutuen.

5. Oppiminen avoimessa oppimisympäristössä

Käsitys siitä, että työskentely avoimessa oppimisympäristössä on oppimisen kannalta mielekästä, perustuu ajatukseen tiedon konstruktiiivisesta luonteesta. Tämän luvun tarkoituksena on esitellä konstruktivistinen oppimiskäsitys ja sen mukaiset oppimisprosessit avoimessa oppimisympäristössä.

Avoimessa oppimisympäristön lähtökohtana on ongelma, jonka ratkaisuun on käytössä erilaisia resursseja: tietoa, välineitä ja taitoa näiden soveltamiseen. Jatko onkin riippuvainen siinä mukana olevien yhteisestä kapasiteetista. Toiminnassa mukana olevat yhdistävät aikaisempia tietojaan ja hankkivat niihin liittyvää uutta tietoa. Ennen tietojen soveltamista tiedot on yhdisteltävä mielekkääksi kokonaisuudeksi, jotta tiedoista nousisi ratkaisuvaihtoehtoja. Näin tapahtuva toiminta viittaa tiedon konstruktiiiviseen luonteeseen.

Konstruktivismi ei ole yksiselitteinen teoria, vaan pikemminkin lähestymistapa tai metateoria. Konstruktivistisia teorioita on useita, esim. Leinon (1993) esittämä yhteenveto esittelee naivin, Piaget'n, sosiaalisen ja radikaalin konstruktivismin. Näiden suuntausten tarkempi esittely ei tässä ole tarpeen.

5.1. Kognitiivisen psykologian käsitys oppimisesta

Kognitiivinen psykologia näkee ihmisen muistin ja toimintatietorakenteiden koostuvan käsitejoukoista, joita nimitetään skeemoiksi. Eri objekteihin ja toimintoihin, konkreettisiin ja abstrakteihin, liittyy skeemoja, joihin on jäsentynyt niihin liittyvät tiedot. Dubinsky (1991, 166) määrittelee skeeman seuraavasti:

"Skeema, kuten olen sanonut, on enemmän tai vähemmän yhtenäinen kokoelma kognitiivisia objekteja ja sisäisiä prosesseja näiden objektien käsittelemiseksi. Skeemassa on erilaisia toimintoja ja rakenteita, joilla voidaan muodostaa uusia skeemoja."

Samaan tapaan skeeman määrittelevät Glaser (1987) ja Piaget (Leino 1993).

Perinteisessä koulussa oppilaat käyttävät skeemojen pätevyden testaamisessa opettajaa apuna. Jos opettaja hyväksyy oppilaan konstruktion, tuntee oppilas voivansa käyttää tätä konstruktiota tulevaisuudessakin (Björkqvist 1993, 25). Skeeman pätevyden testaamiseen ei kuitenkaan välttämättä tarvita ulkopuolista auktoriteettia. Näin on usein laita koulun ulkopuolisessa oppimisessa. Oppijat saavat palautetta ympäristön ilmiöistä, jotka joko vahvistavat heidän skeemojaan tai pakottavat muuttamaan niitä todellisuutta vastaaviksi.

Glaser (1987, 89) vertaa skeemaa tieteelliseen teoriaan. Se on malli jonkin asian tilasta ja toiminnasta. Jos skeema tai teoria ei toimi jossain tilanteessa, on sitä muutettava tai hylättävä kokonaan.

Konold ja Johnson (1991, 7) jakavat skeemat niiden toiminnan perusteella kahteen ryhmään: bottom-up- ja top-down-skeemoihin. Ensimmäiset ovat algoritminomaisia menettelytapoja, jotka prosessoivat annettuja tietoja ja muodostavat niistä lopuksi johtopäätöksiä. Jälkimmäiset skeemat ovat edellisiä kehittyneempiä, sillä niihin liittyy enemmän abstraktia tietoa. Ennen prosessointia tehdään hypoteeseja, joiden avulla voidaan annetuista tiedoista valita oleelliset johtopäätöksien muodostamiseksi.

Oppilas, jonka matemaattiset skeemat ovat bottom-up-tyyppisiä, yrittää soveltaa matemaattiseen ongelmaan viimeksi oppimiaan ratkaisualgoritmeja. Hän saattaa mekaanisesti laskea annetut arvot yhteen, koska viimeksi on käsitelty yhteenlaskua.

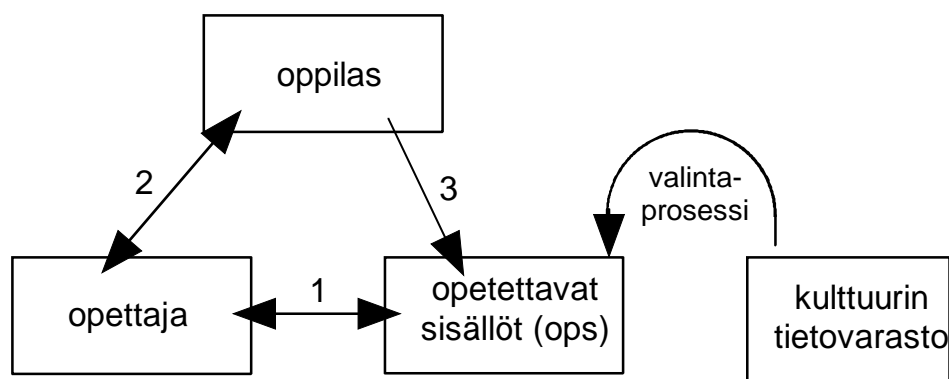
Top-down-skeemoilla ajatteleva lähtee liikkeelle tuloksesta. Millaisia vaatimuksia tehtävä asettaa ratkaisulle? Mitä annetuista tiedoista tarvitaan vastauksen antamiseen ja tarvitaanko algoritmeja? Ekspertin (ks. 3.1.) ominaisuutena on hyvä, mutta tilannesidonnainen ongelmanratkaisutaito, jonka juuri ongelmanratkaisuun liittyvien skeemojen top-down-rakenne saa aikaan.

Kognitiivisen psykologian oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on henkilökohtaista. Tämä ei johdu ainoastaan jokaisen yksilön ainutkertaisten skeemojen rakenteista, joiden muuttumista oppimisen voitaisiin katsoa olevan. Oppimiseen vaikuttavat myös yksilölliset tyypillisten kognitiivisten tyylien ja oppimistyylien laatu sekä hänen omaksumansa oppimisstrategiat (Riding & Rayner 1998).

5.2. Perinteinen opetuksen kolmijako

Vaikka kasvatusta ja oppimista on tutkittu pitkään ja tuloksellisesti, ei edes peruskäsitteiden määrittämisestä ole päästy yksimielisyyteen, sillä erilaiset yhteiskunnalliset ja psykologian suuntaukset näkevät kasvatuksen tehtävän ja ihmisen luonteen eri tavoin. Siksi erilaisia oppimista koskevia määritelmiä on esitelty useita, jopa täysin vastakkaisia (Hirsjärvi 1982, 133).

Kouluopetuksen kaikissa vaiheissa mukana on kolme tekijää: oppilas, opetettava asia ja opettaja. Tekijöitä yhdistää yksi- tai kaksisuuntainen vaikutus (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Opetuksen kolmijako.

Opettaja saa opetettavat sisällöt opetussuunnitelmasta, joka on valittu kulttuurin tietovarastosta. Opettaja toimii yhtenä valintoja tekevänä tahona muokaten opetussuunnitelmaa (1). Hänen toimintansa suuntautuu oppilaaseen - toisaalta opettajan opetukseen vaikuttavat oppilaiden henkilökohtaiset ominaisuudet (2). Opetussuunnitelmassa on otettu huomioon oppilaiden yleinen kehitystaso (3). Sensijaan suoraa vaikutusta opetussuunnitelmasta oppilaaseen on vaikea kuvitella, vaan vaikutus tapahtuu aina opettajan kautta.

5.3. Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Edellä kuvattu malli opetuksen perustekijöistä ei sellaisenaan sovi konstruktivistisen tiedonkäsitykseen, vaan mallin vaikutussuhteiden sisältöä on tarkennettava. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan opetuksen tulisi välittää oppilaalle paitsi atomistisia sisältöjä, myös käsitteiden välisiä rakenteita. Opittava tieto ei siirry suoraan, vaan prosessi on aina henkilökohtainen (Leino 1993, 1).

Ausubel ja Robinson (1969) sekä Ausubel, Novak ja Hanesian (1978) ovat tarkastelleet ehtoja merkitykselliseksi oppimiseksi (meaningful learning) nimittämälleen konstruktivistiselle oppimiselle. Toisaalta kysymys on opittavan aineksen ominaisuuksista (looginen merkityksellisyys) ja toisaalta oppijan aikaisemmista tiedoista (psykologinen merkityksellisyys). Looginen merkityksellisyys tarkoittaa, että aineksen on oltava riippumaton esitystavasta ja sillä on oltava yhteyksiä muihin käsitteisiin. Psykologista merkityksellisyyttä on tarkasteltava jokaisen oppijan kohdalla erikseen: löytyvätkö juuri tämän oppilaan aikaisemmasta tietorakenteesta uuden oppimiseen tarvittavat käsitteet? Aikaisemmat tiedot vaikuttavat uuden oppimiseen, vaikka tarkoituksena ei olisikaan kytkeä uutta tietoa mihinkään aikaisemmin opittuun. Toisin sanoen mikään opittu sisältö ei muodosta omaa "saarekettaan" oppijan kognition. (Ausubel, Novak & Hanesian 1978, 44, 49, 165)

Koska merkityksellisen oppimisen teoria perustuu oppijalla jo olevien käsitteiden merkitysten huomioimiseen, on englanninkielisen termin "meaningful" suomenkielisessä kirjallisuudessa käytetty käänös "mielekäs" (esim. Engeström 1987, 19) on harhaanjohtava viitaten lähinnä motivointiin.

Niegemann ja Treiber (1982) selittävät konstruktivistisen oppimisen käyttämällä tietoaineksen struktuurin (Lehrstoffstrukturen), kognitiivisen struktuurin (kognitive Strukturen, ks. myös Ausubel & Robinson 1969, 51) ja didaktisen struktuurin (didaktische Strukturen) käsitteitä.

Tietoaineksen struktuurilla tarkoitetaan aihealueen tai tieteenalan rakennetta, jonka opettaja yleensä saa käyttöönsä oppimateriaalissa valmiiksi strukturoituna. Opettamista varten on tehtävä valintoja, käsitteellistämistä sekä korostaa joitakin yhteyksiä ja jättä joitakin huomiotta. Kognitiivisella struktuurilla tarkoitetaan yksittäisen ihmisen käsitteitä ja toimintatapoja. Didaktinen struktuuri puolestaan edustaa opetus-oppimisprosessia, jossa on huomioitu oppimispsykologiset kysymykset. Tieto on järjestetty usein kronologisesti ja oppimistilanteet on ketjutettu kokonaisuudeksi. (Niegemann & Treiber 1982)

Näitä käsitteitä käyttämällä tyypillinen opettajajohtoinen oppiminen voidaan määritellä prosessiksi, joissa opettaja aluksi rakentaa oman kognitiivisen struktuurinsa tietoaineksen struktuuria hyödyntämällä. Muodostamansa kognitiivisen struktuurin perusteella opettaja laatii didaktisen struktuurin. Koska tiedon suora siirtäminen on konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan mahdotonta, tulee didaktinen struktuuri rakentaa siten, että oppilas voi sen välityksellä muokata omaa kognitiivista struktuuriaan mahdollisimman lähelle alkuperäistä tietoaineksen struktuuria. Didaktinen struktuuri rakentuu esimerkeistä, tehtävistä ja kysymyksenasetteluista. (Niegemann & Treiber 1982; Olkinuora, Salonen & Lehtinen 1984; Lehtinen 1988)

Edellä esitetty konstruktivistisen oppimisen malli yksinkertaistaa luonnollisesti todellista tilannetta, mutta siitä on hyötyä opetuksen suunnittelua ajatellen. Malli korostaa suunnittelun eli didaktisen struktuurin luomisen merkitystä. Opettaja ei voi siirtää omaa kognitiivista struktuuriaan suoraan, vaan hänen on luotava sellainen tilanne, jossa oppilas muokkaa omaa kognitiivista struktuuriaan haluttuun suuntaan. Konstruktivistisen oppimisen näkökulmasta ei siis riitä, että opettaja tuntee opettamansa asian hyvin, ts. hänen oma kognitiivinen struktuurinsa on selkeä ja yhtäpitävä tietoaineksen struktuurin kanssa, vaan laadukkaan oppimisen keskeinen edellytys on opettajan kyky luoda tehokas didaktinen struktuuri. Konstruktivistinen teoria vaatii opettajalta entistä parempaa ammattitaitoa.

5.4. Oppiminen avoimessa oppimisympäristössä

Koululle asetetut haasteet, tiedon määrän valtava kasvu ja rutiininomaisten tehtävien siirtäminen koneiden hoidettavaksi, on johtanut lapsikeskeisten kasvatus- ja opetusmenetelmien uuteen arvostukseen (ks. 3.2.2.). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta avoimen oppimisympäristön tavoitteena on houkutella oppija käyttämään aktiivisesti hänellä jo olevia tietoja ja taitoja, jotka toimivat tarttumapintana uudelle oppimisympäristöstä saatavalle tiedolle. Samalla pyritään tehostamaan vuorovaikutusta oppijan ja opittavan asian välillä. Lafer ja Markert (1994) korostavat avoimen oppimisympäristön ja luovan ongelmanratkaisun motivoivaa vaikutusta, joka syntyy monimutkaisista ja todenmukaisista tehtävänannoista.

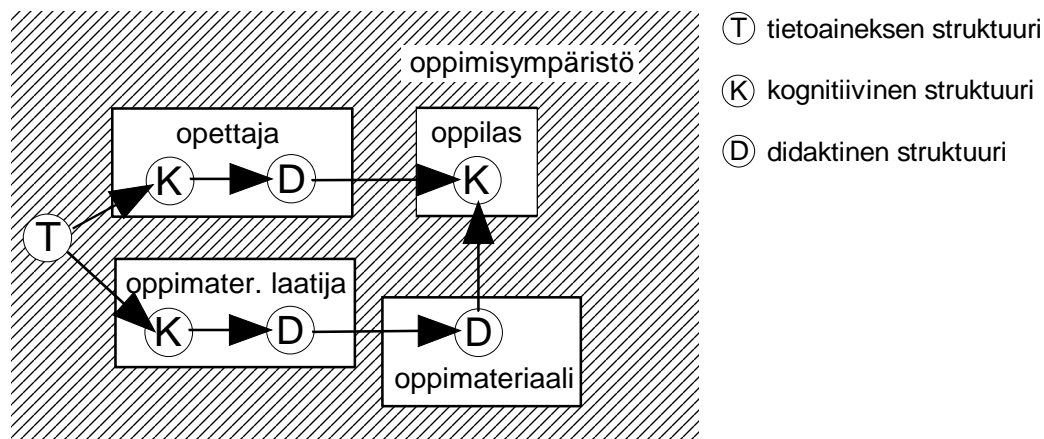
Avoimen oppimisympäristön käyttö muuttaa opetus- ja oppimistilannetta verrattuna perinteiseen opettajajohtoiseen asetelmaan. Oppilaiden lisääntyvä vaikutusvalta oman työnsä suunnittelussa ja toteuttamisessa vähentää opettajan suoran vaikuttamisen määrää. Tämä vaikuttaa didaktisen struktuurin rakenteeseen.

Avoimessa oppimisympäristössä on konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta tarkasteltuna kolmenlaisia yhteyksiä oppijan kognitiiviseen struktuuriin. Ne ovat yksisuuntainen, vuorovaikutteinen ja reaktiivinen yhteys.

Yksisuuntaisessa yhteydessä (one-way connection) oppilas on suunnitellun didaktisen struktuurin vastaanottaja (ks. kuvio 12). Tämä ei tarkoita, että oppija olisi passiivinen - onhan konstruktivistisen oppimisen ytimenä oppijan aktiivinen konstruointi, joka voi olla äänetöntä uuteen liittyvien

kysymysten esittämistä ja samaan asiaan liittyvän aiemman tiedon arviointia. Esimerkkeinä yksisuuntaisesta yhteydestä ovat opettajan esitys ja oppikirjan tekstin lukeminen.

Leimallista yksisuuntaiselle yhteydelle on se, ettei oppilaan kognitiivinen struktuuri vaikuta yhteyden aikana mitenkään didaktiseen struktuuriin. Oppilas on esimerkiksi valinnut mielenkiintoisen kohdan tietosanakirjasta kognitiivisen struktuurinsa perusteella, mutta sanakirjan teksti (didaktinen struktuuri) ei reagoi hänen kognitiiviseen struktuuriinsa.



Kuvio 12. Struktuurien muokkautuminen yksisuuntaisessa yhteydessä.

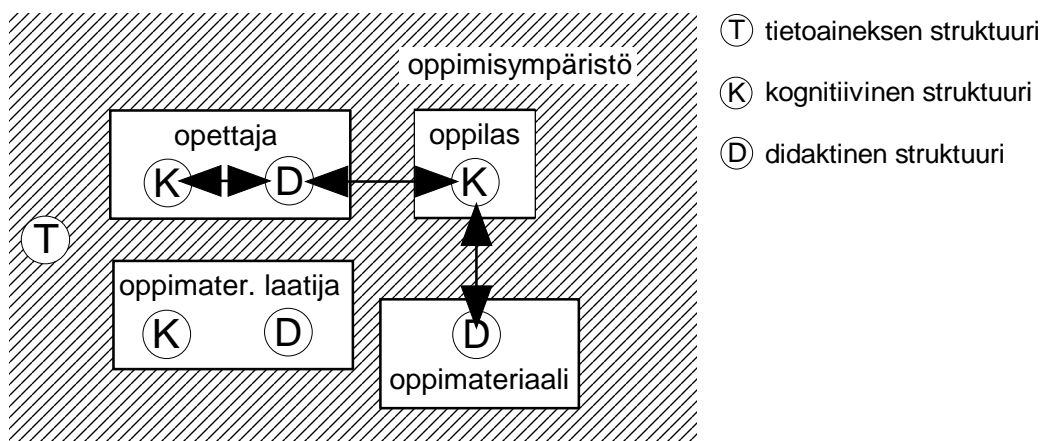
Vuorovaikutteisessa yhteydessä (dialogic connection) oppilas saa suoraa palautetta skeemansa perusteella tekemistään väitteistä joltain ulkopuoliselta taholta (ks. kuvio 13). Esimerkkejä vuorovaikutteisesta yhteydestä ovat opettajan kysely, perinteinen tietokoneavusteinen opetusohjelma, aineenhallintaa mittaava kirjallinen koe tai opetuskeskustelu. Suomala (1999, 45-48) luonnehtii tällaista oppimista välittäväksi (mediated learning).

Kolmessa ensimmäisessä esimerkissä (kysely, opetusohjelma ja koe) palaute on tavallisesti suoraviivaista, joko kontrolloivaa tai arvioivaa (esim. Stipek 1996). Kyselyssä opettaja esittää didaktisen struktuurinsa perusteella kysymyksiä ja antaa didaktisen struktuurin perusteella palautetta oppilaiden omien skeemojensa perusteella esittämiin väitteisiin. Perinteiset tietokoneavusteiset opetusohjelmat toimivat paljolti samoin kuin opettajan kysely, joka rakentuu kysymys-vastaus-arviointi -järjestyksen varaan (Mehan 1979, 73). Kirjallisessa kokeessa opettajan didaktisen struktuurin palaute tulee viiveellä.

Opetuskeskustelussa pyritään asian syvempään käsittelyyn, ja tavoitteena on saada oppilaiden skeemoja aktivoitua ja tiedon konstruointia tehokkaammaksi. Vuorovaikutus on tasaveroisempaa kuin opettajan kyselyssä, ja suoraviivaisen palautteen sijaan oppilaat peilaavat omia skeemoja toistensa esittämiin väitteisiin. Sopivia kysymyksenasetteluja voivat olla esim. yhteenvetojen tekeminen, jonkin ajatuksen puolustaminen tai toisten esittämien ajatuksien arviointi (Gaskins ym.

1994). Vaikka opetuskeskustelussa opettaja ei arvioikaan suoranaisesti puheenvuorojen oikeellisuutta, ohjaa keskustelua opettajan didaktinen ajattelu.

Vuorovaikutteiseen yhteyteen nojaavia opetusmuotoja yhdistää se, että siinä oppilas asettaa omat skeemansa ulkopuolisen tahon (opettaja, tietokoneohjelma) kritiikille alttiiksi. Palaute voi olla luonteeltaan hyvin suoraviivaista (kyllä / ei). Syvässä opetuskeskustelussa opettaja pyrkii vaikuttamaan oppilaiden skeemoihin keskustelua hienovaraisesti ohjaamalla.



Kuvio 13. Struktuurien muokkautuminen arvioivassa yhteydessä. Oppilaat saavat palautetta kognitiivisista struktuureistaan oppimateriaalista (esim. matematiikan tuloskirjalta) ja opettajalta, joka voi tilanteen niin vaatiessa hyödyntää omaa kognitiivista strukturiaan ja muokata didaktista strukturia tilanteen mukaan.

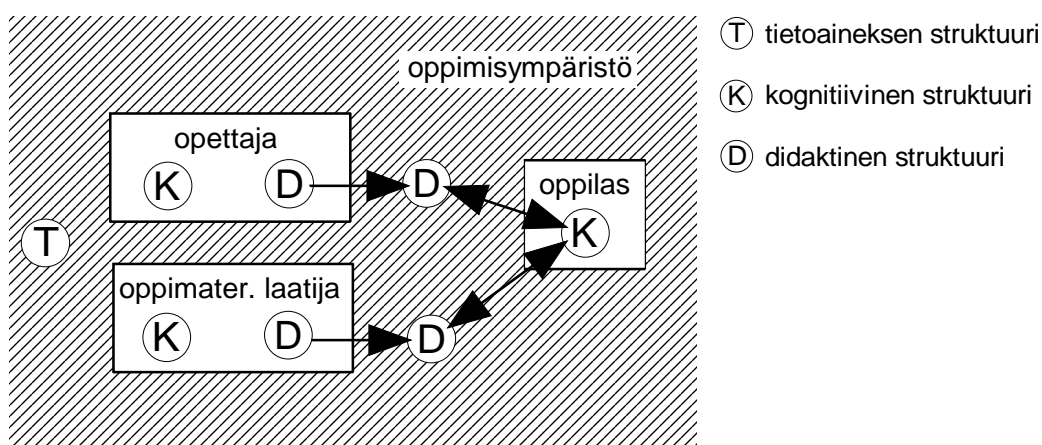
Reaktiivisessa yhteydessä (reactive connection) oppilas on testaa omia skeemojaan oppimisympäristössä olevien elementtien avulla. Oppilaalla on jokin skeema, jonka mukaan hän muodostaa hypoteesin. Kun arvioivassa yhteydessä oppilas sai palautetta kognitiivisesta struktuuristaan ulkopuolisen palautteen perusteella, reaktiivisessa yhteydessä hän tulkitsee itse ympäristön antaman palautteen ja vertaa sitä kognitiiviseen struktuuriinsa. Didaktinen struktuuri on rakennettu oppilaiden tehtävänantoihin sekä käytettävissä oleviin välineisiin ja tukimuotoihin (ks. kuvio 14). Suomala (1999, 48-49) nimittää vastaavanlaista oppimista keksiväksi (discovery learning).

Esimerkkejä reaktiivisen yhteyden hyödyntämisestä ovat uuden toimintamallin kokeileminen sosiaalisessa ristiriitatilanteessa ("tällä kertaa en lyökään, vaan kävelen pois"), fysiikan laboratorioskoe tai termostaatin toimintaan tutustuminen rakentamalla toimiva pienoismalli.

Esimerkiksi Lafer ja Markert (1994) kuvaavat, kuinka oppilasryhmä työskenteli Lego TC Logo -laitteiston kanssa: "Toisin kuin tyypillisessä luokkatilanteissa, ne kysymykset, joihin oppilaat pyrkivät vastaamaan nousevat heidän vuorovaikutuksestaan ympäristön kanssa." Ohjelmoinnin yhteydessä ohjelmoija on jatkuvasti vuorovaikutuksessa ohjelmointiympäristön kanssa. Osa ohjelmointitaitoa on hallita tämä syklinen vuorovaikutusprosessi (Norman 1986; Hughes &

Greenhough 1995). Lavonen (1996, 80) esittää omien skeemojen testaamisen koejärjestelyjen avulla soveltuvan myös fysiikan oppimiseen.

Reaktiivisen yhteyden etuna on se, että oppilaan kognitiivinen strukturi on aidossa vuorovaikutuksessa didaktisen struktuurin kanssa. Oppilas esittää hypoteeseja aikaisemman kognitiivisen struktuurin perusteella, tutkii niitä oppimisympäristössä ja saa siellä olevasta didaktisesta struktuurista vahvistusta tai muutoksia omaan kognitiiviseen strukturiinsa. Tällainen työskentely on omiaan kehittämään oppilaan itsearviointi- ja reflektointitaitoja.



Kuvio 14. Struktuurien muokkautuminen reaktiivisessa yhteydessä.

On painotettava, että edellä tehty tarkastelu on tehty lähes yksinomaan kognitiivisen psykologian näkökulmasta. Mainitut Suomalain (1999) käyttämät käsitteet "välittävä" ja "keksivä oppiminen" lähestyvät asiaa didaktisesta näkökulmasta.

Huomionarvoista on myös se, että edellä esitetyt yhteydet esiintyvät vain harvoin sellaisenaan luokkatilanteessa. Etenkin yksisuuntainen yhteys ja vuorovaikutteinen yhteys sulautuvat usein menetelmäksi, jossa opettaja esimerkiksi korostaa oman esityksensä keskeisiä piirteitä lyhyillä kysymyksillä. Samoin reaktiiviseen yhteyteen liittyy usein myös yksisuuntainen tai kaksisuuntainen yhteys opettajan neuvoessa oppilasta.

Oppilas voi olla vuorovaikutuksessa myös toisten oppilaiden kognitiivisten struktuurien kanssa. Juuri tätä osapuolten välistä vuorovaikutusta (toisena osapuolena voi olla myös opettaja, oppikirja tai oppimisympäristön elementti) Tella ja Mononen-Aaltonen (1998, 120) kutsuvat dialogiksi. Heidän osuva arvionsa virtuaalisen oppimisympäristön tehokkuudesta korostaa vuorovaikutuksen merkitystä: "Virtuaalinen oppimisympäristö ei ole välttämättä tehokkaampi (tai tehottomampi, mitä sikseen tulee) kuin perinteinen luokkamuotoinen oppimisympäristö, jos dialogi puuttuu" (Tella & Mononen-Aaltonen 1998, 102). Roth, Anderson ja Smith (1987) esittävät tapaustutkimuksensa

perusteella, että tehokasta käsitteen muuttumista tukevassa luokkahuonekeskustelussa opettaja:

- reagoi oppilaiden virheellisiin käsityksiin
- kiinnittää huomiota annettuihin selityksiin
- tarkentaa ja syventää oppilaiden vastauksia
- hyödyntää sekä avoimia että suljettuja kysymyksiä
- antaa mahdollisuuden uusien käsitteiden käyttämiseen

Kletzien ja Baloché (1994) suosittelevat oppilaiden keskustelutaitojen kehittämiseen käytettäväksi strukturoituja yhteistoiminnallisia työskentelymenetelmiä.

Avoimessa oppimisympäristössä pyritään yhdistämään koulun ulkopuolisen oppimisen spontaanisuus ja aito vuorovaikutus opittavan asian ja oppilaan tietorakenteen välillä sekä kouluoppimisen suunnitelmallisuus ja tehokkuus. Hyvin laadittu oppimisympäristö mahdollistaa oppilaalle skeemojen rakentamisen ja testaamisen. Periaatteessa oppilas ei ole sidottu muun luokan etenemisvauhtiin, vaan hän voi toimia omien kykyjensä edellyttämällä nopeudella.

Oppimisympäristön avoimuus eroaa perinteisestä mukaan epäonnistumista karttavat oppilaat kokivat avoimet tehtävät helpotuksena, koska heidän ei tarvinnut keskittyä tiettyjen ennaltamäärittäneiden tavoitteiden saavuttamiseen. Sosiaalisesti riippuvaisten oppilaiden kohdalla oppimisympäristö muuttui ja he saivat entistä vähemmän huomiota opettajalta. (Järvelä 1996, 5-6)

5.5. Opetukselle asetettavat vaatimukset

Konstruktivisen luonteensa vuoksi tietoa on mahdotonta siirtää sellaisenaan. Jokainen oppimistilanne merkitsee tiedon järjestelyä yhä uudelleen ja uudelleen.

Jos tietoja ei voi siirtää oppilaille opettamalla, miten opetus tulisi järjestää? Malleja konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaiseen opetukseen on harvassa. Tätä tutkimusta varten selvitettiin kahta eri lähestymistapaa.

5.5.1. Haapasalon käsitteenmuodostusprosessi

Perinteiseen opettajakeskeiseen näkemykseen sopii Haapasalon (1994) esittelemä käsitteenmuodostusprosessi. Prosessi on esitelty hyvin käytännönläheisesti ja ohjelmanomaisesti, joten sen seuraaminen ja soveltaminen on helppoa.

Haapasalo on matematiikan opettamiseen liittyvän MODEM-projektin yhteydessä jakanut konstruktivisen käsitteenmuodostusprosessin viiteen vaiheeseen, jotka helpottavat opettajaa suunnittelemaan konstruktiviseen tiedonmuodostukseen perustuvaa opetusta. Seuraavaksi esitetään lyhyt yhteenveto prosessin vaiheista Haapasalon (1994, 202-206) mukaan.

Käsitteeseen orientoitumisvaiheessa järjestetään ongelmatilanne, jota oppilaat ratkaisevat aikaisempien konstruktioidensa avulla. Tässä vaiheessa oppilaalle synnytetään aiemmin opitun ja uuden havainnon välinen loogis-kognitiivinen ristiriita, joka pakottaa hänet muuttamaan aikai-

sempia skeemojaan tai luomaan uusia. Käsitteeseen liitetään määreitä eli attribuutteja, jotka voivat olla kuvallisia, symbolisia tai sanallisia.

Käsitteen määrittely aikana oppilaat pyrkivät etsimään uuden käsitteen oleelliset tunnusmerkit. Eksaktia määritelmää ei haeta oppilailta, sillä sen kysyminen testaisi sitä, ovatko oppilaat aiemmin kuulleet sen vai eivät. Haapasalo pitää tärkeänä, että eri attribuuttien harjoittelua ja tiedon muuntamista esitysmuodosta toiseen.

Käsitteen tunnistamisvaihe on vaiheista tärkein. Tehtävät ovat yksinkertaisia, yksittäisessä tehtävässä on oltava vain vähän tietoa ja niissä on käytettävä monipuolisesti käsitteeseen liittyviä kuvallisia, symbolisia ja sanallisia attribuutteja.

Käsitteen tuottaminen eroaa tunnistamisesta siten, että oppilaan on valitsemisen sijaan tuotettava itse tieto vaaditussa muodossa. "Eroa kuvaa ehkä osuvasti tilanne, missä pankkineidin olisi piirrettävä kuva henkilöstä, joka juuri ryösti hänen kassansa. Hän kykenisi ilmeisesti tunnistamaan ryöstäjän useidenkin henkilöiden joukosta ---, mutta tuskin tuottamaan hänen kuvaansa" (Haapasalo 1994, 206). Oppilaiden tulisi harjoitella käsitteiden tuottamista ja muuttamista attribuuteista toiseen.

Käsitteen lujittamisvaiheessa oppilas syventää käsitettä ja käyttää sitä eri tarkoituksiin. Uuteen käsitteeseen liittyy aikaisempia konstruktioita joiden yhteyksiä haetaan.

Haapasalon esittelemän käsitteenmuodostusprosessin taustalla on Piaget'n mutta etenkin Galperinin teoria (Haapasalo 1985). Haapasalo ei näytä tunnistavan Ausubelin merkityksellisen oppimisen mukaisia ajatuksiaan. Esimerkiksi hänen nykyistä matematiikan opetusta kohtaan esittämänsä kritiikki kävisi hyvästä merkityksellisen oppimisen malliesimerkistä (Haapasalo 1990, 236).

Ausubel ja Robinson (1969) mainitsevat käsitteen oppimisen koostuvan kahdesta vaiheesta: käsitteen muodostamisesta ja nimeämisestä. Myöhemmin vaiheita erotetaan kahdeksan, jotka käyvät melko hyvin yksiin Haapasalon vaiheiden kanssa (Ausubel, Novak & Hanesian 1978, 99).

Yhteiset piirteet oman käsitteenmuodostusprosessinsa ja Ausubelin merkityksellisen oppimisen välillä Haapasalo kuittaa mainitsemalla Ausubelin oppimisteorian olevan päällekkäinen Galperinin teorian kanssa (Haapasalo 1985, 19).

5.5.2. "Tekemällä oppiminen"

Toinen konstruktivistista oppimista toteuttava malli on deweyläinen lapsikeskeinen malli. Dewey (1956b) asetti opetuksen lähtökohdiksi erilaiset aihepiirit, kuten primitiiviset kulttuurit tai uudisraivaajien elämän. Hänen mukaansa näihin liittyvät työt, kuten työkalujen, kankaiden tai ruoan valmistus, synnyttävät todellisia tiedollisia ongelmia, jotka ratkaistaan havainnoin ja kokein. Eri oppiaineet, jotka esitetään tavallisesti täysin irrallisina, saavat aihepiiristä motivoivan tarttumapinnan todellisuuteen. Maailmankuvasta muodostuu eheä. Deweyn learning by doing, "tekemällä oppiminen" -pedagogiikasta tarkemmin esim. Dewey (1956b) ja Hytönen (1992).

Meisalon (1989; 1994) LT-malli soveltuu deweyläisen pedagogiikan nykyaikaiseksi ympäristöksi. Tämän vuosisadan aikana maailma on muuttunut. Työpajojen lisäksi erilaisia virtuaalimaailmoja tarjoava tietotekniikka on luonteva osa tämän päivän deweyläistä learning-by-doing -oppimis-ympäristöä.

Opettajan tukihenkilön roolia kuvaavat Hämäläinen ja Häkkinen (1995, 15-20). Atkinson (1996) jakoi tutkimuksensa pohjalta teknologiaa opettavat kahdeksi eri ryhmäksi, joita hän nimitti väliintulijoiksi (interventionist) ja työtovereiksi (collaborator). Hänen mukaansa väliintulijoiden oppilaat eivät tunteneet projekteja omikseen, koska opettaja oli tehnyt tärkeitä ratkaisuja heidän puolestaan. Toisaalta "työtoverien" oppilaiden ongelmana oli suunnittelun venyminen. Oppilaiden motivaatio laski, koska heistä tuntui, etteivät he koskaan pääse toteutusvaiheeseen.

5.6. Lapsikeskeisyyden ja konstruktivistisen oppimisen välistä rajankäyntiä

Lapsikeskeinen kasvatus (ks. 3.2.2.) ja konstruktivistinen oppiminen käsitetään usein etenkin arkisessa kasvatuskeskustelussa yhteneviksi suuntauksiksi. Lapsikeskeisen kasvatuksen ja konstruktivistisen oppimisen väliset yhteydet löytyvät lapsen/oppijan ominaisuuksien huomioimisena. Lapsikeskeinen kasvatustajattelu näkee kasvatuksen lapsen luonnollisen kasvun tukena eikä niinkään voimakkaana ulkopuolisena interventiona (Neill 1968, 24; Rousseau 1933, 15; Dewey 1956b, 36). Kognitiivisen psykologian näkemys oppimisesta painottaa aikaisempien tietorakenteiden merkitystä oppimiselle (Ausubel & Robinson 1969, 57-58).

Tästä peruslähtökohdasta seuraa useita yhteisiä toimintatapoja, kuten itseohjautuvuuden ja -reflektion korostaminen sekä opettajan rooli sivusta seuraavana tukihenkilönä. Kokonaisopetus, vastakohtanaan ainejakoinen opetus, on molemmissa suuntauksissa merkittävässä asemassa. Lapsikeskeinen kasvatus korostaa lapsen ja hänen ympäristönsä luonnetta erottamattomana kokonaisuutena (Dewey 1956a, 5-6). Myös konstruktivistinen oppimisteoria asettaa laadukkaan oppimisen tavoitteeksi kognitiivisen struktuurin eheyden eri skeemojen yhteyksiä aktivoimalla (Ausubel & Robinson 1969, 57-58).

Kognitiivisen psykologian mukaista konstruktivistista oppimista on kuitenkin mahdollista toteuttaa myös hyvin opettajajohtoisesti. Edellä esitetty Haapasalon käsitteenmuodostusprosessi koostuu selkeistä ohjeista opetuksen toteuttamiseksi, jotka tukevat suunnitelmallisesti käsitteiden muuttamista. Oppilaskohtaista liikkumavaraa ei ole enempää kuin mitä opettajajohtoisessa opetuksessa on mahdollista.

Toisaalta myöskään lapsikeskeinen kasvatus ei välttämättä sisällä konstruktivistista oppimiskäsitystä. Esimerkiksi A. S. Neillin kuuluisassa Summerhill-koulussa, joka Bruhnin (1973, 22) mukaan edustaa erittäin jyrkkää lapsen itsemääräämisoikeutta korostavaa vapauspedagogista suuntausta, opetus on luonteeltaan opettajajohtoisista ja jopa vanhanaikaista (Neill 1968, 24, 91).

Yhteenvetona voitaisiin sanoa, että lapsikeskeinen kasvatus ja konstruktivistinen oppimisenäkemykset yhtyvät käytännön kasvatustyön tasolla lapsen luonteen (lapsikeskeinen kasv.) ja aikaisempien tietojen (konstr. oppimisenäk.) huomioimisena. Molemmista tavoitteista seuraa tarve sovittaa oppimistavoitteita oppilaskohtaisiksi. Kuitenkin sekä lapsikeskeistä kasvatusta että konstruktivistista oppimiskäsityksen mukaista opetusta voidaan toteuttaa myös toisistaan riippumatta.

5.7. Tiedonkäsitys tässä tutkimuksessa

Tämän tutkimuksen suhde tietoon on käytännöllinen. Päämielenkiinto ei kohdistu siihen, miten oppija konstruoi oppimansa asiat vaan se, voidaanko tiettyä apuvälinettä hyödyntää opetuksessa. Siksi määriteltäessä tutkimuksessa käytettävää tiedonkäsitystä voidaan lähtökohdaksi hyväksyä naivi konstruktivismi, kunhan mukaan otetaan sosiaalisen konstruktivismin käsitys tiedon yhteisöllisestä luonteesta. Konstruktivistinen oppimiskäsitys vaikuttaa kuitenkin tämän tutkimuksen opetuskokeilun opetukseen.

Tutkimus on ajallisesti lyhyt, joten Piaget'n konstruktivismin mukainen ajatus havaintojen muuttumisesta havaintojakson kuluessa voidaan jättää huomiotta. Teoria kognitiivisista kehityskausista sinänsä nähdään paikkaansapitävänä, mutta tutkimuksen lyhyen ajanjakson aikana tutkittavien kognitiivinen kehitystaso ei muutu niin merkittävästi, että se tulisi ottaa huomioon. On kuitenkin selvää, että kehitystaso on huomioitava jakson aikana annettavassa opetuksessa.

6. Tutkimusongelmat

Seuraavassa luvussa esitellään tutkimusongelmat sekä niiden valintaan ja muotoiluun vaikuttavat syyt.

Tämän tutkimuksen tarkoitus, Empirica Controlin käyttöönotto ja sen tutkiminen peruskoulun ala-asteella, viittaa toimintatutkimukselliseen otteeseen, jolloin toteutetaan teoriasta johdettua opetusta ja kerätään saatuja kokemuksia mahdollisimman luotettavasti raportointia varten. Empirica Control on suunniteltu osaksi avointa oppimisympäristöä. Sen käyttökelpoisuus tässä tehtävässä riippuu pitkälti sen helppokäyttöisyydestä.

6.1. Tutkimusongelma 1

Mielenkiintoisin Empirica Controlin piirre on mielestäni sen graafinen ohjelmointikieli, joka tekee ohjelmoinnin konkreettiseksi ja helpoksi. Tämä on uutta ja kiinnostavaa.

Tässä tutkimuksessa pyritään hakemaan empiriasta tukea väitteelle Empirica Controlin ohjelmointikielen helppokäyttöisyydestä, joka oli yksi avoimen oppimisympäristön tietokonejärjestelmälle asettamista vaatimuksista. Oppimisympäristön osaksi tarkoitettua järjestelmää voidaan pitää ala-asteen tasolla helppokäyttöisenä, jos varhaisella konkreettisten operaatioiden kaudella (Piaget'n mukaan) oleva oppilas kykenee sitä käyttämään.

Piaget'n kognitiivisia kehityskausia koskevan teorian (ks. Piaget 1988) mukaan peruskoulun toisella luokalla olevat 8-9 -vuotiaat ovat varhaisella konkreettisten operaatioiden kaudella (Hautamäki 1995, 238-243). Empirica Control vaatii käyttäjältään lukutaitoa. Tämä rajaa pois ensimmäisen luokan oppilaat. Santakallion (1995) mukaan kolmannella luokalla on jo toteutettu menestyksellisiä tietokoneavusteisia teknologian opetusprojekteja esimerkiksi Kajaanin normaalikoulussa Lego TC Logo -järjestelmää käyttäen, jonka ohjelmointi ei ole yhtä konkreettista kuin Empirica Controlin. Siksi tutkittaviksi valitaan peruskoulun toisluokkalaisia. Tulosten luotettavuutta lisätään vastaamalla keskeisiin tutkimusongelmiin myös kahdessa eri käyttöympäristössä.

Tämän perusteella asetetaan tutkimusongelma 1:

Oppivatko peruskoulun 2. luokalla olevat oppilaat käyttämään Empirica Controlia opetusjakson aikana?

6.2. Tutkimusongelma 2

Tutkimusongelmaan 1 vastaaminen vaatii opetusjaksojen järjestämistä, jolloin samalla saadaan käytännön kokemuksia Empirica Controlin käytöstä opetustilanteissa. Koska aikaisempia kokemuksia sen käytöstä ala-asteella ei ole, on perusteltua asettaa tutkimusongelma 2 seuraavasti:

Millaisia kokemuksia oppilaat ja opettaja saavat Empirica Controlin käytöstä tutkimusjakson aikana?

Alaongelmina ovat seuraavat erityiset kiinnostuksen kohteet:

- 2A) Millaisia ovat oppilaiden tietokoneen käyttöä koskevat asenteet ja miten ne muuttuvat opetusjakson edetessä?
- 2B) Onko oppilaiden tietokoneen käyttöä koskevilla asenteilla ja tietokoneen käytön vaikeuksilla yhteyttä toisiinsa?

6.3. Tutkimusongelma 3

Uuden opetusmenetelmän tai -välineen käyttöönottoon pitäisi liittyä varma tieto siitä, että uudistus parantaa oppilaiden oppimista tai muuta haluttua koulun toiminnan osaa, esimerkiksi ilmapiiriä. Mielenkiintoista olisi tietää, edistääkö Empirica Controlin käyttö luonnontieteiden ja teknologian oppimista.

Vaikka teknologisen yleissivistyksen käsite onkin epäselvä, voitaisiin sen osana pitää kykyä ymmärtää teknologisten prosessien pääperiaatteet (ks. 8.2.). On mielenkiintoista nähdä, pystytäänkö lyhyellä opetusjaksolla opettamaan teknologiaa. Vaikutuksen tutkiminen on mielenkiintoista etenkin siksi, että tämän tutkimuksen aikana annettava opetus on ensimmäinen tutkijan oma kokeilu teknologianopetuksen alueella. Siksi määritellään tutkimusongelma 3:

Selittävätkö opetusjaksoon osallistuneet oppilaat teknologisia prosesseja eri tavalla kuin sellaiset, jotka eivät ole osallistuneet opetusjaksoon?

Alaongelmat ovat:

- 3A) Miten opetusjaksoon osallistuvat oppilaat selittävät teknologisia prosesseja?
- 3B) Miten opetusjaksoon osallistumattomat oppilaat selittävät teknologisia prosesseja?

7. Tutkimusmenetelmät

Tutkimusongelmat edellyttävät opetusjaksojen järjestämistä, joissa kokeillaan ja kehitetään Empirica Controlin opetuskäyttöä. Asetelma viittaa toimintatutkimukseen. Toisaalta oppimisen tutkimisessa tarvitaan kokeellista koeasetelmaa. Tässä luvussa ratkaistaan kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen paradigman yhdistämisen ongelma tämän tutkimuksen osalta, esitellään tutkimusasetelma ja tiedonhankintamenetelmät sekä tarkastellaan näiden luotettavuutta siltä osin, kun se ennen tutkimuksen kenttäjakson suorittamista on mahdollista.

7.1. Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen paradigma

Tälle tutkimukselle määritellyt ongelmat voidaan selkeästi jakaa kahteen ryhmään: toisaalta haetaan kokemuksia Empirica Controlin käytöstä opetuksessa (tutkimusongelmat 1 ja 2), toisaalta tutkitaan, parantaako opetusjakso oppilaiden kykyä selittää teknologisia prosesseja (ongelma 3). Parikan (1988, 35) esittämän tutkimusotteen valintakaavion mukaan kyseessä on käytännön sovellutuksiin pyrkivä tutkimus. Tutkimustiedon päämäärä viittaa tulkinnalliseen traditioon. On mentävä tutkimusongelmien kanssa käytäntöön ja tulkittava toiminnan tuloksia vastauksien saamiseksi.

Koska tutkimuksessa kerätään kokemuksia uuden välineen hyödyntämisestä opetuksessa, on samalla hiottava tutkimusjaksojen aikana (tutkimusongelma 1) oppilaille annettavaa opetusta, jotta se hyödyntäisi mahdollisimman hyvin Empirica Controlin mahdollisuudet ja olisi taustalla olevan konstruktivistisen oppimiskäsityksen suuntainen. Opetuksen muuttaminen muuttaa myös oppilaiden ja opettajan kokemuksia (tutkimusongelma 2). Tutkimustehtävän ongelmien 1 ja 2 asettamien vaatimusten johdosta valitaan menetelmäksi kvalitatiiviseen paradigmaan luettava toimintatutkimus, jonka toistuvat syklit mahdollistavat toimintatapojen ja tiedonkeruumenetelmien kehittämisen.

Toisaalta tutkimusongelma 3 viittaa kvantitatiiviseen perinteeseen: tarkoituksena on tutkia intervention vaikutusta oppilaisiin. Koejärjestelyssä riippumaton muuttuja on opetus, kun taas riippuva muuttuja on oppilaiden teknologinen selityskyky.

Kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen paradigman erot näyttävät sovittamattomilta. Creswell (1994, 4-6) on laatinut yhteenvedon lähestymistapojen teoreettisista taustoista, joka osoittaa hyvin niiden vastakkaisuuden (ks. taulukko 6).

Taulukko 6. Kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen paradigman eroavaisuuksia Creswellin (1994) mukaan.

	kvantitatiivinen paradigma	kvalitatiivinen paradigma
ontologinen perusta	On olemassa yksi totuus.	Totuus on se, minkä tutkittavat konstruoivat tutkimustilanteessa. Totuuksia voi olla useita.
tutkijan suhde tutkittavaan	Säilyttääkseen objektiivisuuden on tutkijan säilytettävä etäisyys tutkittavaan.	Tutkijan on pyrittävä mahdollisimman nopeasti läheiseen yhteyteen tutkittavan kanssa.
tutkijan arvot	Tutkijan arvot eivät saa vaikuttaa tutkimukseen.	Tutkija tunnustaa arvojensa vaikuttavan tutkimukseen.
käytetyt termit	"yhteys", "vertailu"	"ymmärtää", "löytää", "merkitys"

Alasuutari (1994, 22-45) on tarkastellut samaa teemaa menetelmätasolla. Hänen mukaansa tutkimusongelman ratkaisu kvantitatiivisella otteella on löydettyjen tilastollisten yhteyksien tulkinta, kvalitatiivisella otteella taas "ymmärtävää selittämistä". Tutkittavat ovat edellisessä mahdollisimman suurilukuinen otos, kun taas jälkimmäisessä yksilö on ainutkertainen eikä tutkittavien lukumäärä ole olennainen asia.

7.2. Tutkimusasetelma lyhyesti

Tutkimustehtävän mukaan asetettuihin tutkimusongelmiin vastaaminen vaatii opetusjaksojen järjestämistä, joiden aikana kerätään mahdollisimman luotettavaa tietoa tutkimusongelmiin vastaamiseksi. Erilaisia tutkimusjaksoja on tässä tutkimuksessa järjestetty kolme kappaletta:

Tutkimusjakso 1 järjestettiin keväällä 1996 ja siihen osallistui kaksi peruskoulun ala-asteen luokkaa. Tutkimusjakso koostui neljästä opetusjaksosta, jotka muodostavat neljä tutkimussykliä. Jakson aikana aineistoa kerättiin useilla eri menetelmillä ja se on keskeisellä sijalla ongelmien vastatessa. Tämän vuoksi järjestelyt kuvataan tarkemmin tuonnempana (ks. 8.).

Tutkimusjakso 2 koostui kahdesta keskenään hyvin samantyyppisestä tiedekeskus Heurekaassa vuoden 1996 aikana järjestetystä teknologialeiristä. Leireillä pyrittiin selvittämään teknologiaopetuksen soveltuvuutta osana tiedekeskuksen normaalia toimintaa ja siitä raportoitiin keskuksen sisäisellä raportilla, joka muodostaa aineiston 2 (Lattu 1996b). Ensimmäisellä leirillä osanottajia oli neljä ja toisella kolme. He olivat 11-12 -vuotiaita poikia, jotka oli valittu leirille oman ja heidän vanhempiansa kiinnostuksensa perusteella. Leirit kestivät yhteensä noin 22 tuntia, josta Empirica Controlin parissa työskenneltiin 9-10 tuntia.

Tutkimusjakso 3 koostui kahdesta keskenään hyvin samantyyppisestä opettajankoulutuksessa opiskeleville järjestetystä (maaliskuu 1996 ja toukokuu 1998) teknologiakasvatuksen intensiivikursseista. Kurssit olivat osa teknisen työn 15 opintoviikon erikoistumisopintoja ja pääosa opiskeli-

joista lastentarhan- tai luokanopettajiksi opiskelevia. Ensimmäinen kurssi kesti kymmenen tuntia ja pääpaino oli Empirica Controlin käytössä. Toinen kurssi oli pituudeltaan 20 tuntia, mutta mukana oli myös teknologiakasvatuksen opetussuunnitelman laatimista. Molemmilla kursseilla opiskelijat käyttivät Empirica Controlia 6-8 tunnin ajan. Kurssin jälkeen heidän kokemuksiin kerättiin kyselylomakkeella, jonka palauttivat kaikki 20 opiskelijaa. Tätä materiaalia nimitetään aineisto 3:ksi.

Tutkimusjaksojen 2 ja 3 tutkittavat olivat selvästi valikoituneita. Jakson 2 oppilaat olivat motivoituneita ja mm. heidän tietotekniset valmiutensa olivat hyvät. Koska varsinaista vertailuaineistoa ei ole, ei oppilaiden lähtötasoa voitu mitenkään systemaattisesti kontrolloida.

Jakson 3 tutkittavat olivat valinneet erikoistumisaineikseen teknisen työn, joten myös he olivat suuntautuneita teknisten sisältöjen opettamiseen. Teknologiakasvatuksen kurssi oli opintokokonaisuuden viimeisiä osuuksia, joten heidän lähtötasonsa on oletettavasti korkeampi kuin muiden lastentarhan- tai luokanopettajiksi opiskelevien. Tämä ei kuitenkaan rajoita tutkimustulosten siirrettävyyttä kovinkaan merkittävästi, sillä kouluissa laitteita käyttänevät nimenomaan teknisesti suuntautuneet opettajat.

Sekä tutkimusjakson 2 että 3 opetuksesta vastasi tutkija.

7.2.1. Tutkimusasetelman paradigmasta

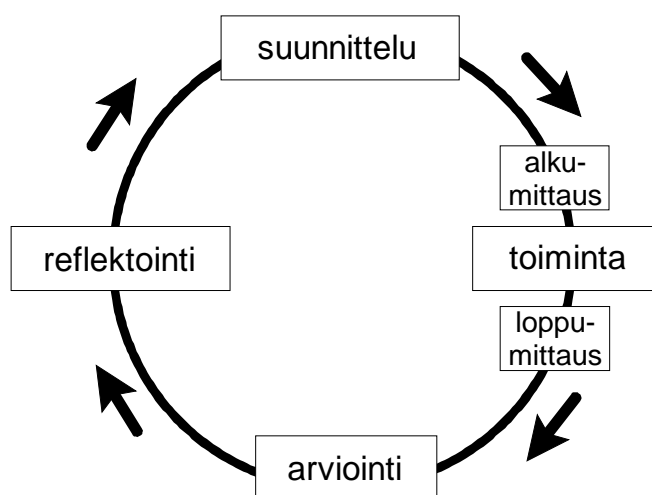
Helsingin yliopiston Opettajankoulutuslaitoksella 13.9.1994 pitämässään luennossa Kansasen (1990, 24) henkityhteellisen didaktiikan pääedustajaksi nimeämä Wolfgang Klafki esitti, että positivististen ja hermeneuttisten tutkimusotteiden yhdistäminen olisi keino opetustapahtuman parempaan ymmärtämiseen. Kenties tämä luento vaikutti minuun siten, että havaittuani olevani keskellä kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen traditioiden rintamalinjoja päätin jatkaa valitsemallani tiellä eteenpäin ja kokeilla eri menetelmien käyttöä samassa tutkimuksessa.

Päinvastaisia neuvoja antaa Creswell (1994, 7), jonka mielestä opinnäytetöiden tekijöiden tulisi pitäytyä yhdessä paradigmassa, koska kahden yhteensovittaminen paisuttaa työtä liiaksi. Puhdasoppisten teoreetikkojen mielestä paradigmojen ja niihin sidoksissa olevien menetelmien yhdistäminen ei ole ainoastaan työlästä, vaan täysin mahdotonta (ks esim. Guba & Lincoln 1988).

Tukea ajatuksilleni kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten menetelmien yhdistämisestä sain Jickiltä (1985), joka käsittää kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen taustan yhdistämisen metodikysymyksenä, triangulaationa. Hän näkee triangulaation keinona parantaa validiteettia ja reliabiliteettia sekä saavuttaa holistinen näköala ongelmakenttään, jota myös Mathison (1988) painottaa. Patton (1988) korostaa, että paradigmojen ristiriitaisuudesta huolimatta käytännön tutkimustyössä menetelmiä yhdistetään jatkuvasti menestyksellisesti. Miksi siis hylätä empiriassa hyväksi havaittu käytäntö?

Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen näkökulma yhdistettiin ottamalla hankkeen taustaksi toimintatutkimuksen syklisyys, koska päätavoitteena on uuden innovaation käytännön kokeilu ja sen vaatima opetuksen kehittäminen. Erilaisia pääperiaatteiltaan samanlaisia toimintatutkimuksen malleja on esitetty useita. Yhteistä näille on suunnittelun, toiminnan, havainnoinnin ja reflektoinnin syklinen vaihtelu, jotka olivat mukana jo Lewinin (1946) puoli vuosisataa sitten esittämässä toimintatutkimuksen mallissa (ks. myös Carr & Kemmis 1986, 165; McNiff 1988, 44). Nämä vaiheet sisällytettiin tämän tutkimuksen jakson 1 toimintatutkimusmalliin (ks. kuvio 15).

Toimintatutkimusta ei ole tässä yhteydessä katsottu aiheelliseksi esitellä, sillä kattavia yhteenvetoja on kirjoitettu runsaasti. Tähän tutkimukseen ovat vaikuttaneet erityisesti Carrin ja Kemmisin (1986, 155-162) toimintatutkimukselle määrittelemä kriittisen koulukunnan mukainen teoreettinen tausta. Laajan historiallisen ja asetelmallisen yhteenvedon esittää Räsänen (1993, 41-60).



Kuvio 15. Toimintatutkimuksen sykli tutkimusjaksossa 1.

Kvantitatiivinen osuus ympäröi toimintaa. Jokainen toimintajakso on interventio, jonka vaikutusta tutkitaan alku- ja loppumittauksella. Toimintajakson aikana kerätään materiaalia arviointia varten sekä kvalitatiivisin että kvantitatiivisin menetelmin.

Tutkimusjakso 1 on toimintatutkimus, sillä se täyttää Carrin ja Kemmisin (1986, 165) asettamat kolme vaatimusta seuraavin perustein:

- 1) Tutkimuksen kohteena on koulun todellisuus ja Empirica Controlin soveltuminen osaksi sitä.
- 2) Tutkimus koostuu sykleistä, joiden osina ovat suunnittelu, toiminta, observointi ja reflektointi.
- 3) Projektin vaiheissa on mukana käytännön toteutuksesta vastaavat, eli tässä tapauksessa tutkija ja opettaja, ovat sama henkilö.

Tutkimusjaksot 2 ja 3 noudattivat samantyyppistä syklisyyttä, mutta koska tällöin kyseessä ei ollut yhtä järjestelmällinen menettely, on näitä vaikea luonnehtia toimintatutkimuksiksi.

7.2.2. Paradigmojen yhdistäminen tutkimusasetelmassa

Creswell (1994, 177) jakaa molempia paradigmoja käyttävät tutkimukset kolmeen ryhmään:

- 1) Kaksivaiheinen malli, jossa suoritetaan erillinen kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tarkastelu.
- 2) Painotettu malli, jossa toisella menetelmällä on pääpaino toisen ollessa täydentävä.
- 3) Sekamalli, jossa käytetään molempia lähestymistapoja sekaisin kaikissa tutkimuksen vaiheissa.

Tämä tutkimus noudattaa sekamallia, sillä kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen lähestymistapa eivät ole erotettavissa. Tutkimusta ei voida jakaa ongelmien 1 ja 2 kvalitatiiviseen sekä ongelman 3 kvantitatiiviseen osuuteen, sillä ongelmien 1 ja 2 ratkaisemiseen käytetään myös tilastollisia menetelmiä. Samoin ongelman 3 ratkaisemiseen ei voida käyttää mitään yksiselitteistä mittaria, joten laadullinen ote on siinäkin läsnä.

Sekamallin käyttäjälle Creswell (1994) antaa seuraavia ohjeita, joita olen parhaani mukaan pyrkinyt noudattamaan:

- Teoreettisen taustan esittely voi tapahtua joko kvantitatiivisen (laaja) tai kvalitatiivisen (suppea) raportointikäytännön mukaan.
- On vaikea sanoa, tulisiko teoriaa käyttää induktiivisesti (kvantitatiivinen) vai deduktiivisesti (kvalitatiivinen tausta). Käytännössä ongelma poistuu, kun ei sovelta kumpaakaan menetelmää liian suoraviivaisesti.
- Tutkimusongelmien määrittelyssä voidaan kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset ongelmat muotoilla omille perinteillensä tyypilliseen tapaan.
- Tutkimusmenetelmät tulee esitellä samassa yhteydessä kuin aineistokin.

Tässä tutkimuksessa teoreettisen taustan esittely on tapahtunut kvalitatiiviselle paradigmalle tyypilliseen tapaan luomalla katsaus tutkimuksen aihepiiriin, mutta esimerkiksi aikaisempia tutkimuksia esitellään vasta johtopäätösten teon yhteydessä.

Ongelmalliseksi raportoinnin yhteydessä olen havainnut tutkimustilanteiden kuvaamisen. Pitäisikö kirjoittaa objektiivisuutta korostaakseen tutkijasta vai henkilökohtaista panosta painottaakseen minusta? Harmittomalta kielipilliselä pulmalta tuntuva pikkuseikka onkin todellisuudessa kvantitatiivista ja kvalitatiivista paradigmaa erottava keskeinen epistemologinen kysymys. Olen pyrkinyt ratkaisemaan ongelman käyttämällä tilanteesta riippuen eri persoonamuotoja: kun kuvailen prosesseja tai tilanteita ulkopuolisena, käytän passiivia. Tilanteet, joissa osuuteni on aktiivinen tuntija, toimija tai valitsija, on kirjoitettu aktiivissa.

7.2.3. Tutkimusasetelman tarkastelu kvantitatiivisesta näkökulmasta

Tutkimusongelma 3 on luonteeltaan perinteinen oppimista koskeva kokeellinen asetelmaa vaativa ongelma. Perusteltu vastaaminen vaatii päteviä metodologisia ratkaisuja. Kun tutkimusongelmat 1

ja 2 vaativat toimitatutkimuksen käyttöönottoa, määrää ongelma 3 yksittäisessä syklissä käytettävät järjestelyt.

Tutkimusongelman 3 ajatus on verrata keskenään teknologiaopetusta saamattomien ja sitä saaneiden oppilaiden selityksiä teknologisista prosesseista. Ongelmanasettelu on varsin klassinen, sillä siinä pyritään tutkimaan, onko jollain toiminnalla vaikutusta tutkittaviin. Luotettava vastaaminen asetettuun kysymykseen vaatii oikean tutkimusasetelman valinnan, jotta tutkimuksen validiteetti ei joutuisi kyseenalaiseksi.

Vankimmin opetusjaksoon osallistumattomien ja siihen osallistuneiden selityksien laadullisia eroja voitaisiin tutkia klassisella koeasetelmalla tai kasvatustieteessä sen sijaan enemmän käytetyllä kvasikokeellisella asetelmalla tai jollain sen variaatiolla. Asetelma kuitenkin hylättiin seuraavista syistä:

- 1) Cookin (1987, 74) mukaan kontrolliryhmää käytetään haluttaessa eliminoida tutkittavien normaalin kehittymisen merkitys. Tässä tutkimuksessa opetusjaksot kestävät ainoastaan kaksi viikkoa, jonka aikana lasten teknologinen ajattelu tuskin kehittyy muun kuin opetusjakson vaikutuksesta.
- 2) Mikäli sekä alku- että loppumittaus olisivat olleet kohdassa 7.3. kuvatus haastattelun muotoisia, olisi siitä seurannut resurssipula, sillä koko tutkimuksen aikana olisi pitänyt pitää 160 haastattelua.
- 3) Loppumittauksesta poikkeavalla alkumittauksella oltaisiin voitu saada selville koe- ja kontrolliryhmän mahdollisia eroja, joka olisi voinut johtaa eroihin teknologisessa selittämisessä ilman opetusjakson vaikutustakin. Tätäkin vaihtoehtoa harkittiin, mutta se hylättiin, koska sopivaa mittaria ei löytynyt. Lähinnä pohdittiin kahta vaihtoehtoa: kognitiivista kehitystasoa ja teknis-luonnontieteellistä ajattelua mittaavia mittareita.

Kognitiivista kehitystasoa mittaavia mittareita olisi ollut käytettävissä, mutta teknologisten prosessien selittäminen ei riipu yksin kehitystasosta, vaan esimerkiksi harrastuksilla ja kokemuspiirillä saattaa olla vaikutusta.

Teknis-luonnontieteellistä ajattelua mittaavia mittareita löytyy myös valmiina, mutta ne eivät sellaisenaan olleet sopivia kahdeksanvuotiaille. Luotettavien mittareiden laatiminen olisi ollut suuritöistä, eikä teknis-luonnontieteellinen ajattelukaan sovi yksinomaiseksi teknologisen käsityskyvyn selittäjäksi.

Edellämainittujen syiden vuoksi päädyttiin asetelmaan, jossa kontrolliryhmää ei ole, vaan koe-ryhmälle tehdään sekä alku- että loppumittaus. Tätä nimitetään yhden ryhmän alku- ja loppumittausasetelmaksi (The One-Group Pretest-Posttest Design; Campbell & Stanley 1966, 7; Cook & Campbell 1979, 99). Suurin syy asetelman valintaan oli tarve sekä alku- että loppumittaukseen, koska tutkittavana on muutos (Cook 1987, 74). Samalla voitiin haastatteluiden määrä pudottaa puoleen, koska kontrolliryhmä jätettiin asetelmasta pois.

Tutkimusasetelman valintaa voidaan perustella myös tutkimuksen luonteella. Pääosassa on uusi oppimisympäristön osa, Empirica Control -järjestelmä, jonka käyttöä teknologiaopetuksessa nyt ensimmäistä kertaa tutkitaan. Tämän vuoksi kaikki resurssit oli syytä keskittää tutkimusryhmän kanssa työskentelemiseen.

7.2.4. Tutkimusasetelman validiteetti kvantitatiivisesta näkökulmasta

Campbell ja Stanley (1966, 7) kuvailevat yhden ryhmän alkua- ja loppumittausasetelman "huonona esimerkkinä" sen sisältämien suurien sisäistä validiteettia vaarantavien tekijöiden vuoksi. Kvasi-kokeellisissa asetelmissa, joissa ei ole satunnaistamista parantamassa sisäistä validiteettia, on ongelmat käsiteltävä yksi kerrallaan (Cook & Campbell 1979, 56). Seuraavassa tarkastellaan valitun koeasetelman sisäistä validiteettia tässä tutkimustehtävässä. Validiteetti-ongelmia tarkasteltaessa viitataan Campbellin ja Stanley (1966) käyttämiin termeihin.

Ulkopuoliset tutkijan kontrolloimattomissa olevat tapahtumat (history) olivat teknologisen selityskyvyn tapauksessa epätodennäköisiä. Ainoa realistinen mahdollisuus olisi ollut se, että luokka ryhmänä olisi koulussa saanut opetusjakson ulkopuolista opetusta teknologisista prosesseista. Tämän ehkäisemiseksi luokanopettajille annettiin ohjeet tutkimukseen liittyvien asioiden käsittelyn välttämiseksi.

Oppilaiden spontaani kehittyminen (maturation) kahden viikon opetusjakson aikana oletettiin vähäiseksi ajan lyhyden vuoksi. Koeasetelmassa alkumittaus saattoi aiheuttaa muutoksen tai korostaa opetusjakson vaikutusta (reactivity, interaction testing-x). Tässä tutkimuksessa katsottiin alkumittaus kuuluvaksi opetusjaksoon. Jakson tarkoituksenaan oli kehittää oppilaiden käsitystä teknologisista prosesseista ja oppilaiden olemassaolevien skeemojen selvittäminen on ensimmäinen vaihe uuden käsitteen opettamisessa (ks. 5.3.). Tämän vuoksi oppilaiden mahdollinen keskinäinen alkumittauksesta koskeva keskustelu oli pikemminkin toivottavaa, sillä silloinhan he olisivat aktiivisesti käyttäneet ja muuttaneet konstruktioitaan. Haastattelu katsottiin niin lyhyeksi tilanteeksi (alle 5 min), että sen aikana oppilas ei entinyt käydä sisäistä keskustelua ja kehitellä ajatteluaan. Haastattelu siis toimi tarkkana poikittaisleikkauksena oppilaan teknologisista selitysmalleista haastatteluhetkellä.

Luokitteluperusteiden muuttumisen (instrumentation) ehkäisemiseksi pyrittiin toteuttamaan tutkijatriangulaatiota käyttämällä toista luokittelijaa sekä luokittelemalla aineisto useaan kertaan. Valitettavasti resurssiongelmat ehkäisivät tämän tutkimusongelman 3:n kohdalla.

Tässä tutkimuksessa tutkittavien valintaan ei vaikuttanut heidän suoritustasonsa, joten tilastovirheen (statistical regression) aiheuttamat virheet eivät olleet mahdollisia. Sen sijaan tutkimukseen osallistuneiden luokkien muodostumiseen vaikuttavia kehitys- tai taustatekijöitä (selection-history, selection-maturation) ei selvitetty. Molemmat koulut olivat kuitenkin normaalisti omaan oppilaaksiottoalueeseensa tukeutuvia ala-asteita, eivätkä toisella luokalla kielivalinnatkaan olleet voineet vaikuttaa luokkien valikoitumiseen.

Tutkimusluokkien valinta voi olla uhka ulkoiselle validiteetille ja yleistettävyydelle (selection-x). Tämän tutkimuksen kohdalla ensimmäiset kysytyt opettajat lähtivät mukaan tutkimukseen. Toinen tutkimusluokka oli harjoittelukoulussa, jonka oppilaat ovat tottuneita vastaanottamaan vaihtelevaa opetusta. Yleistettävyyden parantamiseksi toinen tutkimusluokka valittiin normaalilta ala-asteelta.

Ongelmiksi jäivät itse testaamiseen liittyvät seikat. Haastatteluissa tasapainoitiin vieraan mutta asiaan perehtyneen ja tutun mutta asiaan perehtymättömän haastattelijan välillä. Haastattelujen suuren määrän vuoksi ne jouduttiin nauhoittamaan. Mikrofonin ja nauhurin käyttö saattoi vaikuttaa testattaviin. Vaikutuksen minimoimiseksi laitteita pyrittiin käyttämään mahdollisimman huomaamattomasti, vaikka haastateltaville olikin kerrottava nauhoituksesta.

Validiteettitarkastelun johtopäätöksenä on se, että valittu koeasetelma oli sisäisesti ja ulkoisesti validi tässä tutkimustehtävässä.

7.3. Tiedonhankintamenetelmät tutkimusjaksolla 1

Käytettävien mittaustapojen reliabiliteetti on oltava riittävä. Erityisesti tutkimusjakson 1 kohdalla vaikeuksia aiheutti tutkittavien alhainen kognitiivinen kehitystaso, joka oli huomioitava käytettävien tiedonkeruumenetelmien valinnassa. Kirjalliset avoimet kysymykset oli hylättävä, koska kahdeksanvuotiaiden kirjalliset valmiudet olisivat vaikuttaneet vastauksiin liiaksi. Samoin kyky pohtia väittämien todenmukaisuutta Likert-asteikolla on liian epävarmaa. Saattaa olla, että nuori tutkittava ei ymmärrä kysymystä tai vastausvaihtoehtoja. Näiden syiden vuoksi oppilailta kerättiin tietoa hyvin yksinkertaisella kyselylomakkeella ja haastattelulla, jossa sekä oppilaalla että haastattelijalla oli mahdollisuus tehdä tarkentavia lisäkysymyksiä. Myös muita tiedonhankintamenetelmiä käytettiin.

7.3.1. Oppilaiden itsearviointi

Oppilaiden itsearviointilomakkeella (ks. liitteet 2 ja 3) kerättiin tietoa siitä, miten oppilaat itse kokivat työkerrat. Oppilaat täyttivät itsearviointilomakkeen jokaisen työkerran päätteeksi. Oppilaat merkitsivät lomakkeisiin nimensä, jotta haluttaessa olisi mahdollista seurata saman henkilön asenteiden muuttumista opetusjakson aikana. Erilaiset henkilöllisyyden salausrjestelyt kuten numeroiden tai symbolien käyttäminen olisivat olleet hankalia ja alttiita virheille tutkittavien iän vuoksi.

Lomake laadittiin strukturoituun muotoon, jotta sen täyttäminen olisi ollut mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Väittämien tukena oli tekstin lisäksi kuvat vähentämässä "lomakemaisuutta" ja mahdollista jännitystä oppilaissa. Kuvien tarkoituksena oli myös auttaa oppilaita, joiden lukutaito on heikko. Jokaiseen väittämään voidaan vastata kahdella eri tavalla, kyllä tai ei. Tutkittaville annettavassa instruktiossa korostettiin, että kaikkiin kysymyksiin on vastattava. Palautuksen yhteydessä tämä asia tarkastettiin ja oppilaita pyydettiin korjaamaan mahdolliset puutteet.

Aluksi suunniteltiin, että valinnat lomakkeessa tehtäisiin suttamalla väärän vaihtoehdon neliö näkymättömiin. Normaalisti haluttu vaihtoehto merkitään rastilla, joka suunnitellussa lomakkeessa

olisi näyttänyt vaihtoehdon hylkäämiseltä, merkitäänhän kiellettyä usein symbolin yli vedetyllä rastilla. Väärän vaihtoehdon suttaaminen on visuaalisesti selkeä ratkaisu, sillä silloin halutut vaihtoehdot jäävät näkyviin.

Lomake suunniteltiin mittaamaan kolmea eri muuttujaa. Kysymyspari 1 ja 6 mittaa tietokoneen käyttöä koskevia asenteita ("negatiivinen yleisasenne"). Kysymyspari 2-5 mittaa yleisiä käyttövaikeuksia ("oli käyttövaikeuksia") ja 3-4 täsmällisempiä, Empirica Controlin tiettyyn ominaisuuteen liittyviä vaikeuksia ("oli EC:n käyttövaikeuksia"). Kahdesta kysymyksestä muodostetaan kolmipor-
tainen mittari seuraavasti:

ei (1)	1: oikein	6: väärin
vähän (2)	1: oikein	6: oikein
vähän (2)	1: väärin	6: väärin
kyllä (3)	1: väärin	6: oikein

Vastausten ristiriitaisuus johtaa siis luokkaan "vähän". Muuttujat ovat järjestysasteikollisia, koska arvojen keskinäinen järjestys voidaan määrittää.

Tilastolliseen analyysiin valittiin riskitasoksi 10%, koska käsillä oleva tutkimustehtävä oli luonteeltaan kartoittava eikä siinä pyritä osoittamaan tarkkoja syy-seuraussuhteita.

Suunniteltu lomakemalli osoittautui heikoksi jo lomakkeen käyttöä oppilaille selitettäessä. Esi-
merkiksi ensimmäisessä kysymyksessä oppilaiden pitäisi miettiä:

- Onko väite "En pitänyt tietokoneella työskentelystä" heidän mielestään oikein vai väärin.
- Sutata yli väärä vaihtoehto, eli merkitä se, mitä mieltä he EIVÄT olleet.

Sanoja "oikea" ja "väärä" tuli siis käsitellä kahdessa eri merkityksessä: ensin omien mielipiteiden kohdalla ja sen jälkeen valittaessa lomakkeeseen merkittävä vaihtoehto.

Lomakkeen oletetun epäluotettavuuden tutkimiseksi tehtiin viimeisellä työkerralla reliabiliteetti-
tarkistus, jossa lomakkeiden täyttämisen jälkeen samat kysymykset esitettiin yhdelle oppilaalle
kerrallaan suullisesti. Oppilaan lomakkeeseen merkittiin hänen suullisesti antamia vastauksia
vastaavat merkinnät. Oppilaiden itsensä merkitsemien ja suullisesti antamien vastausten ero oli
siksi suuri (35%, ks. taulukko 7), että lomaketta päätettiin muuttaa ennen jaksoa 2.

Kvantitatiivisiin menetelmiin liittyvät oppaat, esim. Carmines ja Zeller (1979) ja Traub (1994),
suosittelevat kahden mittauksen tapauksessa reliabiliteetin määrittelemistä korrelaation avulla.
Tämän tutkimuksen aineistolla menetelmä suoraan sovellettuna ei ole mahdollinen, sillä
lomakkeen muuttujat eivät luokka-asteikollisina salli Pearsonin korrelaatiokertoimen käyttöä.
Sensijaan käytettiin gammakerrointa, kuten myöhemminkin tämän tutkimuksen korrelatiivisissa
kvantitatiivisissa analyyseissä.

Gamma (esim. Siegel & Castellan 1988, 291-298) valittiin, koska mitattavat muuttujat ovat järjes-
tysasteikollisia. Varsinaiset järjestyskorrelaatiokertoimet (esim. Spearman) hylättiin, koska useat eri
koehenkilöt voivat saada muuttujista samoja arvoja.

Reliabiliteetin määrittämistä varten ristiintaulukoitiin lomakkeella ja suullisesti saatuja muuttujien arvoja gammakertoimen laskemiseksi (ks. taulukko 7).

Taulukko 7. Reliabiliteetin tarkastelu ristiriitaisten vastausten osuuden sekä gammakertoimen avulla.

	ristiriitaisten vastausten osuus	kerroin koko aineistolla
jakso 1	35%	.63
jakso 2	6%	.88
jakso 3	10%	.92

Lomaketta muutettiin siten, että valinta tehtiin ympäröimällä haluttu vaihtoehto, joko "samaa mieltä" tai "eri mieltä". Hahmotettavuuden parantamiseksi väittämät eroteltiin kehyksin (ks. liite 3).

Muutetun lomakkeen reliabiliteettia arvioitiin opetusjaksoilla 2 ja 3 samoin kuin ensimmäistä lomaketta. Uuden lomakkeen ristiriitaisten vastausten osuus (6%) laski selvästi 1. jaksoa alemmas (ks. taulukko 7). Ero opetusjakson 1 ja opetusjakson 2 välillä oli tilastollisesti merkitsevä valitulla 10% riskitasolla, sensijaan ero jaksojen 2 ja 3 välillä ei (Karma & Komulainen 1984, 70).

Lomakkeen muuttaminen siis vaikutti tilastollisesti merkitsevästi luotettavuuteen.

Myös gammakertoimen avulla reliabiliteettia tarkastellessa havaitaan, että opetusjaksoilla 2 ja 3 käytetyn lomakkeen kertoimet ovat ensimmäistä korkeampia. Reliabiliteettitarkastelun perusteella itsearviointilomakkeen tulosten käsittely suoritettiin ilman opetusjaksolla 1 mitattuja arvoja.

Tutkittavien iän huomioiden ristiriitaisten vastausten osuus opetusjaksoilla 2 ja 3 on varsin siedettävä. Tärkeimpänä syynä virheeseen pitäisin sitä, etteivät tutkittavat paneutuneet lomakkeissa esitettyjen väitteiden pohdintaan sillä hartaudella, jota tutkijana olisisin toivonut. Kiire olla ensimmäisenä välitunnilla oli kova. Toisaalta ristiriitaisia vastauksia saattoi aiheuttaa myös suullisen kyselyn stressi, joka aiheutui virheiden pelosta. Vaikkei ennen suullista kyselyä tutkittaville kerrotukaan sen tarkoituksesta, tuntui heille olevan selvää, että sillä haettiin ristiriitaisia vastauksia. Jotkut jopa kysyivät, olivatko he tehneet vastatessaan virheitä - kenties suullisessa kyselyssä tutkittavat pyrkivät muistamaan kirjallisesti antamansa vastaukset sen sijaan, että olisivat pohtineet esitettyjä väittämiä uudelleen, kuten oli tarkoitus. Tämän ilmiön mainitsevat myös Carmines ja Zeller (1979, 39).

Lomakkeen ongelmaksi jäi sen mittausalue. Lomakkeen avulla saadut arvot kasaantuivat mittausalueen toiseen päähän. Tämä vaikeutti tilastollisin menetelmien saatujen tuloksien tulkintaa.

7.3.2. Järjestelmän hallintatesti

Määrällistä tietoa järjestelmän käytön vaativuudesta saatiin strukturoidulla analyysillä sekä jonkin verran myös itsearviointilomakkeella. Laadullista tietoa kerättiin järjestelmän hallintatestillä ja strukturoidulla päiväkirjalla.

Opetusjakson päätteeksi opetusryhmästä valittiin kaksi oppilasta, joille pidettiin Empirica Controlin käyttämistaitoa mittaava testi. Sen tarkoituksena oli selvittää, miten hyvin oppilaat osaavat itsenäisesti käyttää järjestelmää. Testin tehtävät oli toteutettu harjoituksina opetusjakson aikana tai ne muistuttivat suuresti harjoituksia.

Oppilaat valittiin noudattaen tapaustutkimuksen henkeä. Tarkoituksenaahan on löytää mielenkiintoisia yksittäistapauksia, koska yleistettävyyteen ei pyritä. Siksi testin suorittavat oppilaat edustivat opetusryhmän ääripäitä. Heidät valittiin sekä opetusjakson aikana saadun yleiskäsityksen sekä itsearviointilomakkeista saadun kuvan perusteella.

Testissä oppilaille annettiin kolme tehtävää:

- 1) Valon sytyttäminen. Tee sellainen laite, joka sytyttää valon palamaan joksikin aikaa ja tämän jälkeen sammuttaa valon.
- 2) Varoitusvalo. Tee sellainen laite, joka vilkuttaa valoa.
- 3) Porraskäytävän valo. Tee sellainen laite, joka sytyttää valon palamaan joksikin aikaa, kun nappia painetaan.

Oppilaille kerrottiin, että tutkija tarvittaessa auttaa tehtävien ratkaisemissa. Tarkoituksena oli nähdä, mitkä työskentelyn vaiheet ovat sujuvia, mitkä ongelmallisia. Oppilaita kuitenkin neuvottiin ensin miettimään itse vastauksia ongelmiin, jotta saataisiin luotettavasti tietää, mitä he osaavat ja mitä eivät.

Testi dokumentoitiin siten, että tutkija teki kynällä ja paperilla muistiinpanoja oppilaan työskentelystä. Välittömästi testin jälkeen muistiinpanot puhtaaksikirjoitettiin, jotta tilanteen ollessa vielä tuoreessa muistissa voitiin kiireisiä merkintöjä täydentää.

7.3.3. Strukturoitu päiväkirja ja ääninauha

Opettajan saamista kokemuksista kerättiin tietoja strukturoituun päiväkirjaan, johon tallennettiin tietoja jokaisesta työkerrasta. Käytännössä päiväkirjaa ylläpiti työskentelyn ohjaajana toiminut tutkija. Päiväkirja oli rakenteeltaan puolistrukturoitu, jotta tutkimusongelmien kannalta keskeisistä asioista varmasti saataisiin tietoa koko tutkimuksen ajan.

Strukturoidun päiväkirjan tarkoituksena oli kuvata opetuskertoja laadullisesti ja kerätä tietoja tunti-suunnitelmien toteutumisesta seuraavan toimintatutkimuksellisen syklin suunnitteluvaihetta varten. Lisäksi kirjattiin muistiin havaintoja opetustilanteesta vallinneesta ilmapiiristä ja työskentelyn

sujumisesta. Päiväkirjan kysymykset olivat:

- 1) Mitä tunnilla oli tarkoitus tehdä?
- 2) Miten suunnitelma toteutui?
- 3) Miten oppilaat suhtautuivat tietokoneella työskentelyyn?
- 4) Mitä opittiin?
- 5) Mitä ongelmia järjestelmän käytössä oppilaille oli?
 - ohjelmointiin liittyen
 - liitäntäyksikköön liittyen

Kysymys 3:n aihepiiri vastaa oppilaiden itsearviointilomakkeen kysymyksiä 1 ja 6. Samoin pareja ovat kysymys 4 - oppilaiden 2 ja 5 sekä kysymys 5 - oppilaiden 3 ja 4.

Kahden ensimmäisen opetusjakson jälkeen tuntui siltä, että strukturoidussa päiväkirjassa menetetttiin tutkimuksen kannalta tärkeää tietoa, koska huomioiden täsmällinen mieleenpainaminen oppitunnin aikana ja palauttaminen myöhemmin oli mahdotonta. Liian paljon tietoa jäi unohtuksiin ja päiväkirjoista tuli ylimalkaisia.

Tilanteen korjaamiseksi päätettiin oppitunnit nauhoittaa opettajaan kiinnitetyllä nauhurilla, joka ei pienen kokonsa ansiosta kiinnittäisi liikaa oppilaiden huomiota. Nauhoituksesta kerrottiin oppilaille opetusjakson alussa, mutta se tuntui vähitellen unohtuvan heiltä. Mikrofonin tallensi opettajan puheen lisäksi 1-2 metrin etäisyydellä normaalilla puheäänellä puhuvien oppilaiden äänet. Kaikki kolmannen ja neljännen opetusjakson työkerrat nauhoitettiin, ja nauhat kuunneltiin ennen päiväkirjan kirjoittamista.

Päiväkirjojen analysointi tehtiin IZE-tietokoneohjelman avulla. Tietokoneen käyttöönottoon vaikuttivat toivomus tehokkuuden paranemisesta sekä henkilökohtainen kiinnostus atk-avusteista kvalitatiivista analyysiä kohtaan. Analyysissä päiväkirja jaettiin 173:een itsenäiseen yhden tiedon tai ajatuksen sisältävään osaan, jolle kullekin määriteltiin omat avainsanansa. Tämän jälkeen rakennettiin kunkin tutkimusongelman mukaisia hakuja, jotka luokittelivat aineiston eri luokkiin.

Kellen ja Laurien (1995) mukaan tietokoneella tehty kvalitatiivinen analyysi saattaa parantaa käsittelyn validiteettia kahdesta syystä. Ensinnäkin tehokkuuden parantaminen mahdollistaa aikaisempia laajempien aineistojen käsittelyn. Toiseksi, tietokoneeseen tallennettu ja koodattu tieto on helposti löydettävissä. Manuaalisesta työskentelystä poiketen tietokone löytää varmasti kaikki tiettyllä koodilla merkityt kohdat. (Kelle & Laurie 1995)

Tietokoneavusteisen kvalitatiivisen analyysin validiteetin uhat liittyvät koodaamiseen (Kelle & Laurie 1995). Tietokone, toisin kuin ihminen, ei itsenäisesti osaa tulkita kahta eri koodia samaa tarkoitaviksi. Koodimerkintöjen muuttuminen ajan kuluessa voi johtaa siihen, että tietyin koodein merkityt tiedot jäävät analyysissä löytymättä. Tämän välttämiseksi käytettiin IZE-ohjelman sy-

nonyymilistoja. Samaa tarkoittavia koodisanoja etsittiin erilaisilla hauilla ja yhdisteltiin synonyymeiksi. Täten varmistuttiin, ettei hakujen ulkopuolelle jäänyt tietoja.

7.3.4. Haastattelu

Haastattelun avulla pyrittiin saamaan selville, miten oppilaat selittävät erilaisia teknologisia prosesseja. Muutaman minuutin mittaisissa haastattelussa oppilaat selittivät valittuja teknologisia prosesseja.

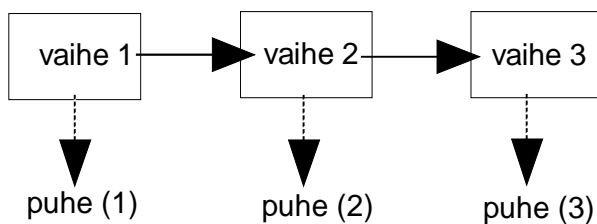
Aluksi haastattelut oli tarkoitus toteuttaa Ericssonin ja Simonin (1980; 1984; 1987) samanaikaisesta sisäisestä puheesta (concurrent verbal reports) esittämiä ajatuksia mukailleen. Lähestymistapa on tarkoitettu kognitiivisten prosessien tutkimiseen, mutta sen ajateltiin soveltuvan myös tähän tutkimustehtävään tapana tehdä haastattelut.

Ericsson ja Simon (1984, 16) jakavat samanaikaisen sisäisen puheen menetelmän kahteen eri menetelmään: talk-aloud ja think-aloud -menetelmään. Ensimmäisestä puhutaan, jos kognitiivinen prosessi on verbaalisessa muodossa (Ericsson & Simon 1984, 225). Tällöin haastateltavan tarvitsee vain sanoa se ääneen (ks. kuvio 16). Jälkimmäinen menetelmä on kyseessä silloin, jos kognitiivinen prosessi ei ole valmiiksi verbaalisessa muodossa (Ericsson & Simon 1984, 228). Tällöin haastateltavan tarvitsee verbalisoida se ennen puhumista (ks. kuvio 16).

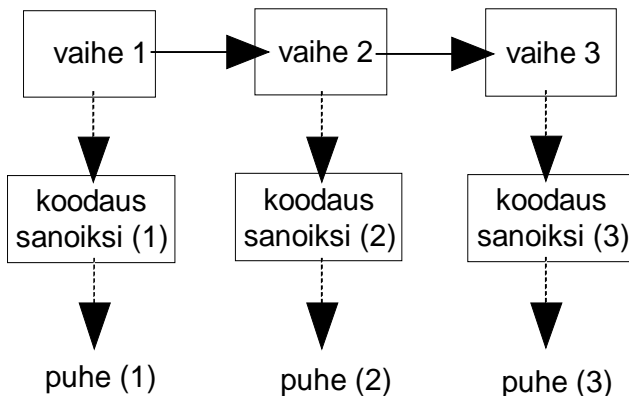
Tämän tutkimuksen haastattelu-tehtävä vaati haastateltavilta think-aloud -menetelmän käyttöä, sillä tehtävä piti sisällään muitakin kuin verbaalisia komponentteja. Ericsson ja Simon (1987, 36) antavat eri tutkimusten perusteella think-aloud -haastattelutilanteisiin kolme ohjetta. Ensimmäiseksi haastateltaville annetaan ohjeeksi sanoa ääneen kaikki, mikä heidän mieleensä juolahtaa. Toiseksi suoritetaan harjoitus, jossa koehenkilö tottuu koetilanteeseen. Samalla voidaan todeta, noudattaa koehenkilö annettuja ohjeita. Kolmanneksi, tehtävän edetessä haastateltavaa on muistutettava ääneen puhumisesta, mikäli hän sen unohtaa.

Haastattelun aluksi oppilaille annettiin ohjeeksi kertoa, mitä laitteen toimintaan liittyvää heidän mieleensä juolahtaa. Harjoitusongelmaa ei ajan säästämiseksi annettu. Haastattelun aikana oppilailta kysyttiin "mitä ajattelet juuri nyt" -luonteisia kysymyksiä, jos he olivat pitkään (15-30 sekuntia) hiljaa.

Talk-aloud



Think-aloud



Kuvio 16. Talk-aloud- ja think-aloud -menetelmät kuvaamassa kognitiivista prosessia. (Ericsson & Simon 1984, 17)

Ensimmäisen opetusjakson alkuhaastattelujen jälkeen minusta tuntui siltä, että suunniteltu haastattelutyö ei ollut tässä tapauksessa käyttökelpoinen: "Oppilaille tuntematon ihminen tenttaa heiltä vaikeita asioita ilman miettimisaikaa ja tuijottaa jokaista liikettä ja kyselee tauotta." (Päiväkirja, A1 alkuhaastattelu).

Oppilaiden eteneminen tuntui hitaalta, jota saattaa osittain selittää käytetty menetelmä. Ericssonin ja Simonin (1987, 35) mukaan think-aloud -menetelmä hidastaa ajatteluprosessia. Menetelmä ei sovellu lainkaan tilanteisiin, joissa kognitiivinen työ on vaativaa (heavy cognitive load; Ericsson & Simon 1980).

Tuntui myös vaikealta esittää kaikille haastateltaville tasapuolisesti tarkentavia lisäkysymyksiä, jolloin erot selitysten syvyydestä olisivat liian vahvasti riippuvaisia haastattelijan tekemien lisäkysymysten määrästä. Suunnittelin asian korjaamista laatimalla listan erilaisista sallituista lisäkysymyksistä, mutta se olisi vienyt haastattelua liiksi strukturoituun suuntaan. Haastattelutilanteessa olisi saattanut tulla mieleen haastateltavalle paremmin sopiva kysymyksenasettelu tai sanavalinta, jota listan ulkopuolisena ei olisikaan saanut käyttää.

Ensimmäisen opetusjakson alkuhaastattelun jälkeen päätin luopua yrityksestä noudattaa think-aloud -haastattelun muotoa. Menetelmä on tarkoitettu kognitiivisten prosessien tutkimiseen, jota tässä ei ollut tarkoitus tehdä. Tavoitteena on saada selville oppilaiden jonkin laitteen toimintaperi-

aatetta koskeva selitys, ei tutkia sen syntymistä. Tämän vuoksi menetelmän hylkäämisellä ei arveltu menetettävän mitään oleellista.

Haastattelua jatkettiin teemahaastattelun (ks. esim. Hirsjärvi & Hurme 1988, 39-107) omaisena samalla pyrkien mahdollisimman suureen tasapuolisuuteen. Loppuhaastattelussa esitettiin ensin kysymys, jonka jälkeen haastattelija oli selin haastateltavaan selaten papereita, jotta haastateltava olisi tuntenut olevansa omissa oloissaan eikä jatkuvan tarkkailun alaisena. Tietyn ajan (pyörätehtävässä 30 sekunnin ja Lego-tehtävässä kahden minuutin) kuluttua pyydettiin haastateltavaa selostamaan laitteen toimintaa. Tavallisesti selostusta seurasi tarkentavia lisäkysymyksiä, joilla pyrittiin täsmentämään yksityiskohtia tai saamaan selville haastateltavan todellisia tietoja mahdollisen puutteellisen tai jäsentymättömän verbaalisen ilmaisun takaa.

Opetusjakson 1 loppuhaastattelussa varmistui jo alkuhaastattelussa orastanut tuntee siitä, että haastattelijan tuttuus vaikutti oppilaiden selitysten vuolauteen ratkaisevasti. Asian korjaamiseksi kolmannessa ja neljännessä tutkimusjaksossa oppilaita haastatteli heidän oma opettajansa.

Opettajan valitseminen haastattelijaksi vaikutti haastattelutapahtumaan monin tavoin. Opettajalta tutkimuksen ulkopuolisena henkilönä ei voitu vaatia samaa paneutumista haastatteluun kuin tutkijalta. Tämän vuoksi haastattelu oli tehtävä teknisesti yksinkertaiseksi ja kevyeksi sekä ennakoivasti valmistautumisen että itse haastattelutilanteen osalta.

Ennen haastattelujen alkua opettajalle kerrottiin, että tutkija pyrkii oppilaiden vastausten avulla saamaan tietoa heidän laitteiden toimintaa koskevista käsityksistään. Haastattelun tavoitteiden esittelemiseksi opettajalle esiteltiin myös tapa, jolla selitysketjuja tulosten käsittelyn yhteydessä havainnollistettaisiin (ks. 9.5.1.). Kerrottiin, että tutkija oli kiinnostunut erityisesti oppilaiden käsityksistä laitteiden toimintojen vaihteellisuudesta. Näistä selville saamiseksi voitaisiin käyttää "miksi?" ja "mitä sen jälkeen tapahtuu?" -kysymyksiä. Sovittiin myös, että haastattelun voisi aloittaa samansisältöisellä lyhyellä lähtökysymyksellä. Useinmiten se oli "X, miten nuo metron ovet toimivat?" tai "Y, miten nuo portit toimivat?"

Opettajan epäselvyydet koskivat oppilaille esitettävien tarkentavien lisäkysymysten määrää, joka oli ollut ongelmallinen myös tutkijan toimiessa haastattelijana. Häntä varoitettiin esittämästä sellaisia tarkentavia kysymyksiä, jotka itsessään sisältävät tietoja laitteen toiminnasta. Asian havainnollistamiseksi opettaja tutustui muutamiin opetusjaksojen 1 ja 2 haastatteluihin. Jotta haastattelijan toiminta eri haastatteluissa olisi ollut mahdollisimman samanlaista, ei hänen kanssaan keskusteltu haastattelujen yksityiskohdista alkuopastuksen jälkeen.

Opettaja osoittautui vähäsanaiseksi haastattelijaksi. Kysymykset olivat lyhyitä ja ne seurasivat toisiaan löyhällä kaavalla. Kovin herkästi ei puututtu yksityiskohtiin johtuen osaksi siitä, että opettaja ongelma-alueelle ulkopuolisena henkilönä ei aina osannut pyytää selityksen kannalta oleellisia tarkennuksia ja täsmennyksiä. Tämä oli kuitenkin arvattavissa jo etukäteen, mutta haastattelijan herkkyyks oli tietoisesti valinnan tuloksena päätetty vaihtaa haastattelijan tuttuuteen.

7.3.5. Piirrostehtävä

Oppilaiden kokemusten keräämiseksi opetusjaksoilta päätettiin kolmannen ja neljännen jakson päätteeksi pyytää oppilaita piirtämään A4-paperiarkille kaksi kuvaa, joista toisen tuli esittää opetusjakson "kivointa" ja toisen "tylsintä" asiaa. Kuvat toimivat keskustelun käynnistäjänä haastattelussa, jossa pyydettiin oppilaita kertomaan piirtämistään kuvista ja mainitsemaan muita positiivisia tai negatiivisia mieleen jääneitä asioita. Haastattelut nauhoitettiin. Jatkokäsittelyssä käytettiin haastatteluista purettuja lyhyitä ideauseita, jotka kuvaisivat mahdollisimman hyvin haastateltavan esittämiä ajatuksia.

Edellämainittujen tiedonkeruumenetelmien lisäksi oppilaiden tuotoksia opetusjaksojen aikana dokumentoitiin paperille ja valokuviin. Valitettavasti kuvien laatu osoittautui niin heikoksi, ettei niistä ollut juurikaan apua.

7.4. Tiedonhankintamenetelmät tutkimusjaksoilla 2 ja 3

Tutkimusjakson 2 raporttimuotoinen aineisto (Lattu 1996b) on koottu pääasiassa havainnoimalla ja se on luonteeltaan kuvailevaa. Tämä sopii hyvin aineiston käyttötapaan osana tätä raporttia, sillä tarkoituksena on selvittää Empirica Controlin helppokäyttöisyyttä jakson 1 tutkittavia vanhemmilla oppilailla.

Tutkimusjaksojen 3 aineisto koottiin lyhyellä kyselylomakkeella, jossa haastateltavia pyydettiin vastaamaan kolmeen kysymykseen:

- 1) Mikä työskentelyssä oli mielestäsi hauskinta?
- 2) Mistä työskentelyn piirteistä et pitänyt?
- 3) Miten arvioisit Empirica Controlin soveltuvuutta ala-asteen opetukseen?

Kysymykset 1 ja 2 muotoiltiin samantyyppisiksi kuin tutkimusjaksolla 1 olleessa piirrostehtävässä. Haluttiin siis korostaa henkilökohtaisia kokemuksia ja siksi kysymykset muotoiltiin hyvin affektiivis-painotteisiksi. Koska tutkimustehtävän mukaan tutkimus keskittyy Empirica Controlin käyttöön nimenomaan ala-asteella, pyrittiin kysymyksellä 3 keräämään haastateltavien ajatuksia tästä asiasta.

8. Tutkimusjakson 1 toteuttaminen

Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen empiirisen vaiheen toteuttaminen tutkimuksen keskeisimmän jakson osalta siten, että tulosten siirrettävyys kvalitatiivisen paradigman mukaan on mahdollista (ks. Lincoln & Guba 1985).

8.1. Tutkittavat

8.1.1. Mallin valinta

Toimintatutkimuksen pituudeksi valittiin neljä sykliä, joista kukin sisälsi kymmenen tunnin opetusjakson. Tutkimusongelmiin vastaamiseen tarvittavan opetuksen järjestäminen vaati 3-5 oppilaan ryhmiä. Ryhmien oli oltava käytettävissä siten, että opetusjaksojen välille jäi 1-2 viikkoa aineiston käsittelyä, johtopäätösten tekoa ja uuden jakson suunnittelua varten.

Ryhmien kokoonpano oli voitava olla tutkijan kontrolloitavissa siten, että yhdestä opetusryhmästä (luokasta) voidaan valita halutut henkilöt. Ainoastaan tällä tavoin oli heterogeenisten ryhmien muodostaminen matchingilla mahdollista. Ryhmien tuli olla heterogeenisiä, jotta saataisiin kokemuksia Empirica Controlin ominaisuuksista mahdollisimman erilaisten oppilaiden käytössä.

Eri toteutusvaihtoehdoista valittiin kahden luokan malli, jossa kahden koululuokan oppilaat jaettiin kahtia ja näin saatiin neljä puoliluokkaa - yksi kutakin tutkimussykliä kohden. Puoliluokat jaettiin kolmeen työskentelyryhmään, joissa opetusjakson työskentely tapahtuu. Jokaisen ryhmän käytössä oli yksi Empirica Control -järjestelmä.

Muita mahdollisuuksia olisivat olleet neljän luokan malli, jossa tutkimus toteutettaisiin neljässä eri luokassa, sekä yhden luokan malli, jossa yksi luokka jaettaisiin neljänneksi neljän tutkimussyklin aikaansaamiseksi.

Edellinen malli hylättiin sen toteutuksen työläyden vuoksi. Oppilasmäärät olisivat olleet suurempia kuin tämän tasoisessa opinnäytetyössä olisi ollut tarkoituksenmukaista. Järjestelmiä olisi pitänyt olla useampia ja niitä olisi jouduttu siirtelemään enemmän. Kahden yhteistyöluokan sijaan olisi pitänyt löytää neljä ja koko projektin ajoittaminen olisi saattanut olla hankalampaa yhteistyötahojen lisääntyessä. Toisaalta tällä mallilla olisi voitu toimia neljässä eri koulukulttuurissa kahden sijaan, jolloin oltaisiin saatu enemmän kokemuksia. Samoin olisi voitu kokeilla "asiaan vihkiytymättömän" opettajan käyttöopastusta ja kerätä kokemuksia hänen sen perusteella antamastaan opetuksesta.

Yhden luokan mallin ongelmana oli se, että siinä oltaisiin päästy toimimaan vain yhdessä koululmastossa ja yhdellä oppilasjoukolla, joilla olisi ollut takanaan samantyyppinen opetus. Käytännön etuina olisivat olleet suorittamisen helppous ja pienet oppilasmäärät.

Valittu kahden luokan malli on kompromissi, jossa yhdistyvät hylättyjen vaihtoehtojen ominaisuudet. Tutkimusta päästiin suorittamaan kahteen erilaiseen luokkaan, joiden erottavaksi tekijäksi valittiin aiempi työskentely tietokoneilla. Samoin oppilasmäärät ja vaikutus luokan normaaliin opetukseen pysyivät kohtuullisina tarjoten kuitenkin mahdollisuuden myös tilastollisten tutkimusmenetelmien käyttöön.

Koska opetuskertojen aikana luokan oma opettaja opetti toista puoliluokkaa, ei tässä vaihtoehdossa ollut mahdollista kokeilla uuden opettajan lyhyen käyttöopastuksen jälkeen antamaa opetusta. Toisaalta tämän piirteen mukaantuominen tähän työhön olisi laajentanut tutkimusta liiaksi.

Tutkimuksessa jaon puoliluokkiin ja työryhmiin suoritti luokanopettaja heterogeenisuusperiaatteen mukaan. Opettajan arviointikyvyn hyödyntämiseen päädyttiin, koska tarvittavien taustatietojen hankkiminen oli ollut liian työlästä ja toisaalta luottamus opettajien oppilaantuntemukseen oli suuri. Myöhemmin ryhmät osoittautuivat keskenään tutkimuksen kannalta riittävän tasaveroisiksi.

8.1.2. Tutkimusluokat

Luokka A oli Helsingin yliopiston II normaalikoulun ala-asteelta ja edusti tässä tutkimuksessa selkeää koululuokkaa, joka opettajan mukaan oli aikaisemminkin käyttänyt mikrotietokoneita koulutyöskentelyssä. Luokka B oli itähelsinkiläisestä peruskoulusta ja se edustaa tässä tutkimuksessa koululuokkaa, joka opettajan mukaan oli käyttänyt mikrotietokonetta koulutyöskentelyssä vain vähän.

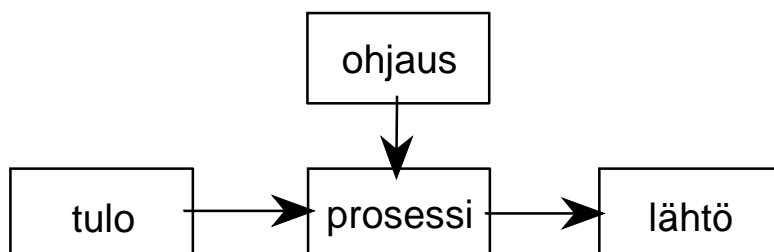
Luokkien valintaan vaikuttivat käytännön syyt. Koska tutkimus on osa Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitoksen LUONTI-projektia, oli luonnollista etsiä toinen tutkimusluokka Helsingin II normaalikoulun ala-asteelta. Molemmat koulut olivat tutkijalle aikaisemmin tuttuja, tosin kummankaan luokan opettajat tai oppilaat eivät. Tutkimuksessa mukana olleiden luokkien opettajat vastasivat heti myönteisesti tutkimuslupaa kysyttäessä ja he olivat ensimmäiset, joiden kiinnostusta yhteistyöhön tiedusteltiin. Ennen opetusjaksojen alkua oppilaiden vanhemmille lähetettiin kirje, jossa kerrottiin tutkimuksen tavoitteista ja käytännön järjestelyistä luokassa. Yhteydenottoja vanhemmilta ei tullut.

8.2. Opetusjakson suunnittelun lähtökohdat

Tämä tutkimus on luonteeltaan toimintatutkimus, jossa on neljä tutkimussykliä. Neljä opetusjaksoa antavat riittävän mahdollisuuden ottaa haltuun tutkimuksessa käyttöönotettu uusi järjestelmä, Empirica Control. Perättäiset, toistuvat opetusjaksot antavat mahdollisuuden käytettävien opetusmenetelmien kehittelyyn.

Opetusjakson tulisi olla sisällöltään mielekäs, mahdollisimman todellinen oppimistilanne. Koska tutkittavilla ei ole aikaisempaa kokemusta teknologianopetuksesta, päätettiin valita opetettavaksi sisällöksi keskeinen teknologia prosesseja hiukan todellisuutta yksinkertaisempi toimintaperiaate

(ks. kuvio 17). Tavallisesti mallissa on huomioitu prosessin itsekorjaavuus, jota voidaan kutsua takaisinsyötöksi tai palautteeksi: prosessin tulos vaikuttaa automaattisesti ohjaukseen. Takaisinsyöttö jätettiin kuitenkin pois opetuksessa käytetystä mallista yksinkertaisuuden saavuttamiseksi.



Kuvio 17. Teknologisten prosessien yleinen toimintaperiaate.

Periaate on yleispätevä, sillä se auttaa hahmottamaan kaikkia teknologisia prosesseja, esimerkiksi koneita. Auto tarvitsee liikkuaakseen bensiiniä ja ilmaa (tulo), jotka se muuttaa liikkeeksi (lähtö). Käyttäjä voi ohjata auton toimintaa eri tavoin, suuntaa ohjauspyörästä ja nopeutta kaasua ja jarrupolkimilla (ohjaus).

Opetusjakson tavoitteena on, että sisällöksi valittu teknologisen laitteen toimintaperiaate auttaisi oppilaita hahmottamaan jokapäiväisessä elämässä kohtaamiensa teknologisten prosessien toimintaa.

Santakallio (1994a) ehdottaa teknologiaopetusjakson pituudeksi 6-30 tuntia. Tässä tutkimuksessa opetusjakson pituudeksi valittiin kymmenen tuntia, joka jaksotettiin viideksi kaksoistunniksi. Ennen ensimmäistä opetusjaksoa vaikutti siltä, että tuntimäärä olisi riittänyt tavoitteen saavuttamiseen. Paloittelu kahden oppitunnin pituisiksi työkerroiksi valittiin siitä syystä, että järjestelmän esilleottaminen yksittäisiä oppitunteja varten olisi turhan työlästä. Työkertojen rakenteesta pyrittiin tekemään mahdollisimman vaihtelevia ehkäisemään 2-luokkalaisten uupumista.

Jakson pituuteen (10 oppituntia) vaikuttivat myös käytännön seikat. Toimintatutkimuksen syklejä lisäämällä opetusta ja menetelmiä voidaan jatkuvasti muuttaa ja tarkentaa, joten syklejä on oltava riittävästi. Toisaalta opetusjaksoihin käytettävä aika ei saa ylittää tutkijan resursseja. Lyhyehköistä yksittäisistä opetusjaksoista saatiin intensiivisillä tiedonhankintamenetelmillä riittävästi tietoa.

Opetusjaksojen suunnittelun perustaksi haluttiin konstruktivistinen oppimiskäsitys. Aluksi suunnittelua tukemaan käytettiin Haapasalon lähestymistapaa (ks. 5.5.1.), mutta myöhemmin siirryttiin käyttämään lähtökohtana tekemällä oppimista (ks. 5.5.2.). Suunnittelua ja opetuksessa tapahtuvia muutoksia kuvataan tarkemmin tuloksissa opetusjaksojen kuvauksen yhteydessä (ks. 8.5.).

8.3. Oppilaiden käyttämät välineet

Tutkimuksen noin kymmenen oppilaan puoliluokat oli jaettu kolmeen työryhmään, joilla jokaisella oli käytössään seuraavat välineet:

- IBM PC -yhteensopiva 386/486
- Empirica Interface ja I/O Interface
- Tekniikka-Lego -palikoita (sarjat 8062 ja 8720)
- Lego-palikoihin sijoitettuja antureita (kosketus- ja valoanturit) ja valonlähteitä (hehkulamppuja, LEDejä)

8.4. Ajankohta

Tutkimuksen kenttäjakso sijoittui vuoden 1996 kevääseen. Tutkimusluokat löytyivät marras- joulukuussa 1995.

Ajoitus suunniteltiin sellaiseksi, että opetusjaksojen välillä olisi ollut aikaa analysoida kaikki jakson aikana kertynyt materiaali seuraavan jakson suunnittelun pohjaksi. Tämä ei kuitenkaan käytännössä toteutunut, sillä 1. ja 2. jakson välillä ei ollut lainkaan taukoa ja myöhemmin jaksojen välillä analysointi rajoittui strukturoitujen päiväkirjojen lukemiseen, joiden perusteella tehtiin seuraavan tutkimussyklin menetelmiin ja opetusjakson sisältöihin tarpeelliset muutokset.

8.5. Opetusjaksojen kuvaus

8.5.1. Suunnitellun toimintatutkimusmallin toteutuminen

Tutkimus toteutettiin suunnitellun toimintatutkimusmallin (ks. kuvio 15) mukaisesti. Suunnitelmasta jouduttiin kuitenkin poikkeamaan, sillä tutkimussykliä välit osoittautuivat liian lyhyiksi. Täten varsinaista aineistoa ei ehditty käsittelemään ennen uuden opetusjakson alkua.

Syklien välillä käytettyjä mittaus- ja tiedonhankintamenetelmiä muutettiin saatujen kokemusten perusteella. Muutoksia tehtiin haastatteluihin ja itsearviointilomakkeeseen. Opetusta muutettiin päiväkirjaan merkittyjen havaintojen perusteella. Tiedonhankintamenetelmiin ja opetukseen tehdyt muutokset on perusteltu tiedonhankintamenetelmien ja opetusjaksojen esittelyjen yhteydessä.

8.5.2. Opetusjakso 1

Haastattelut

Kahden ensimmäisen tutkimusjakson aikana alku- ja loppuhaastattelut koostuivat kahdesta tehtävästä. Ensiksi annettiin kuva polkupyörästä (ks. liite 13) ja pyydettiin haastateltavaa kertomaan, mitä pyörässä tapahtuu, kun pyöräilijä lähtee liikkeelle. Toisena tehtävänä oli Empirica Controlilla toteutettu Lego-palikoista rakennettu automaatiota sisältävä systeemi, jonka toimintaa oppilaiden tuli selostaa. Haastattelijana toimi tutkija.

Alkuhaastattelussa pyrittiin soveltamaan think-aloud -menetelmää, mutta siitä luovuttiin loppuhaastattelussa (ks. 7.3.4.).

Haastattelupaikkana kahdessa ensimmäisessä tutkimusjaksossa oli pienryhmätila. Nauhuria yritettiin ensin pitää pöydän alla vähemmän näkyvillä, mutta huonon mikrofonin vuoksi se jouduttiin myöhemmin nostamaan esille.

Opetusjakso

Opetusjakson oli tarkoitus edetä tiukasti Haapasalon käsitteenmuodostusprosessia seuraten. Opetettavana käsitteenä oli teknologisten laitteiden toimitaperiaate (ks. kuvio 17). Tämän opettamisessa käytettiin mahdollisimman paljon Empirica Controlia.

Taulukko 8. Opetusjakson 1 sisältö.

työkerta sisällöt

1. käsitteeseen orientoituminen: ryhmätyö, tutkittiin ja selitettiin erilaisten laitteiden toimintaa
määrittelemisen: kuultiin termit tulo, prosessi ja lähtö ja niiden merkitys
2. muodostaminen: keskusteltiin hedelmävaasta, kerrattiin termit tulo/prosessi/lähtö, käsitteiden välisten suhteiden kertaus
tunnistaminen: parityö, jossa oli tunnistettava symbolisesti, verbaalisesti ja kuvallisesti esitettyjä laitteita
3. tuottaminen: tutustuttiin Empirica Controliin, rakennettiin erilaisten ongelmien ratkaisuksi valoja käyttäviä laitteita
4. tuottaminen: jalankulkijan turvallisuuden parantaminen tienylityksessä (Empirica Controlilla)
5. tuottaminen: opetustuokio tuloista, edellisten tehtävien jatkaminen

Tunnelmani jakson jälkeen olivat sekavia. Toisaalta alkuosan työkerrat olivat hyvin suunnassa Haapasalon käsitteenmuodostusprosessin kanssa. Joistakin liian optimistisista tuntisuunnitelmista huolimatta kaikki tärkeimmät prosessin vaiheet oli käyty läpi. Toisaalta viidestä työkerrasta kolme oli ollut hyvin opettajajohtoisia, eikä käsitteenmuodostusprosessin kannalta oleellisissa vaiheissa voitu riittävästi hyödyntää Empirica Controlia.

Kaksi opetusjakson roolia riiteli keskenään: oliko keskityttävä teknologisten prosessien selitysmallin opettamiseen (opetuksellisesti orientoitunut rooli) vai Empirica Controlin mahdollisimman tiiviiseen käyttämiseen (tutkimuksellisesti orientoitunut rooli), jotta saataisiin mahdollisimman paljon tälle tutkimukselle tarpeellisia käyttökokemuksia.

Päätin pitää toisen opetusjakson pääpiirteissään samana, sillä en halunnut vielä tässä vaiheessa päästää Haapasalon käsitteenmuodostusprosessia liian kauaksi. Asetin itselleni vaatimuksen jollain tavalla saada lisää aktiivista tekemistä seuraavaan jaksoon ja ottaa Empirica Controlin ohjelmointi hiukan aikaisemmin mukaan työskentelyyn.

Itsearviointilomake

Itsearviointilomake (ks. liite 2) osoittautui vaikeakäyttöiseksi jo sen käyttöä selostettaessa. Käsitys vaikeakäyttöisyydestä osoittautui oikeaksi viimeisellä opetuskerralla tehdyssä reliabiliteettimittauksessa (ks. 7.3.1.).

8.5.3. Opetusjakso 2

Haastattelut

Toisen opetusjakson alku- ja loppuhaastattelut olivat järjestelyiltään täysin identtisiä opetusjakso 1:n loppuhaastattelun kanssa.

Opetusjakso

Opetusjaksolla 1 olin havainnut jakson sisällöissä epäkohdaksi aktiivisen tekemisen, siis Empirica Controlin käytön, painottuvan jakson loppuosaan. Tämän korjaamiseksi otin Empirica Controlilla ohjelmointia mukaan jo ensimmäiseen työkertaan, jossa tehtiin lampun sytyttävä ja lyhyen ajan kuluttua sen sammuttava laite. Arvelin tehtävän tukevan teknologisten prosessien selitysmallin (ks. kuvio 17) Haapasalon käsitteenmuodostusprosessin orientointivaihetta, sillä siinä rakennetaan laite, jossa on prosessi ja lähtö. Laitteen rakennuksessa näitä käsitteitä ei vielä käytetty, sillä niistä puhuttiin vasta toisella työkerralla. Tärkein syy tehtävän mukaanottamiseen ja sijoittaminen ensimmäiselle työkerralle oli kuitenkin halu tutustuttaa oppilaat mahdollisimman aikaisessa vaiheessa Empirica Controlin käyttöön ja saada opetusjakson alkuun tekemistä puhumisen lisäksi.

Opetusjakson loppuosa suunniteltiin ensimmäisen opetusjakson toisinnoksi. Ensimmäisen työkeran rakentelutehtävän vaatima aika otettiin teknologisten prosessien selitysmallin opettamiselta, jotta loppukertojen rakentelulle jäisi riittävästi aikaa.

Taulukko 9. Opetusjakson 2 sisältö.

työkerta sisällöt

1. orientoituminen: ryhmätyö, tutkittiin ja selitettiin erilaisten laitteiden toimintaa
orientoituminen: Empirica Control -ohjelmointia
2. määrittäminen: oppilaiden hedelmävaa'an toimintaa koskevien selitysten perusteella esiteltiin käsitteet tulo/prosessi/lähtö
tunnistaminen: edellisen työkerran laitteiden toiminnan selostus uusilla käsitteillä
tunnistaminen: parityö, jossa oli tunnistettava symbolisesti, verbaalisesti ja kuvallisesti esitettyjä laitteita
3. tuottaminen: tutustuttiin Empirica Controliin, rakennettiin erilaisten ongelmien ratkaisuksi valoja käyttäviä laitteita
4. tuottaminen: edelliskerran laitteiden parantelua
5. tuottaminen: valaistuksen järjestäminen pimeään varastoon

Tunnelmani jakson päättyessä olivat varsin samankaltaisia kuin opetusjakson 1 jälkeen. Suurinta ristiriitaa tunsin tutkijan ja opettajan tehtävien kesken. Toisaalta olin opettamassa saadakseni kokemuksia Empirica Controlin käytön vaativuudesta, toisaalta taas opettamassa teknologiakasvatusta. Toisen opetusjakson jälkeen varmistuin, että erilaisten kokemusten saamiseksi kahden viimeisen opetusjakson sisällöt voisivat olla täysin kahdesta ensimmäisestä poikkeavia.

Itsearviointilomake

Opetusjakson 1 aikana olin havainnut, että itsearviointilomakkeen käyttö on oppilaille liian vaikeaa. Asian korjaamiseksi vaihdoin ensimmäisestä arviointilomakkeesta vastausvaihtoehdot "oikein" ja "väärin" vaihtoehdoiksi "samaa mieltä" ja "eri mieltä". Lomakkeen hahmotettavuuden parantamiseksi ympäröin kunkin kysymyksen omiin kehyksiinsä (ks. liite 3).

8.5.4. Opetusjaksot 3 ja 4

Opetusjaksot 3 ja 4 poikkesivat toisistaan siksi vähän, että ne on tarkoituksenmukaista kuvata yhdessä.

Haastattelut

Opetusjaksojen 1 ja 2 haastatteluissa minusta oli tuntunut siltä, että haastattelijan vieraus alku- ja tuttuus loppuhaastattelussa vaikuttaa paljon siihen, minkäsyvyisiä selityksiä oppilaat antavat. Intuitivisesti tuntuisi siltä, että vieraille haastattelijalle kerrotaan vain välttämättömin, mikä vaaditaan tilanteesta selviämiseksi. Tämän vuoksi pyydettiin luokan omaa opettajaa tekemään haastattelut, jolloin hän olisi oppilaille alkuhaastattelussakin tuttu.

Osaltaan haastattelun muuttamiseen vaikutti myös opetusjaksojen 1 ja 2 loppuhaastattelut, joissa oppilaat olivat tuntuneet selviytyneen selkeästi alkuhaastattelua paremmin Empirica Controlilla ja Legoilla toteutetusta selitystehtävästä. Varmaa tietoa ei vielä tässä vaiheessa ollut, koska tulosten käsittelyyn ei ollut jäänyt aikaa. Opetusjaksoilla 3 ja 4 haluttiin saada tietää, paranevatko oppilaiden todellisiin automaattisiin prosesseihin liittyvät selitykset opetusjakson aikana.

Tehtävät valittiin siten, että ne olisivat yksinkertaisia ja oppilaille arkielämästä tuttuja. Selitettävien laitteiden piti hyödyntää sellaista toimintaperiaatetta ja teknologiaa, joka tulisi esille opetuksessa rakennettavissa malleissa. Opetusjaksojen 3 ja 4 haastatteluissa oppilaita pyydettiin selittämään metron ovien ja kaupan sisääntuloporttien toimintaa. Jakson 3 aluksi pyydettiin oppilaita selittämään metron ovien ja lopuksi kaupan porttien toimintaa. Jaksossa 4 haastattelujen aiheet olivat toisin päin. Kysymyksen konkretisoimiseksi ja selostusten helpottamiseksi haastateltaville annettiin laitetta esittävä valokuva.

Opetusjaksot

Opetusjaksot 1 ja 2 oli suunniteltu tarkasti Haapasalon käsitteenmuodostusprosessin mukaiseksi. Eteneminen prosessissa tapahtui opettajan vankassa ohjauksessa orientoinnista käsitteenmuodostukseen ja sen soveltamiseen. Kahden ensimmäisen opetusjakson jälkeen olin valmis kokeilemaan vähemmän strukturoitua opetusta, joka kuitenkin nojaisi konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen.

Jaksoa ei suunniteltaisikaan alusta loppuun, vaan työkerroittain. Alussa olisi opetustuokio, jota seuraisi työvaihe. Mahdollisuuksien mukaan työkerran lopuksi oppilaat esittelisivät toisilleen, mitä he olivat saaneet aikaan. Seuraavan työkerran aloittaisi jälleen yhteinen opetustuokio, joka perustuisi edellisellä oppilaiden kohtaamiin ongelmiin tai onnistumisiin. Opetus- ja työkertojen lopussa olevat esittelytuokioiden tarjoavat hyviä tilaisuuksia suunnata jakson etenemistä ja oppilaiden mielenkiintoa oppimisen kannalta hedelmälliseen suuntaan. Malli noudattaa aikaisemmin hahmoteltua Deweyn "tekemällä oppimisen" pedagogiikkaa ja Meisalon (1989; 1994) LT-malliin perustuvaa opetusta (ks. 5.5.2.).

Suunniteltu malli tukee aikaisempaa strukturoitua mallia paremmin tutkimuksen tavoitteita. Opetusjaksoissa 1 ja 2 oppilaiden työskentely Empirica Controlin parissa rajoittui kolmelle viimeiselle työkerralle, mutta suunnitellussa deweyläisessä mallissa oppilaat työskentelevät Empirica Controlilla kaikilla viidellä työkerroilla, jolloin kokemuksia sen käytöstä saadaan aiempaa enemmän.

Taulukko 10. Opetusjakson 3 sisältö.

työkerta sisällöt

1. edestakaisin liikkuvan auton tutkiminen yhdessä lampua sytyttelevän ja sammuttelevan laitteen rakentaminen
2. ryhmätyö, tutkittiin ja selitettiin erilaisten laitteiden toimintaa kadun tai pihavalaistuksen järjestäminen (Empirica Control)
3. edellisellä työkerralla oppilaiden aloittamien autojen jatkaminen opetustuokio välityksistä
4. opetustuokio silmukkarakenteesta ohjelmassa tehtävänä saada autot liikkumaan ja tekemään jotain
5. opetustuokio tulojen käytöstä edellisillä työkerroilla aloitettujen laitteiden jatkaminen laitteiden loppuesittely

Taulukko 11. Opetusjakson 4 sisältö.

työkerta sisällöt

1. edestakaisin liikkuvan auton tutkiminen yhdessä lamppua sytyttävän ja sammuttelevan laitteen rakentaminen
2. rakennettiin erilaisten ongelmien ratkaisuksi valoja käyttäviä laitteita
3. opetustuokio silmukkarakenteesta ohjelmassa edellisellä työkerralla oppilaiden aloittamien laitteiden jatkaminen
4. opetustuokio tulojen käytöstä edellisellä työkerralla oppilaiden aloittamien laitteiden jatkaminen
5. opetustuokio valokennon käytöstä ongelmatehtävä, valaistuksen järjestäminen pimeään varastoon

Opetuksen arvo riippuu siitä, miten paljon oppimista tapahtuu. Deweyläisen "tekemällä oppimisen" kysymysmerkki on aina ollut se, opitaanko sen avulla tavoitteiden suuntaisia sisältöjä vai kenties enemmän joitain muita sisältöjä. Opetusjaksojen aikana ja niiden jälkeen minusta tuntui, ettei oppilaiden spontaani työskentely ohjauksestani huolimatta johtanut esimerkiksi ohjelmointikielen ja sitä kautta laitteiden toiminnan vaiheittaisuuden ymmärtämiseen. Työskentelypainotteinen jakso olisi kenties kaivannut jonkin kokoavan loppupisteen, jossa tekemällä opittuja tietoja oltaisi viety yleisemmälle tasolle teknologisten laitteiden selitysmalin tapaan.

Toisaalta tutkimuksen tarkoituksena on saada kokemuksia Empirica Controlin käytöstä opetuksessa sekä siitä, miten hyvin lapset oppivat sitä käyttämään. Kuten ennen opetusjaksojen 3 ja 4 alkua oli arveltu, saatiin Empirica Controlin käytöstä paljon enemmän kokemuksia kuin opetusjaksojen 1 ja 2 aikana. Osaksi tähän vaikutti myös se, että kokemuksia saatiin dokumentoitua nauhoituksen ja piirrostehtävän avulla aikaisempaa paremmin.

Itsearviointilomake

Opetusjaksoissa 3 ja 4 käytettiin samaa itsearviointilomaketta kuin 2. jaksolla. Reliabiliteettimittaus tehtiin opetusjaksolla 3.

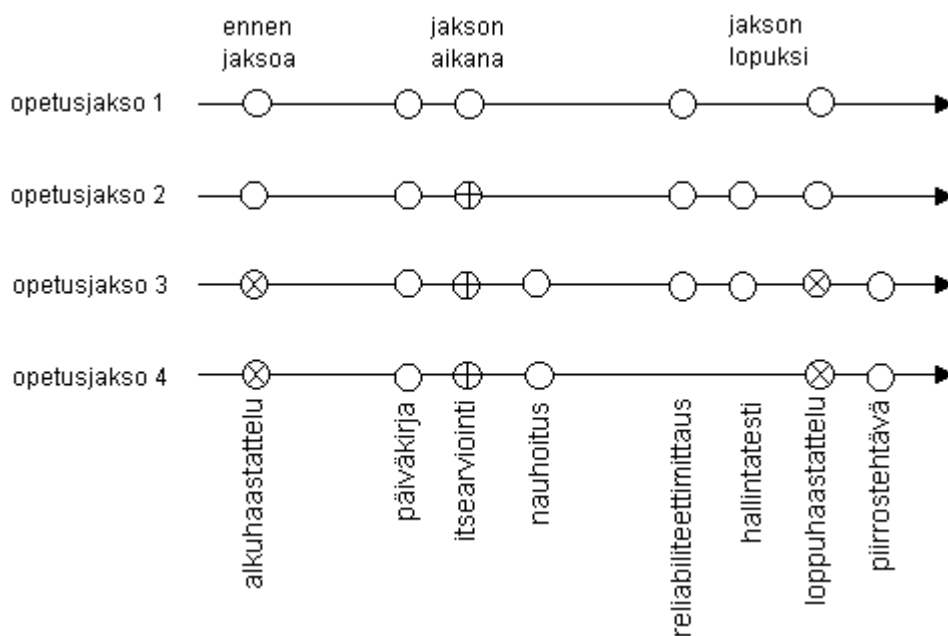
8.5.5. Aineiston keruu

Ennen opetusjaksojen alkua suunnitellut tiedonhankintamenetelmät (ks. 7.3.) toimivat periaatteiltaan varsin hyvin koko tutkimusjakson aikana. Toimintatutkimuksen hengen mukaisesti myös tiedonhankintamenetelmiä kehitettiin ja pieniä muutoksia tehtiin. Muutokset suunniteltuihin menetelmiin on tarkemmin selvitetty tiedonhankintamenetelmiä ja tutkimusjaksoja (ks. 8.5.) kuvaavissa luvuissa.

Suunnitelluista tiedonhankintamenetelmistä jäi kahdella opetusjaksolla käyttämättä järjestelmän hallintatesti ja yhdellä oppilaiden itsearviointilomakkeen reliabiliteettimittaus. Koulujen urheiluloman vuoksi ensimmäisen ja toisen opetusjakson väliin ei jäänyt juurikaan aikaa. Normaalkoulun tiukasti suunnitellun aikataulun vuoksi jouduttiin opetusjakson 1 hallintatesti jättää pitämättä. Neljännen

opetusjakson lopun reliabiliteettimittauksen ja järjestelmän hallintatestin puuttumiselle on myös samantyyppisiä syitä. Jakson venyminen toukokuun loppuviikoille vaikeutti aikataulujen laatimista, sillä luokalla oli retkiä ynnä muuta erityisohjelmaa. Kevätväsymys alkoi vaivata myös opettajaa ja tunsin itseni kiusankappaleeksi etenkin, kun opetusjaksojen aikana käyttämäni tilat tarvittiin remontin alta muuttavan luokan käyttöön. Opetusjakson 4 viimeiseltä työkerralla reliabiliteettimittaus unohtui kiireisen aikataulun vuoksi kokonaan.

Laiminlyönneistä huolimatta uskon, että materiaalia tutkimusongelmiin vastaamiseksi on riittävästi. Puuttuvat järjestelmän hallintatestit korvautuvat osaksi sillä, että opetusjaksoilla 3 ja 4 päiväkirjadokumentointi oli suunniteltua tarkempaa, joten Empirica Controlin käytön vaativuudesta saadaan luotettavaa tietoa hallintatestin lisäksi myös päiväkirjoista. Uuden oppilaiden itsearviointilomakkeen reliabelius on mitattu jo kahdesti opetusjaksoilla 2 ja 3, jolloin luotettavuudet olivat samaa luokkaa ja paremmat kuin opetusjaksolla 1 (ks. 7.3.1.).



Kuvio 18. Aineiston keruu eri opetusjaksoissa. Pallojen kuviot kertovat haastattelujen ja itsearviointilomakkeen muuttuneen 2. ja 3. jakson välissä.

9. Aineiston käsittely ja tulokset

Tässä luvussa esitellään tutkimusongelmittain aineiston käsittelyn vaiheet ja vastataan saatujen tulosten perusteella asetettuihin ongelmiin.

Tämän tutkimuksen tiedonhankintamenetelmissä on pyritty triangulaatioon, toisin sanoen yhtä tutkimusongelmaa varten on materiaalia hankittu monella eri menetelmällä. Toisaalta yhdellä tiedonhankintamenetelmällä saatuja tietoja on käytetty useiden eri tutkimusongelmien ratkaisemiseen. Aineiston käsittelyn kuvaus ja tulosten esittäminen on yhdistetty, koska näin vältetään kokonaisuusien pirstoutuminen useisiin kappaleisiin ja parannetaan raportin luettavuutta.

Koska tutkimuksen keskeisen aineiston muodostaa tutkimusjaksolla 1 kerätty materiaali, perustuu myös tutkimusongelmiin vastaaminen lähinnä niihin. Tutkimusjakson 2 ja 3 aineistoa on käytetty tukemaan tätä varsinaista aineistoa. Jaksojen 2 tai 3 aineiston ollessa kyseessä mainitaan tästä erikseen, muutoin kyseessä on jakson 1 aineisto.

Kvalitatiivisten tutkimusraporttien ongelmana on tulososioiden laajuus, joka hankaloittaa raportin lukijan työtä hänen yrittäessään seurata kirjoittajan päättelyketjua. Tämän välttämiseksi tulosten kannalta keskeisten osa-alueiden päätteeksi on liitetty lyhyt yhteenveto esitetyistä tuloksista (ks. tutkimusongelma 1: 9.1.6., ongelma 2: 9.2.5. ja 9.4.5., ongelma 3: 9.5.4.). Kiireinen lukija saa yleiskuvan tuloksista tutustumalla näihin kappaleisiin.

9.1. Tutkimusongelma 1

Tutkimusongelman 1 tarkastelu aloitetaan järjestelmän hallintatestillä, jonka perusteella nähdään oppilaiden suoritusaso opetusjakson jälkeen. Opettajan havaintoja kerätään strukturoidusta päiväkirjasta. Lisäksi tarkastellaan oppilaiden itsearviointilomaketta.

9.1.1. Järjestelmän hallintatestin tulokset

Kahden opetusjakson päätteeksi pidetyn neljän järjestelmän hallintatestin tulokset käsiteltiin taulukoimalla ne (ks. liite 5) yleiskuvan saamiseksi. Arvoiksi valittiin selkeyden vuoksi dikotominen "osasi" (positiivinen, +) tai "ei osannut" (negatiivinen, -). Lisäksi arvoina voi olla "ei tullut ilmi" (?), mikäli muuttujan arvoa ei kyetty oppilaan toimintaa kuvaavasta dokumentoinnista selvittämään. Osa näistä tapauksista johtui oppilaan valitsemasta ratkaisutavasta, jossa tietyn taidon hallinta ei käynyt ilmi. Esimerkiksi mikäli oppilaan ei selvästikään tarvitse poistaa ohjelmasta kuvakkeita, ei tiedetä, olisiko hän tarvittaessa osannut niin tehdä. Käskyjen kohdalla oleva "ymmärtäminen" määriteltiin oppilaan toiminnan perusteella: lisäsikö hän kokonaisuuden kannalta loogisen käskyn vai toimiko sattumanvaraisesti.

Hallintatestin käsittelyn validiteettia olisi parantanut sivullisen taulukoijan käyttö. Tämä mahdollisuus hylättiin, sillä muistiinpanot osoittautuivat niin tyypistetyiksi, että niiden ymmärtäminen olisi

vaatinut sekä Empirica Controlin että tutkijan oman terminologian tuntemista. Siksi päädyttiin uudelleenanalysoimaan aineisto tutkijan toimesta noin viikon kuluttua ensimmäisestä analyysistä. Kaksi analyysiä olivat 89-prosenttisesti yhteneviä. Eroavat kohdat tarkistettiin huolellisesti muistiinpanoista, jonka jälkeen tehtiin lopullinen taulukko.

Taulukosta (ks. liite 5) nähdään, että perustaidot (ohjelmoinnin aloittaminen ja käynnistäminen, käskyjen lisääminen ja poistaminen sekä asetusten antaminen käskyille) hallittiin varsin hyvin. 64:sta arvosta vain 8 oli negatiivista, positiivisia oli 43. Negatiiviset arvot ovat levittäytyneet, eikä missään yksittäisessä perustaidossa ole muita enemmän puutteita.

Tavallisesti ohjelmoinnin alussa tehtävä käytettävien liitäntöjen asettaminen on tuottanut ongelmia, sillä 12 arvoista on negatiivisia, 14 positiivisia.

Käskyistä näytetään hallitsevan lähtö- (1 negatiivinen, 21 positiivista) ja odota-käskyt (5 negatiivista, 15 positiivista). Tämä onkin luonnollista, sillä kyseessä ovat yleisimmät Empirica Controlin ohjelmoinnissa käytetyt käskyt. Opetusjaksoilla ohjelmointi aloitettiin juuri näillä kahdella käskyllä.

Silmukkarakenteen hallinta näyttää olevan myös hyvä (3 negatiivista, 7 positiivista) lukuunottamatta rakenteen hankalaa lisäämistä ohjelmakaavioon. Asiaan palataan tutkimusongelman 2 käsittelyn yhteydessä.

Ajanpuutteen vuoksi vähimmälle huomiolle opetusjaksolla jäänyt tulo-odota -rakenne oli jäänyt oppilaille epäselväksi. Vain yksi oppilas neljästä (6 negatiivista, 2 positiivista) pystyi käyttämään tätä rakennetta ilman tutkijan apua.

9.1.2. Opettajan havainnot

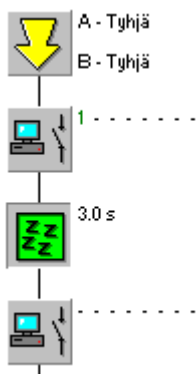
Opettajan havainnot strukturoidusta päiväkirjasta käytetään tutkimusongelman 1 vastaamisessa etsimällä tietoja rakennetuista laitteista ja laadituista ohjelmista. Näiden avulla pyritään kuvaamaan oppilaiden aikaansaannoksia opetusjaksojen aikana ja valottamaan tutkimusongelmaa toiminnan tulosten avulla. Päiväkirjamerkintöjen lisäksi esitellään joitankin oppilaiden tekemiä ohjelmia, jotka on valittu edustamaan mahdollisimman eritasoisia tuotoksia. Oppilaiden rakentamat laitteet kuvattiin, mutta valitettavasti kuvien tekninen laatu jäi niin heikoksi, ettei niitä voida tässä raportissa käyttää.

Strukturoidusta päiväkirjasta löytyi runsaasti erilaisiin käyttövaikeuksiin liittyviä merkintöjä, jotka opetukseen liittyvinä käsitellään tutkimusongelman 2 yhteydessä. Samassa yhteydessä kerrotaan opettajan roolista oppilaiden työskentelyssä.

Esiteltävät kolme tehtävää on valittu siten, että ne olisivat keskenään mahdollisimman erilaisia työtavoiltaan ja tuloksiltaan. Lisäksi on pyritty valitsemaan sellaisia esimerkkejä, joissa oppilaiden erilaiset suoritusastot tulisivat mahdollisimman hyvin esiin. Valintaan on myös vaikuttanut se, miten kattavasti työskentely on kuvattu päiväkirjassa ja miten hyvin oppilaiden ohjelmat ovat säilyneet, sillä kaikkia ohjelmia ei aina ehditty tallettaa, ennenkuin oppilaat sammuttivat tietokoneet.

Työ 1: Ohjelmoinnin opettaminen (opetusjakso 2)

Opetusjaksolla 2 opetus aloitettiin tutustumalla ohjelmointiympäristöön tekemällä lyhyt ohjelma, joka syyttää liitäntäyksikköön liitetyn lampun palamaan hetkeksi (ks. taulukko 11). Työskentely tapahtui kolmessa työpisteessä, joihin oppilaat (9 kpl) oli jaettu. Ohjelmointi eteni opettajajohtoisesti siten, että oppilaat seurasivat opettajan antamia vaiheittaisia ohjeita. Havaintovälineiden puuttuessa ohjeet annettiin suullisesti. Ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä opettaja tarkasti, että kaikki olivat pystyneet toimimaan ohjeiden mukaisesti. Näin edettiin, kunnes ohjelma saatiin valmiiksi.



Kuvio 19. Ohjelma, joka syyttää valot hetkeksi.

Aikaa ensimmäisen ohjelman laatimiseen kului 30-40 minuuttia. Piirtoheittimen käyttö opetusjaksoilla 3 ja 4 ei tätä aikaa lyhentänyt.

Työ 2: Jalankulkijan turvallisuuden parantaminen ajoradan ylityksessä (opetusjakso 1)

Opetusjakson 1 neljännen ja viidennen työkerran aikana oppilaiden tehtävänä oli parantaa vilkkaasti liikennöityä ajorataa ylittävän jalankulkijan turvallisuutta (ks. taulukko 8). Aikaa oli varattu yksi kahden oppitunnin työkerta, josta jäi noin 60 minuuttia oppilaiden itsenäiselle työskentelylle. Työkerran lopussa oppilaat esittelivät ratkaisujaan, jotka olivat jääneet keskeneräisiksi. Valitettavasti päiväkirjasta ei löydy kuvauksia siitä, kuinka pitkälle oppilaat olivat ensimmäisellä työkerralla päätyneet.

Viidennellä työkerralla kadunylitystehtävää jatkettiin. Työkerta aloitettiin lyhyellä opetustuokiolla tulojen käytöstä, joten työskentelyaikaa jäi 50-60 minuuttia.

Kahden työkerran tuloksena valmistui kolme turvallisuutta parantavaa ratkaisua:

1 ja 2) Laitteissa oli lähtöinä kolme lamppua (vihreä, keltainen ja punainen). Käynnistettäessä ohjelma syytti lamput vuorotellen ja loppui sitten. Laitteiden ohjelmat ovat liitteen 6 ohjelmat 1 ja 2.

3) Laitteessa oli tuloina kaksi painonappia sekä lähtöinä moottori ja kolme lamppua (vihreä, keltainen punainen). Jalankulkijan tullessa ajoradan viereen hän painaa nappia, jonka jälkeen liikennevalot vaihtuvat punaisesta vihreään. Tämän jälkeen jalankulkija painaa toista nappia, jolloin punainen valo syttyy ja moottori avaa jalankulkijan esteenä olevan portin. Portti sulkeutuu, kun nappia painetaan uudelleen, jonka jälkeen laite on valmis uutta kadunylittäjää varten. Laitteen ohjelma on liitteen 6 ohjelma 3.

Työ 3: Autoja ja hidastusvaihteita (opetusjakso 3)

Opetusjaksolla 3 oppilaat innostuivat autojen rakentamisesta, jolloin opetettava teknologiaa käsittelevä aines päätettiin sisällyttää oppilaita kiinnostavaan autoaiheeseen. Työskentely tapahtui siten, että oppilaat rakensivat ja ohjelmoivat heitä kiinnostavia laitteita opettajan toimiessa neuvonantajana ja vihjeiden antajana. Tarkempi kuvaus työskentelystä esitetään tutkimusongelman 2 vastauksen yhteydessä.

Jakson 3 työkerrat 3-5 muodostivat kokonaisuuden, jonka aikana oppilailla oli aikaa itsenäiselle työskentelylle noin neljän oppitunnin verran. Jakson päätyttyä oli valmiina seuraavanlaisia laitteita:

- 1) Auto, joka lähti liikkeelle nappia painettaessa ja liikkui eteenpäin jonkin aikaa.
- 2) Auto, joka lähti liikkeelle nappia painettaessa. Kun samaa nappia painettiin uudelleen, auto vaihtoi kulkusuuntaansa.
- 3) Auto, joka liikkui eteenpäin. Kun nappia painettiin, auto alkoi peruuttamaan kahden sekunnin viiveen jälkeen. Autossa oli ajovalot.
- 4) Liikennevaloaiheinen maisema, jossa oli liikkuva auto ja liikennevalopylväs. Käynnistämisen jälkeen ohjelma vaihtoi liikennevalot punaisesta vihreäksi, jolloin auto ajoi jonkin matkaa liikennevalopylvään ohitse. Lopuksi auto peruutti takaisin alkuasemaansa ja toiminta alkoi alusta. Käytännöllisesti katsoen laite valmistui yhden työkerran aikana.
- 5) Hidastusvaihte, jossa oli kuusi hammasratas- tai hihnaparia. Vaihte alensi moottorin pyörimisnopeutta.

Näiden lisäksi oltiin rakennettu muitakin yksinkertaisempia Lego-rakennelmia, mutta niitä ei katsottu tarpeelliseksi dokumentoida päiväkirjaan. Kaikki oppilaat eivät siis rakennelleet määrätietoisesti jotain tiettyä laitetta, vaan saattoivat seurata muiden rakentelua ja tehdä omia pieniä kokeilujaan.

Laitteiden ohjelmat poikkesivat toisistaan huomattavasti, kuten liitteestä 7 voidaan nähdä. Ohjelma 1 (ks. liite 7) on hyvin tyypillinen. Se täytti oppilaiden tarpeet: koska heidän mielenkiintonsa kohdistui rakentamiseen, vaadittiin ohjelmalta vain sitä, että se kytkee virran johonkin lähtöliitintään, jolloin rakennettu laite saadaan toimimaan.

Liitteen 7 ohjelma 2 on esimerkki tuloksesta, johon on päädytty, kun ohjelma ei ole heti aluksi toiminut halutulla tavalla. Virheen analysoinnin sijaan oppilaat ovat lisäilleet sattumanvaraisesti käskyjä toivoen asian korjaantuvan. Ohjelma 3 (ks. liite 7) on kahden muun vastakohta. Siinä on vain ne käskyt, joita tarvitaan auton automaattisen toiminnan aikaansaamiseksi. Aluksi odotetaan napin painallusta, jonka jälkeen auton moottori pyörii neljän sekunnin ajan. Tämän jälkeen pyörimissuunta vaihtuu, kunnes nappia jälleen painetaan. Autossa on myös valoja, jotka palavat moottorin pyöriessä.

9.1.3. Oppilaiden omat arviot

Oppilaiden itsearviointilomakkeessa (ks. liitteet 2 ja 3) pyrittiin selvittämään lähinnä sitä, millaisena oppilaat kokevat työskentelyn Empirica Controlilla ja yleensä tietokoneilla. Kysymyksissä 3 ja 4 keskityttiin siihen, pidettiinkö eri Empirica Controlin eri osa-alueita helppoina vai vaikeina. Tulosten käsittelyssä oletetaan, että tietyn osa-alueen vaikeus ja osaamattomuus ovat yhteydessä. Toisin sanoen, jos esimerkiksi ohjelmointi on oppilaasta vaikeaa, hän ei osaa sitä - ja päinvastoin. Tämä oletus sisältää merkittävän virhemahdollisuuden. Vastaaja voi sanoa ohjelmointia vaikeaksi samalla halliten sen juuri ja juuri. Koska tutkimusongelmaan 1 ei vastata ainoastaan itsearviointilomakkeen avulla, vaan käytössä on validimpiakin tiedonhankintamenetelmiä, käsitellään oletuksen perusteella itsearviointilomakkeesta saadut tulokset suuntaa-antavina.

Ohjelmoinnin ja liitäntäyksikön käyttövaikeudet itsearviointilomakkeen mukaan on esitetty liitteessä 8. Tulosten mukaan ohjelmointivaikeuksia on opetusjaksoilla 2-4 kohdannut 18% vastanneista ja liitäntäyksikön käyttövaikeuksia 13%. Aineiston koodaamistavan ansiosta prosenttiyksikköjen eron merkittävyys voidaan laskea muuttujien keskiarvoista. T-testillä havaitaan, että ohjelmointivaikeuksien ja liitäntäyksikön käyttövaikeuksien välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (ks. liite 9 taulukko A), mutta molemmat prosenttiluvut ovat tilastollisesti merkitsevästi nollasta poikkeavia (ks. liite 9 taulukot B ja C).

9.1.4. Tutkimusjakso 2

Tutkimusjaksolla 2 Empirica Controlia käyttäneet oppilaat olivat 11-12 -vuotiaita, eli selvästi tutkimusongelmassa mainittuja ala-asteen 2. luokan oppilaita vanhempia. Tulokset eivät siis suoraan vastaa tutkimusongelmaan 1, mutta lisäävät annettavan vastauksen varmuutta.

Yleisesti voidaan sanoa, että tutkimusjakson 2 oppilaat oppivat Empirica Controlin käytön helposti ja laitteen käyttö jäi nopeasti taka-alalle varsinaisten ongelmien ratkaisujen noustessa keskeiselle sijalle. Empirica Controliin tutustuminen vei molemmilla leireillä noin 45 minuuttia, jonka aikana oppilaat tutustuivat sekä lähtöihin (lamppujen ja moottorien ohjaus) että tuloihin (painonapit ja valokennot).

Leirin aikana oppilaat ratkaisivat kolmentasoisia ongelmia, joita olivat:

Taso 1 (ratkaisu kesti 1 – 1,5 h):

- Parantakaa jalankulkijan turvallisuutta tienylityksessä
- Rakenna auto, joka liikkuu automaattisesti

Taso 2 (2 h):

- Rakenna laite, joka lajittelee erikorkuiset (2) laatikot omiin lokeroihinsa
- Rakenna laite, joka liikkuu tietyn etukäteen ohjelmoidun reitin (lattialla olevan tien) tasaisella alustalla

Taso 3 (4 h):

- Rakentakaa laite, joka lajittelee suuret ja pienet paketit ja siirtää ne omiin kasoihinsa
- Rakentakaa laite, joka piirtää neliön (myöhemmin tätä tehtävää helpotettiin siten, että laitteen pitäisi piirtää viiva)

Ongelmat ja niihin kulunut aika osoittaa, että oppilaat ratkaisivat haasteellisia tehtäviä melko lyhyessä ajassa. Täytyy kuitenkin muistaa, että pieni ryhmäkoko (8 ja 7 oppilasta) takasivat opettajan tuen normaalia luokkatilannetta paremman saatavuuden.

9.1.5. Tutkimusjakso 3

Tutkimusjaksolla 3 opiskelijat käyttivät Empirica Controlia 6-8 tunnin ajan. Tiedonhankinnassa keskityttiin kyselylomakkeen käyttöön. Lomakkeen avoimissa kysymyksissä pyydettiin arvioimaan Empirica Controlin käytettävyyttä peruskoulun ala-asteella. Opiskelijat näkivät käyttömahdollisuudet hyviksi (15 opiskelijaa 20:stä). Kaksi opiskelijaa piti Empirica Controlia liian vaikeana. Toinen heistä epäili lasten käyttötaitoja, toinen omia kykyjään tukea työskentelyä. Yksi opiskelija piti järjestelmää vielä keskeneräisenä ja kahden mielipide ei selvinnyt vastauksesta.

Opiskelijat vastasivat didaktisesta ja työskentelyn tavoitteiden näkökulmasta. Didaktiikkaan liittyvissä maininnoissa korostettiin tarvetta pienryhmäopetukseen ja henkilökohtaiseen ohjaukseen. Toisaalta sama asia nähtiin toisenlaisesta näkökulmasta: laitteen käyttö soveltuu helppokäyttöisyytensä vuoksi omatoimiseen työskentelyyn. Työskentelyn nähtiin tukevan seuraavia tavoitteita:

- tuo teknologiaa lähemmäs lapsia
- kuvakepohjaisen ohjelmoinnin kautta opitaan tietokoneen toimintamekanismeja
- kehittää ongelmanratkaisu- ja päättelykykyä
- kehittää ryhmässä työskentelyn valmiuksia

Soveltuvuutta näyttivät vaarantavan oletetut käyttövaikeudet (1 haastateltava) sekä laitteiston hankintahinta (2 haastateltavaa).

9.1.6. Yhteenveto tutkimusongelman 1 tuloksista

Tulosten perusteella näyttäisi siltä, että tutkimukseen osallistuneet oppilaat ovat oppineet käyttämään Empirica Controlia. Hallintatestin mukaan ohjelmointi, eli käskyjen lisääminen, poistaminen ja asetusten antaminen, hallittiin. Samoin oppilaat osasivat käyttää lähtö- ja odotuskäskyä sekä silmukkarakennetta. Tulosten käyttämistä ei hallittu.

Tutkimusjakson 1 oppilaiden ohjelmien tarkastelu osoittaa, että erillisten käskyjen hallinta ei ole johtanut ohjelmoinnin suunnitelmalliseen hyödyntämiseen laitteiden rakentamisessa. Tähän havaintoon palataan tutkimusongelman 2 käsittelyn yhteydessä.

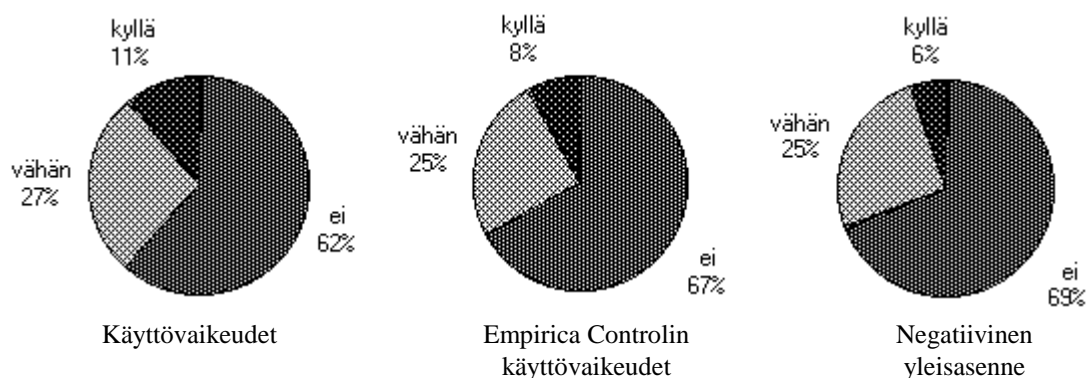
Oppilaat itse ovat kokeneet järjestelmän käytön ongelmattomaksi. Useampi kuin neljä viidestä ilmoitti ettei ollut kohdannut vaikeuksia ohjelmoinnissa tai liitäntäyksikön käytössä. Tutkimusjaksolla 2 muutamaa vuotta vanhemmat oppilaat oppivat Empirica Controlin käytön nopeasti ja kykenivät hyödyntämään sitä asetettujen tehtävien ratkaisemiseen.

Tutkimusjakson 3 opiskelijat näkivät Empirica Controlin käyttömahdollisuudet ala-asteella hyväksi. Haastatellut näkivät Empirica Controlin soveltuvan pienryhmäopetukseen sekä palvelevan itse teknologiaan liittyvien tavoitteiden lisäksi ongelmanratkaisu- ja ryhmätyötaitojen kehittymistä.

9.2. Tutkimusongelma 2, oppilaiden kokemukset

9.2.1. Itsearviointilomake

Itsearviointilomakkeen tilastollisessa tarkastelussa päätettiin jättää huomioimatta epäluotettavaksi havaitun 1. opetusjakson tulokset. Jäljempänä esitetyt tarkastelut eivät sisällä opetusjaksoa 1, ellei sitä ole erikseen mainittu. Tarkastelut aloitettiin laskemalla tulokset muuttujittain.



Kuvio 20. Muuttujien arvot opetusjaksoilla 2-4.

Suurin osa vastauksista on positiivisväyisiä: suhtautuminen tietokoneisiin ei ole negatiivista ja tietokoneeseen ja Empirica Controliin liittyviä käyttövaikeuksia ei ole ollut. Työskentelyn, tietokoneiden tai Empirica Controlin käytön on kokenut negatiiviseksi 6-11% oppilaista.

Jotta saataisiin tietää, miten eri opetusjaksot ja työkerrat eroavat toisistaan laskettiin kunkin työkerran osalta kullekin muuttujalle arvot (ks. liite 10).

Tutkimuksen yhteydessä pidetyillä kahdellakymmenellä työkerralla kuudellatoista yli puolet oppilaiden itsearvioinneista oli positiivisia. Yleishavaintona voidaan kuvion 20 ja liitteen 10 perusteella

todeta, että oppilaiden asenteet olivat positiivisia sekä tietokoneella työskentelyä että Empirica Controlia kohtaan. Empirica Controlilla työskentely koettiin valtaosin ongelmattomaksi.

Tarkempi analyysi tehtiin ristiintaulukoimalla muuttujat opetusjaksojen ja työkertojen kanssa sekä laskemalla niiden välistä yhteyttä kuvaava gammakerroin (ks. liite 11). Ristiintaulukointien gammakertoimet jäivät alhaisiksi, joten ristiintaulukoitujen muuttujien yhteydet eivät ole lineaarisia. Ristiintaulukoinnissa huomio kiintyi seuraaviin seikkoihin:

- 1) Jaksolla 4 oppilaat näyttivät kokeneen enemmän käyttövaikeuksia (ks. liite 11 taulukko B) kuin jaksoilla 2 ja 3.
- 2) Jaksoilla 3 ja 4 Empirica Controlin käyttövaikeudet näyttivät olleen suurempia kuin jaksolla 2 (ks. liite 11 taulukko C). Vaikeuksia on ollut nimenomaan ohjelmoinnissa (ks. liite 11 taulukko D).

Erojen tutkiminen osoittautui hankalaksi. Muuttujien keskiarvoja ei ollut mielekäs laskea, koska muuttujat olivat järjestysasteikollisia. Gibbons (1976, 250-258) sekä Siegel ja Castellán (1988, 144-151) suosittelevat tehtävään Kolmogorov-Smirnov -testiä, jonka puutteeksi mainittiin heikkous verrattuna t-testiin. Ristiintaulukoinnissa havaitut erot testattiin, mutta Kolmogorovin-Smirnovin testillä ne eivät osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi valitulla 10% riskitasolla.

Eroja haluttiin testata myös t-testillä. Jotta oltaisiin päästy t-testin vaatimiin välimatka-asteikollisiin muuttujiin, muuttujien arvot "vähän" ja "kyllä" yhdistettiin arvoksi "kyllä", jolloin analyysissä voitiin käyttää "ei" ja "kyllä"-arvojen prosenttiosuuksia.

T-testit osoittivat, että osa havaituista eroista oli myös tilastollisesti merkitseviä. Testien mukaan opetusjaksolla 4 oli ollut enemmän käyttövaikeuksia kuin jaksolla 3 (ks. liite 11 taulukko E), mutta opetusjaksojen 4 ja 2 välinen ero ei ollut merkitsevä. Empirica Controlin käyttövaikeudet olivat opetusjaksoilla 3 ja 4 tilastollisesti merkitsevästi yleisempiä kuin jaksolla 2 (ks. liite 11 taulukot F ja G). Tämä päti myös ohjelmointivaikeuksien osalta (ks. liite 11 taulukot H ja I).

9.2.2. Alaongelma 2A

Alaongelmiin vastataan oppilaiden itsearviointilomakkeiden perusteella, koska vain se oli suunniteltu keräämään vertailukelpoista tietoa asenteista ja niiden muutoksista.

Oppilaiden tietokoneen käyttöä koskevia asenteita ja niiden muuttumista koskeva alaongelma 2A on tavallaan jo edellä käsitelty. Kuvion 20 ja liitteen 10 perusteella voidaan sanoa oppilailla olevan positiiviset asenteet tietokoneen käyttöä kohtaan.

Yleisasenteen ja opetusjakson ristiintaulukoinnissa ei ole nähtävissä mitään yhteistä linjaa (ks. liite 11 taulukko A).

Ristiintaulukoitaessa yleisasenne ja opetuskerta nähdään selvä muutostrendi: opetusjakson edessä negatiivisen yleisasenteen vähän-luokka on pienentynyt ja vastaavasti ei-luokka on suuren-

tunut (ks. liite 11 taulukko J). Näyttäisi siis siltä, että epävarmasti tietokoneella työskentelyyn suhtautuneet olisivat muuttuneet opetusjakson aikana myönteisemmiksi. Yhteyden voimakkuutta osoittava gammakerroin jää kuitenkin alhaiseksi (-.23).

Saatujen tulosten perusteella näyttäisi siltä, että oppilaiden asenteet tietokoneen käyttöä kohtaan ovat positiivisia. Oppilaiden asenne tietokonetta kohtaan näyttää muuttuvan opetusjaksojen edetessä jonkin verran positiivisemmaksi.

9.2.3. Alaongelma 2B

Alaongelma 2B kiinnittää huomiota eri muuttujien välisiin yhteyksiin. Tähän alaongelmaan liittyen on kiinnostavaa selvittää, liittyvätkö vaikeudet tietokoneen käytössä negatiiviseen asenteeseen tietokoneen käyttöä kohtaan. Houkutus väittää asenteiden muuttuvan negatiivisiksi käyttövaikeuksien seurauksena on suuri, mutta kausaalisuhte voi olla päinvastainenkin. Käyttäjä, jonka asenne tietokoneita kohtaan on negatiivinen, kokee kohtaamansa vaikeudet suuremmiksi kuin positiivisesti asennoituva.

Tässä tutkimuksessa käytetyn asetelman perusteella ei voida määritellä vaikutuksen suuntaa. Itsearviointilomakkeen antamien tulosten perusteella voidaan ainoastaan sanoa, vallitseeko tutkittavien muuttujien välillä yhteys vai ei.

Ristiintaulukoinnit osoittavat, että muuttujien välillä vallitsevat tilastolliset yhteydet ovat kohtalaisia. Voimakkain yhteys on tietokoneiden käyttövaikeuksien ja Empirica Controlin käyttövaikeuksien välillä (.70). Yleisasenne on yhteydessä Empirica Controlin käyttövaikeuksiin ja yleisiin käyttövaikeuksiin hiukan heikommin (.63 ja .56). Kaikki yhteydet ovat tilastollisesti merkitseviä valitulla 10% riskitasolla. Koska vaikutuksen suuntaa ei voida määrittää, ei asetettuun tutkimusongelmaan voida tältä osin vastata.

Taulukko 12. Eri muuttujien yhteyksien selvittämiseksi suoritettavat ristiintaulukoinnit. Numeruksien erot johtuvat lomakkeiden merkintöjen tulkintavaikeuksista.

käyttövaikeuksia					EC:n käyttövaik.						
negat. yleisäsanne	ei	väh	kyllä	yht	negat. yleisäsanne	ei	väh	kyllä	yht		
	ei	102	27	10	139		ei	109	23	7	139
	vähän	19	25	6	50		vähän	22	23	3	48
	kyllä	4	1	6	11		kyllä	2	3	6	11
	yht	125	53	22	200		yht	133	49	16	198
gamma: .56					gamma: .63						
merkitsevyys: 9%					merkitsevyys: 8%						

EC:n käyttövaik.					
käyttövaikeuksia	ei	väh	kyllä	yht	
	ei	104	18	3	125
	vähän	23	25	4	52
	kyllä	7	6	9	22
	yht	134	49	16	199
gamma: .70					
merkitsevyys: 7%					

9.2.4. Piirroksiset

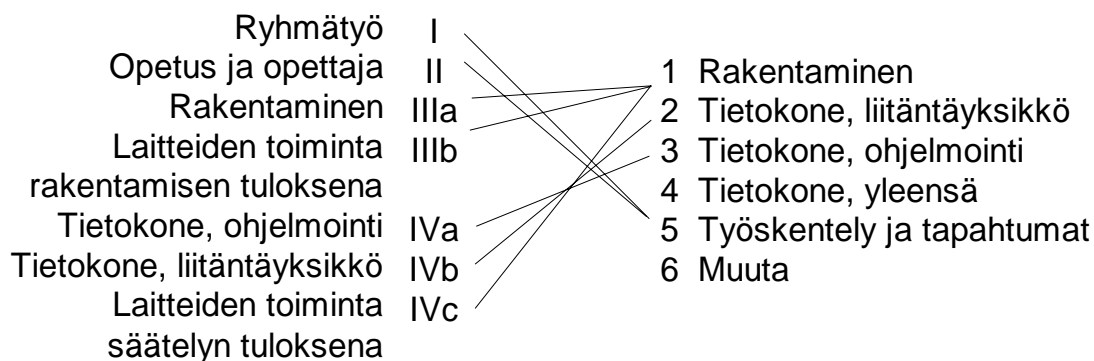
Opetusjaksojen 3 ja 4 lopuksi oppilaita pyydettiin piirtämään kuva jakson kivoimmasta ja tylsimästä asiasta (ks. 7.3.). Oppilaita haastateltiin kuvien perusteella, jotta saataisiin käsitys opetusjaksosta oppilaiden kokemana. Haastatteluissa oppilaiden kertomat ajatukset purettiin ideavirkkeiksi, joita saatiin 3. jaksossa 33 ja 4. jaksossa 34 kappaletta.

Ideavirkkeet päätettiin luokitella, jotta saataisiin yleiskuva jaksoista oppilaiden silmin. Tutkija luokitteli aluksi virkkeet kuuteen eri luokkaan (ks. kuvio 21, luokat 1-6).

Luokkajaon yleispätevyyden tarkistamiseksi aineisto annettiin tutkimuksen kannalta ulkopuoliselle kasvatustieteiden syventävien opintojen opiskelijalle ja pyydettiin häntä tekemään oma luokkajakonsa aineistosta. Pohjatiedoiksi hänelle kerrottiin lyhyesti tutkimusongelmista, itsearviointilomakkeesta, jonka antamaa kuvaa piirrostehtävä täydentää, sekä piirrostehtävän tarkoituksesta ja suorituksesta. Aikaisemmin avustaja oli tutustunut Empirica Controlin toimintaperiaatteeseen, muttei ole itse käyttänyt järjestelmää. Ulkopuolinen luokittelija muodostamat luokat (I-IV) ovat kuviossa 21.

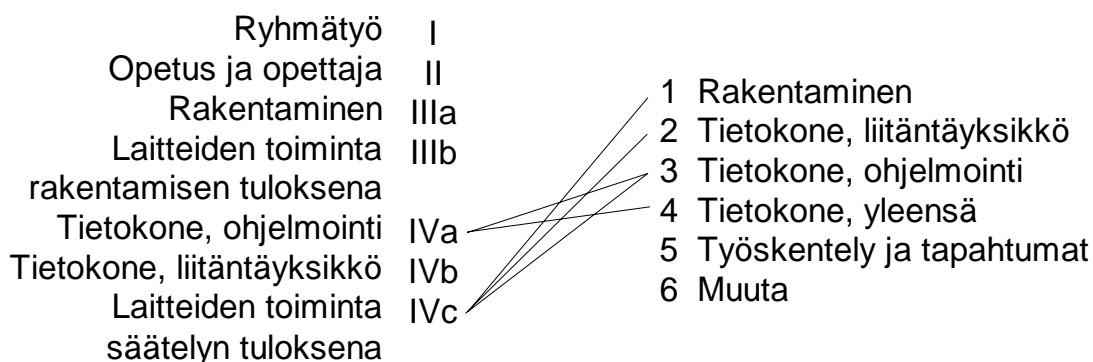
Luokkien määritelmiä tarkasteltaessa havaittiin, että avustajan muodostamat luokat (I-IV) olivat pääperiaatteissaan samat kuin tutkijan laatimat (1-6). Luokat I ja II vastaavat luokkaa 5, IIIa luokkaa 1 sekä IVa ja IVb luokkia 3 ja 2. Eroista suurin on avustajan käyttämä hierarkkisuus, joka yhdisti Empirica Controliin liittyvät luokat yhteen "pääluokkaan" (luokka III). Yläkäsite "tietokone" päätettiin ottaa selvemmin mukaan tutkijan luokitteluun, sillä ajatus tietokoneesta ja sen eri ominaisuuksista oli mukana jo aikaisemmassa luokkajaossa. Toinen merkittävä ero oli avustajan pai-

nottama laitteiden toiminta (luokat IIIb ja IVc). Aineistossa laitteiden toiminta esiintyi rakentamista käsittelevissä virkkeissä, ikäänkuin selityksenä niiden maininnalle. Tämän vuoksi toimintaa kuvaaville ideavirkeille ei muodostettu omaa luokkaa, joten nämä luokat päätettiin pitää tutkijan luokassa 1 ja huomioida ne luokan sisällön määrittelyssä.



Kuvio 21. Tutkijan ja avustajan luokittelun vastaavuus määritelmien perusteella. Avustajan luokittelu vasemmalla.

Luokkajaon eroja tutkittiin myös vertailemalla avustajan ja tutkijan luokittelun eroja yksittäisten ideavirkeiden sijoittelussa. Tämä tarkastelu tuki osittain pelkkien määritelmien perusteella tehtyjä päätelmiä, sillä avustajan luokkien sisältö kuului lähes säännönmukaisesti niihin tutkijan luokkiin, joihin niiden otsikkojen perusteella olisi pitänytkin kuulua. Hajontaa oli avustajan luokassa IVa, jossa oli sekä luokan 3 että luokan 4 virkeitä. Toisin sanoen avustaja oli luokitellut ohjelmoinniksi sellaisia ajatuksia, jotka tutkija luokitteli tietokoneita yleensä koskeviksi.



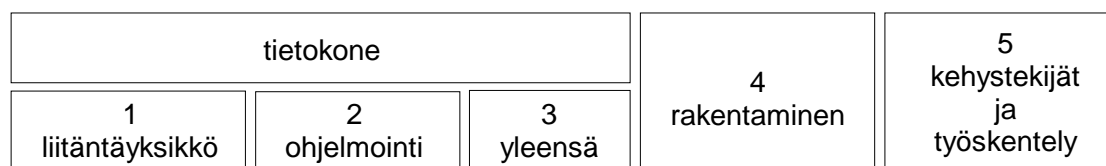
Kuvio 22. Tutkijan ja avustajan luokittelun vastaavuus luokkien sisällön perusteella. Erot määritelmien perusteella tehtyihin vastaavuuksiin (ks. kuvio 21).

Avustajan luokka IVc sisälsi enemmän hajontaa, sillä siihen kuuluvia ideavirkeitä löytyi tutkijan luokista 1, 2 ja 3. Luokka "laitteen toiminta säätelyn tuloksena" sisälsi siis sekä rakentamista, liitännäyksikön käyttöä että ohjelmointia, mikä onkin varsin luonnollista. Luokassa oli kahdentyyppisiä virkeitä: ensimmäisessä toiminta oli pääasia, jota selitettiin ("Autot toimivat.", "Kun tietokoneella

sai valot syttymään.") ja toisessa toiminta oli selityksenä jonkun muun piirteen maininnalle ("Ohjelmointi, koska sillä sai laitteet toimimaan.", "Tietokoneella sai päättää, mitä kone tekee."). Koska tutkimuksen päätarkoituksena on kerätä kokemuksia Empirica Controlin käytöstä, hylättiin avustajan muodostama luokka IVc, sillä se olisi hajottanut ohjelmointiin ja liitäntäyksikköön liittyviä ideavirkkeitä pois tietokonetta käsittelevistä luokista ja vaikeuttanut yhtenäisen kuvan muodostamista EC:stä.

Avustajan tekemän luokittelun perusteella havaittiin, että tutkijan tekemä luokkajako oli varsin toimiva. Joitakin muutoksia kuitenkin tehtiin: luokan 4 nimeksi muutettiin "kehystekijät ja työskentely", jotta se kattaisi valtaosan luokan 5 ("muuta") sisällöstä. Luokka 5 poistettiin tarpeettomana. Luokat numeroitiin uudelleen alleviivaamaan Empirica Controlista saatavien kokemusten tärkeyttä tässä tutkimustehtävässä. Tietokonetta käsittelevät luokat yhdistettiin yläkäsitteellä "tietokone" korostamaan niiden läheistä yhteyttä.

Luokittelun perusteeksi valittiin ideavirkkeen päällimmäisin ja konkreettisin ajatus, koska tyypiste-tyistä ideavirkeistä tehdyt tulkinnat saattaisivat olla virheellisiä. Toisaalta tulkinta tässä yhteydessä ei ollut tarpeellista, koska tarkoituksena oli saada karkeaa yleiskuvaa oppilaiden opetusjaksoon liittyvistä tuntemuksista. Näiden kahden periaatteen perusteella ohjeeksi otettiin luokittelu ideavirkkeen päälauseen mukaan.



Kuvio 23. Piirrostehtävän ideavirkeiden lopullinen luokkajako.

Lopullinen luokittelu suoritettiin kahdessa osassa. Ensinnä tutkija luokitteli ideavirkkeet viisi kertaa peräkkäin lopullisiin luokkiin. Tämän jälkeen avustajalle selostettiin lopullinen luokkajako, jonka perusteella hän luokitteli virkkeet kolmasti. Toistot tehtiin, jotta voitaisiin varmistua siitä, että tietty virke kuuluu tiettyyn luokkaan harkintakertojen lukumäärästä riippumatta. Avustajan luokitteluja käytettiin, jotta nähtäisiin, kuinka yleispäteviä käytetyt luokat ja niiden määrittelyt olivat.

Luokittelu havaittiin varsin yleispäteväksi, sillä tutkijan ja avustajan viimeinen luokittelu oli 96-prosenttisesti sama. Avustajan kolmen luokittelun yhtenevyys oli 96%, mutta tutkijan viiden luokittelun yhtenevyys vain 88%. Asiaan kenties vaikutti suhtautumiseni luokitteluun, sillä kun tiesin tekeväni sen viiteen kertaan, oletin virkkeiden vähitellen hakeutuvan oikeisiin luokkiin. Kolmen viimeisen luokittelun yhtenevyys olikin 99%.

Yleiskäsityksen saamiseksi laskettiin eri luokkiin sijoitettujen ideavirkeiden lukumäärät. Lukumäärien ja prosenttilukujen tarkkaan tulkintaan ei tässä yhteydessä ryhdytä, sillä piirrostehtävässä ei tarkoituksena ollut saada kvantitatiivista vaan ensisijaisesti kvalitatiivista tietoa. Kvantitatiivisesta

suunnasta tarkasteltaessa tiedonhankintamenetelmä suosi puheliaita haastateltavia, jotka pystyivät nopeasti mainitsemaan pyydetyn kahden ajatuksen lisäksi monia muita. Aineiston kvalitatiivisessa tarkastelussa tämä vääristymä ei ole haitaksi.

Taulukko 13. Ideavirkkeiden sijoittuminen luokkiin.

	luokka	kivaa	tylsää	pros kaikista
1	tietok, liitántäyksikkö	1	5	9%
2	tietok, ohjelmointi	8	3	16%
3	tietok, yleensä	5	1	9%
4	rakentaminen	23	2	36%
5	kehystekijät ja työskentely	5	16	30%

Eniten positiivisia "kivaa"-ideavirkkeitä tuli rakentamiseen liittyvään luokkaan. Eniten negatiivisia ideavirkkeitä tuli kehystekijät ja työskentely -luokkaan. Seuraavassa esitellään luokkien sisällöt pääpiirteissään:

1	kivaa	"Johtoja oli helppo kytkeä liitántäyksikköön"
	tylsää	Johtojen liitántä oli vaikeaa tai se unohtui Liitetyt lamput tai moottorit eivät toimineet
2	kivaa	Ohjelmointi sinänsä (ikonien asettelu ja tietokoneen näppäily) Ohjelmoimalla sai laitteita toimimaan
	tylsää	Ohjelmointi oli vaikeaa
3	kivaa	Tietokoneella sai laitteita toimimaan
	tylsää	"Tietokone tuntui vaikealta"
4	kivaa	Rakentaminen yleensä, erityisesti mainittiin autojen rakentaminen Rakentaminen, koska laitteet todella toimivat "Rakentaminen oli kivaa, koska sai keksiä itse"
	tylsää	Rakentaminen tuntui vaikealta
5	kivaa	Opettajan rakentamien laitteiden tutkiminen Nauhuri, jolla tunnit nauhoitettiin
	tylsää	Työskentelyyn liittyvät sosiaaliset ongelmat Yhteiset opetustuokiot veivät aikaa rakentamiselta Haastattelu ja lomakkeiden täyttäminen "Laitteen purkaminen, olisi pitänyt säästää hyllyllä, että kaikki näkis"

Yhteenvedonä piirrostehtävästä saaduista tiedoista voitaisiin todeta, että positiivisimpana opetusjakson piirteenä oppilaat pitivät rakentamista, kun taas negatiiviset piirteet liittyivät pääosin työskentelyyn luokassa.

Empirica Control on oppilaiden mielessä jäänyt rakentamisen ja työskentelyn varjoon. Liitántäyksikkö koettiin ongelmalliseksi. Johtojen liittäminen unohtui oppilailta tai liitetyt laitteet eivät heidän mukaansa toimineet. Toisaalta ohjelmoinnista oppilailta oli varsin positiivinen kuva. Synä mainittiin ikonien asettelu ja näppäimistön käyttö, joita voidaan pitää yleensä tietokoneen käyttöön liittyvinä: oppilaista tietokoneen käyttö on hauskaa, koska näppäimistön ja hiiren käyttö on hauskaa. Ohjelmointia ja yleensä tietokonetta pidettiin hauskana, koska sen avulla saatiin rakennetut laitteet toimimaan.

9.2.5. Yhteenveto oppilaiden kokemuksista

Itsearviointilomakkeiden perusteella oppilailla oli ollut kaikkien opetusjaksojen aikana vain vähän Empirica Controlin käyttövaikeuksia (ks. kuvio 20), mutta käyttö- ja erityisesti ohjelmointivaikeuksia on ollut enemmän opetusjaksoilla 3 ja 4 kuin jaksolla 2. Itsearviointilomakkeen kolmen eri muutujan välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys. Piirrostehtävän jaksolta 3 ja 4 antamien tietojen perusteella voidaan sanoa, että oppilaiden kokemukset ohjelmoinnista ja tietokoneen käytöstä olivat pääosin positiivisia (13 ideavirkettä), koska sillä saatiin rakennetut laitteet toimimaan. Toisaalta kukaan ei maininnut ohjelmoinnin olevan suorastaan helppoa. Jotkut pitivät ohjelmointia ja tietokoneen käyttöä vaikeana (4 ideavirkettä).

Eryityisesti piirrostehtävän perusteella voitaisiin sanoa, että oppilaiden Empirica Controlin käytöstä saadut hyvät kokemukset liittyvät siihen, että rakennetut laitteet saatiin tietokonejärjestelmän avulla toimimaan. Oppilaat mainitsevat, että "kun tietokoneella sai valot syttymään" ja "ohjelmoin auton käyntiin".

9.3. Tutkimusongelma 2, opiskelijoiden kokemukset

Tutkimusjaksolla 3 avoimia vastauksia käyttäen kerätyt opiskelijoiden vastaukset siirrettiin tietokoneelle ja luokiteltiin kahdessa vaiheessa kvalitatiivisen aineiston käsittelyyn tarkoitetulla Aquad 5 –ohjelmalla. Luokittelu tehtiin toisensa poislukeviin luokkiin ja luokitteluyksikkönä käytettiin lausetta tai yhden ajatuksen sisältämää virkettä.

Aineisto jäsenyi tutkimusongelman vastaukseksi erottamalla siitä kolme luokkaa, jotka ovat suoraan Empirica Controliin liittyvät maininnat, rakentamiseen liittyvät maininnat ja ongelmanratkaisuprosessiin liittyvät maininnat. Lisäksi maininnat erotettiin sen mukaan, olivatko ne positiivisiin vai negatiivisiin puoliin liittyvissä vastauksissa. Valinnan ja luokittelun jälkeen ei aineisto sisältänyt kovinkaan paljon näihin aihepiireihin liittyviä mainintoja. Kunkin luokan mainintojen lukumäärä on ilmoitettu suluissa.

Empirica Control. Suurin osa suoranaisesti Empirica Controliin liittyvistä maininnoista oli negatiivisia (9). Maininnat käsittelivät hyvin yleisellä tasolla olevia tietokoneen käyttövaikeuksia, ja yhdessä käytössä olleessa laitteessa ilmenneitä teknisä ongelmia. Epäiltiin myös, ettei oma aineenhallinta riittäisi työskentelyn ohjaamiseen. Tällaiset maininnat tulkittiin yleiseksi vaikeakäyttöisyydeksi ja siten tähän luokkaan kuuluviksi.

Empirica Controliin suoraan liittyvät positiiviset maininnat olivat harvassa (3). Kaksi opiskelijaa piti ohjelmaa helppokäyttöisenä.

Ongelmanratkaisuprosessi. Opiskelijat kokivat ongelmanratkaisun onnistuneena opiskelumuotona (13). Perusteluina käytettiin opiskelun omakohtaisuutta ja toimivan lopputuloksen aiheuttamaa mielihyvää. Negatiiviset maininnat (3) liittyivät oman ryhmän työskentelyn

suunnitelmattomuuteen ja siihen, että joskus oli vaikea erottaa oliko virhe suunnitellussa toimintatavassa vai toteutuksessa.

Rakentaminen. Jos opiskelijat mainitsivat laitteiden rakentamisen tai ohjelmoinnin, olivat maininnat voittopuolisesti positiivisia (7). Maininnat olivat hyvin ylimalkaisia, sillä usein vain todettiin, että ”rakentaminen on kivaa”. Toisaalta tällaista affektiivista otetta kyselylomakkeella juuri haettiin. Rakentamiseen liittyviä negatiivisia mainintoja oli vain yksi: ”Itse rakentelu oli aikamoista hinkkaamista, ---”.

Yleisvaikutelma Empirica Controlin käytöstä oli siis hyvin kaksijakoinen. Jos laitteisto mainittiin, se tapahtui negatiivisessa merkityksessä. Toisaalta itse työskentely oli koettu positiivisena.

9.4. Tutkimusongelma 2, opettajan kokemukset

Opettajan kokemuksia kerättiin IZE-ohjelman avulla strukturoidusta päiväkirjasta etsien opetukseen liittyviä muistiinpanoja. Kokemuksia käsitellään viidessä eri teemassa. Teemojen valintaan vaikuttivat aineisto sekä kiinnostavuus toisaalta tutkimusongelmien ja toisaalta käytännön opetuksen kannalta.

9.4.1. Empirica Controlin käyttötavat

Empirica Controlia käytettiin monissa eri opetusmuodoissa. Ennalta arvioituna tärkein käyttötapa oli oppilaiden itsenäinen työskentely. Yhtämittaiset työskentelyjaksot olivat tavallisesti noin yhden oppitunnin (45 min) pituisia, kun muuhun toimintaa käytettiin toinen oppitunti. Työskentelyyn liittyi opetustuokioita EC:n käytöstä. Aluksi opetustuokiot pidettiin siirtoheittimen puuttuessa yhden tietokoneen äärellä, mutta myöhemmin (jaksoissa 3 ja 4) avuksi otettiin piirtoheittimellä olevia kalvokuvia eri valikoista. Opettajajohtoisten opetustuokioiden pituudet vaihtelivat muutamasta minuutista puoleen tuntiin.

EC:tä käytettiin myös opetettaessa laitteiden toiminnan havainnointia ja selittämistä. Tutkittavat laitteet oli rakennettu toimiviksi, joten katselun lisäksi niiden toimintaa voitiin kokeilla. Tätä tutkimista tehtiin sekä yhteisten opetuskeskusteluiden että itsenäisten tunnistamis- ja selittämistehtävien muodossa. Tehtäviin liittyi oppilaiden esitystä, kerrottiin joko itserakennettujen tai valmiiden laitteiden toiminnasta.

Oppilaiden omat rakennelmat olivat teknologisen selittämisen kehittämisen kannalta liian yksinkertaisia. Tämän vuoksi opetuksessa käytettiin myös opettajan rakentamien valmiiden laitteiden tutkimista, jossa EC osoittautui käyttökelpoiseksi apuvälineeksi. Havainnollistamisvälineiksi saatiin kuvien sijaan konkreettisia, toimivia pienoismalleja, joiden avulla laitteiden toimintaa saatettiin kokeilla ja tutkia. Kokeilu osoitti älykkäiltä tuntuvien laitteiden toimivan varsin yksinkertaisten sääntöjen mukaan. Näin tapahtui esimerkiksi ”paperilla pysyvän auton” harjoituksessa.

"Paperilla pysyvä auto" oli noin puolikkaan tiiliskiven kokoinen Lego-auto, jossa oli kaksi sähkömoottoria ja valaistusvoimakkuutta mittaava anturi. Auto liikkui vaalealla paperilla eteenpäin, kunnes valoanturi havaitsi vaalean paperin muuttuvan tummaksi reunukseksi. Tällöin auto peruutti hetken, kääntyi ja jatkoi jälleen eteenpäin osuakseen hetken kuluttua paperin reunaan jossain toisaalla.

Aluksi oppilaat ehdottelivat erilaisia syitä auton "älykkyyteen". Selityksiä voitiin heti koetella. Esimerkiksi tuntoaistia voitiin tutkia ja huomata, ettei auto käänny törmätessään esteeseen. Oppilaat esittivät toiminnalle hypoteeseja, joiden paikkaansapitävyyttä voitiin heti kokeilla. Vähitellen päästiin auton toimintaa oikein selittävään lopputulokseen. Tilanne ei kuitenkin päättynyt tähän, vaan oppilaat halusivat "kiusata" autoa. Sammutettiin valot, jolloin auto ei erottanut paperia ja reunusta. Tehtiin vaaleasta paperista "silta" tumman reunuksen yli. Opettajana minusta tuntui, että oppilaat oppivat tärkeää asiaa: koneet voivat erehtyä, koska ovat pohjimmiltaan yksinkertaisia.

9.4.2. Onnistuneita EC:n ominaisuuksia tai opetustilanteita

Päiväkirjasta kerättiin erityisen positiivisia asioita, jotka liittyvät joko Empirica Controliin tai opetustilanteisiin. Kokemukset jaettiin viiteen ryhmään.

Keskustelut. Yhteiset teknologia-aiheiset keskustelut liittyivät joko opettajan esimerkkilaitteisiin (esim. "paperilla pysyvä auto") tai oppilaiden omiin rakennelmiin. Näin kävi mm. jaksolla 4 "valo-ongelman" yhteydessä.

"Valo-ongelma" oli tehtävä, jota käytettiin opetusjaksoilla 1, 2 ja 4. Lähtökohtana oli pimeä varastotila, johon kannetaan käsin tavaraa. Tilan käyttäjät ovat valittaneet, että valojen sytyttäminen on hankalaa ja ne saattavat unohtua palamaan. Oppilaiden tehtävänä oli parantaa tilannetta teknologian keinoin.

Rakentamisen jälkeen kunkin ryhmän ratkaisu esiteltiin muille. Erään ryhmän ratkaisussa varaston valot saattoivat unohtua päälle. Tästä käynnistyi keskustelu sähkön tuhlaamisen haitoista: rahaa kuluu ja kuumenneet laitteet kuluvat ja voivat sytyttää tulipalon. Toisella jaksolla sama tehtävä käynnisti pohdinnan liikuntavammaisten huomioimisesta taloja rakennettaessa.

Tehtävät ja muu toiminta. Opetusjaksosta 1 oli jäänyt päällimmäiseksi teoreettinen ja kuiva kuva. 2. opetusjakso päätettiin siksi aloittaa ohjelmoinnilla, jotta oppilaat tutustuisivat EC:iin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja työskentelyyn tulisi "tekemisen maku". Ensimmäisellä työkerralla oppilaat tekivät lampun sytyttävän ohjelman, joka sai oppilaat riemuitsemaan. Opetusjaksojen 1 ja 2 toisella työkerralla käytetty tunnistustehtävä (ks. 8.5.2.) oli onnistunut. Yhden oppitunnin mittainen tehtävä tuntui olevan kiinnostava.

Opetusjaksoilla 3 ja 4 kokeiltiin kahden työparin samanaikaista työskentelyä yhdellä EC-järjestelmällä. Tämä osoittautui mahdolliseksi, joskin ongelmia aiheutti se, etteivät parit kyenneet ohjelmoimaan samanaikaisesti. Yhdestä Lego-sarjasta riitti palikoita molemmille pareille ja liitäntäyksikön liitännät riittivät nekin.

Jaksoilla 3 ja 4 työskentely läheni avoimen oppimisympäristön ajatusta, kun oppilaat etenivät oman mielenkiintonsa ohjaamina.

4. jaksolla oppilaat olivat alkaneet rakennella muun ohessa autoja ilman selvää päämäärää. Tilanne muuttui, kun eräs oppilaista huomasi rakennussarjan sähkömoottorit. Tämän jälkeen pidettiin moottoreista kiinnostuneille viiden minuutin opetustuokio, jonka jälkeen moottorilla liikkuvien autojen rakentaminen veikin oppilaiden päähuomion.

Innostus. EC:lla työskentely, sekä ohjatusti että itsenäisesti, tuntui olevan oppilaiden mielestä kiinnostavaa. Kun oppilaat 1. opetusjaksolla saivat tietää, että seuraavalla työkerralla olisi tiedossa rakentelua ja ohjelmointia, he hihkuivat riemusta. Annetut ongelmatehtävät otettiin innostuneina vastaan. Kiinnostavaa ei ollut vain itse tekeminen, vaan myös opettajan rakentamien valmiiden laitteiden tutkiminen.

Positiivisesta asenteesta työskentelyyn kertoo seuraava esimerkki opetusjaksolta 2.

Oppilaiden palattua ruokailemasta he näkivät luokassa olevan erilaisia valmiita laitteita odottamassa seuraavaa oppituntia. Olin itse luokassa, mutta halusin pysyä sivussa ja katsoa mitä tapahtuisi. Oppilaat käynnistivät laitteita ohjaavat ohjelmat ja alkoivat tutkia niiden toimintaa. Hypoteeseja esitettiin.

Selkeimmät hyvät hetket liittyivät omien laitteiden rakenteluun. Lamppujen syttyminen tai auton liikkuminen sai oppilaat hyppimään ilosta. Onnistumisen elämyksiä saivat myös sellaiset, jotka normaalissa tietopainotteisessa opiskelussa saattoivat jäädä niistä paitsi. Asiaa ei kuitenkaan pyritty mitenkään systemaattisesti tutkimaan. Mainitsemisen arvoinen on välityksiin perustuvan laitteen rakentelu.

"Jussi" oli opetusjaksoilla hiljainen yksinpuurtaja, joka oli selvästi aikaisemminkin rakennellut Lego-sarjoilla. Jakson aikana käsiteltiin autoihin liittyen välitysten käyttöä kierros-luvun muuttamiseen ja momentin muuttamiseen. Eräässä yhteisessä ongelmatehtävässä Jussi sovelsi välityksiä näyttävään rakennelmaan. Oppilaat tulivat seuraamaan Jussin rakentelua. Taitavan rakentelun kautta tullut arvostus miellytti Jussia:

"Kari" (Jussin työpari): Ei se jaksa pyörittää sitä. (Moottori ei jaksa nostaa siltaa)

Minä: Eli sä pääset siit eroon ku sä laitat tänne jotku tuet.

Jussi: Kato minkälainen kasa täss on. (Tarkoittaa oppilaita ympärillä)

Minä: Mis? (En ymmärrä)

Jussi: Täss ympärillä.

Minä: Nii. Ku tää on aika siide vehje.

Innostus näkyi myös opetuskertojen ulkopuolella. Luokkien opettajat kertoivat oppilaiden kysyvän kouluun tullessaan, onko sinä päivänä teknologiaa. Opettajille oppilaat olivat kertoneet, etteivät tietokoneiden käyttö tai rakentelu ole lainkaan vaikeaa.

Oppiminen. Tarkasteltaessa saatuja kokemuksia oppimisen kannalta nousi esiin kaksi tilannetta. Opetusjaksoilla 1 ja 2 käytetty tunnistustehtävä (ks. 8.5.2.) oli tehokas teknologisten prosessien selitysmallien käsitteitä opetettaessa. Jaksoilla 3 ja 4 moottorilla liikkuvien autojen rakentaminen

vaati kierrosluvun alentamista välitysten avulla. Asia oli oppilaiden mielestä kiinnostava ja tarpeellinen, joten se opittiin, kuten rakentelua seurattessa ilmeni.

9.4.3. Ongelmia EC:n käytössä tai opetuksessa yleensä sekä ratkaisuja niihin

Empirica Controliin liittyviä ongelmia oli kahdenlaisia. Toiset olivat EC:iin (kuten ohjelmointikieleen) suoranaisesti liittyviä vaikeuksia, toisten aihepiirinä on opetus, jossa EC on yhtenä oppimisympäristön osana.

Ensimmäiseen aihepiiriin liittyviä ongelmia ja parannusehdotuksia kerättiin strukturoidun päiväkirjan kysymyksessä 6 ("Mitä ongelmia järjestelmän käytössä oppilailla oli ohjelmointiin / liitäntäyksiköön liittyen?"). Tulokset voidaan esittää taulukkona (kts. liite 12).

Empirica Controlissa havaitut vaikeudet olivat kokonaisuuden kannalta varsin vähäisiä. Kakkosluokkalaisten käyttökokemusten perusteella ohjelman jatkokehittelyn suuntana tulisi olla visuaalisuuden ja symboliikan korostaminen sekä käskyjen ja muun terminologian kääntäminen "insinöörikieltä" yleiskielelle. Ohjelmointiin liittyviä rutiineja (kuten liitettävien laitteiden määrittely) pitäisi poistaa tai ainakin vähentää, sillä juuri nämä yksityiskohdat vaativat opettajalta jatkuvaa neuvomista.

Visuaalisuuden ja kielen parantamiseksi kehitystyöhön kannattaisi ottaa mukaan näiden alojen opiskelijoita vaikkapa opinnäytetöiden puitteissa.

Ongelmat opetuksessa on jaettu viiteen eri ryhmään.

Työskentely. Tehtävät ja tehtävänannot ovat oppimisympäristön keskeinen sisältö. Yhden tehtävän ratkaiseminen saattaa kestää useita oppitunteja, joten tehtävät on valittava tarkkaan. Esimerkiksi laitteiden toimintaa selitettäessä liian tuttu laite saattaa vähentää motivaatiota.

Opetusjakso 2 aloitettiin tutkimalla aluksi yhteisesti suoraa raidetta pitkin edestakaisin liikkuvaa autoa. Seuraavaksi oppilaat tutkivat kolmessa eri ryhmässä erilaisia laitteita: taskulampun valoon reagoivaa hälytintä, lämpötilan ohjaamaa vihreää ja punaista merkkivaloa sekä napin ohjaamaa liikennevalosysteemiä. Kahdessa ensimmäisessä ryhmässä laitteen toiminta aiheutti runsaasti kokeilua ja keskustelua. Erilaisia käyttötarkeitä ehdotettiin. Viimeisen ryhmän oppilaat tyytyivät toteamaan, että kyseessä ovat liikennevalot. Asia ei vaatinut sen kummempia pohdintoja tai selittelyjä.

Mielenkiinnoton tehtävänanto sai myös aikaan sen, ettei tehtävää alettu tosissaan ratkaisemaan, vaan aika käytettiin erilaisiin omiin rakenteluihin.

Konstruktivistisen oppimisenäkemyksen mukainen ratkaisuvaihtoehto olisi valita tehtävät siten, että niillä on yhtymäkohtia oppilaan aiempiin konstruktioihin.

Opetusjaksoissa 3 ja 4 oppilaat alkoivat rakennella autoja. Aluksi vastustelin tätä, mutta sitten päätin yrittää sopeuttaa tavoitteeni prosessien selittämisestä autoihin.

Suunnittelua käytettiin eri jaksojen opetuksessa vastakkaisilla tavoilla. Jaksoilla 1 ja 2 laitteet suunniteltiin erityisen lomakkeen (ks. liite 4) avulla ennen rakentamisen aloittamista. Jaksojen 3 ja 4 lähestymistapa oli vähemmän strukturoitu, joten suunnittelun opettaminen ja vaatiminen oli jätetty pois. Rakentaminen alkoi tavallisesti siitä, että varattiin pöydälle osia, joita arveltiin tarvittavan (pyöriä, valoja, painonappeja). Jälkimmäisiltä jaksoilta on päiväkirjassa useita merkintöjä päämäärättömyydestä:

Jakso 3: Nauhaa kuunnellessa tuli sellainen käsitys, että oppilaiden työskentelyn ongelmana oli suunnitelmattomuus ja päämäärättömyys. Tästä seuraa, että ongelmien ilmaantuessa laite puretaan ja aloitetaan uudestaan sen sijaan, että yritettäisiin ratkaista ongelmaa.

Jakso 4: Syvä masennus vallitsee. Ehkäpä top-down -menetelmä olisikin ollut parempi? Nyt työskentely on suunnitelmatonta ja hapuilevaa, varsinkin ohjelmointi (jota ei tehdä paljon ollenkaan).

Oliko kyseessä todellinen ongelma? Eivätkö oppilaat suunnitelleet ja keskustelleet laitteistaan rakentamisen yhteydessä? Eikö rakennussarjojen tärkeä ominaisuus ole juuri mahdollisuus oppia kokeiluista? Olisivatko oppilaat havainneet ennakkosuunnittelun tärkeäksi vasta sitten, kun laitteista tulisi riittävän monimutkaisia?

Itsenäinen työskentely vei poikkeuksetta suunniteltua enemmän aikaa. Oppilailta kului ongelman ratkaisemiseen jopa kymmenkertainen aika omaan rakenteluuni verrattuna. Tämän tosiseikan pitäminen mielessä työskentelyä suunnitellessa oli yllättävän vaikeaa. Työskentelyn venyminen lyhensi oppimisen kannalta oleelliselle loppuesittelylle varattua aikaa, jossa oppilaat kertovat toisilleen rakentamiensa laitteiden toimintaperiaatteen. Esittelyt jäivät sisällöttömiksi, koska niiden ohjaamiseen ei jäänyt aikaa, jolloin oppimisen kannalta keskeiset asiat eivät tulleet esiin. Toisaalta oppilaat eivät ehtineet suunnitella omia esityksiään, jolloin he eivät tulleet kerranneeksi työskentelyään (ks. 5.5.2.).

Loppuesittelyistä muodostui etenkin jaksoilla 3 ja 4 piinallisia tilanteita. Osaksi tämä johtui kontrastista meluisan, aktiivisen rakentelun ja rauhallisen kuuntelun ja keskustelun välillä. Oppilaat eivät olleet tottuneet esiintymään tai seuraamaan vertaistensa esiintymistä, jolloin paljon aikaa kului perusneuvojen antamiseen. Kaikki eivät jaksaneet olla kiinnostuneita toistensa laitteista, vaan olisivat halunneet jatkaa omiensa rakentelua.

Esittelytilanteita olisi voinut rauhoittaa valitsemalla kunkin työkerran päätteeksi vain muutaman esityksen. Esitysten tasoa olisi voinut parantaa antamalla oppilaille apukysymyksiä, joihin heidän esittelyssään tulisi vastata. Olisi voinut kokeilla myös jonkinlaista näyttelynomaista "vapaata vaeltelua", johon olisi pitänyt liittää laitteiden toiminnan tutkimista.

Ryhmätyö. Ryhmätyöskentelyyn liittyvät ongelmat olivat luonteeltaan pikemminkin yleisiä kuin Empirica Controliin liittyviä. Ryhmissä oli sivustakatsojia, jotka eivät aktiivisesti osallistuneet ryhmänsä työskentelyyn. Työskentely saattoi olla hyvinkin hidasta, kun kukaan ei ottanut vastuuta

tehtävän eteenpäinviennistä. Opetusjaksoilla 3 ja 4 neljän oppilaan ryhmät hajosivat työpareiksi (tyttö-tyttö ja poika-poika), koska yhteistä säveltä ei löytynyt.

Oppilaiden suvaitsevaisuus toistensa kokeiluja kohtaan oli vähäistä. Etenkin jaksoilla 3 ja 4, jossa oppilaista lähtöisin olevan työskentelyn osuus oli hallitseva, rakenteluun tottumattomat "et sä osaa -oppilaat" siirrettiin sivustaseuraajiksi.

Ryhmätyöskentelyn ongelmat olivat siksi yleisluontoisia, kuten yhteistyön tekeminen ja erilaisuuden hyväksyminen, etten kokenut mielekkääksi puuttua niihin kymmenen tunnin opetusjakson puitteissa.

Opettaminen. Opettamisessa ongelmat liittyivät havainnollistamiseen ja ajan riittämättömyyteen. Tietokoneen käytön opettaminen useilla eri koneilla samanaikaisesti työskentelevillä ilman siirtoheitintä tuntui vaikealta. Hankalaa oli myös hiiren käytön opettaminen ilman visuaalista apua. Opetusjaksoilla 1 ja 2 opetus tapahtui joko ennen työskentelyn aloittamista yhden tietokoneen avulla tai sanallisesti ja vaiheittain oppilaiden työskennellessä omilla koneillaan. Opetusjaksoilla 3 ja 4 käyttöön otettiin käytetyimmistä valintaikkunoista tehdyt piirtoheitinkalvot, joiden avulla opetus sujui erittäin hyvin. Hiiren napeista käytettiin nimityksiä "etusormi" ja "keskisormi", jolloin neuvominen oli nopeampaa kuin "vasemman" ja "oikean" kanssa.

Opetusjaksoilla 3 ja 4 opettamisen ongelmat liittyivät itsenäisen työn ohjaamiseen. Aika ei tuntunut riittävän kaikkien neuvomiseen, sillä oppilaat kaipasivat apua sekä rakentamisessa että Empirica Controlin käytössä. Kaikkiin esille tuleviin mielenkiintoisiin ilmiöihin (laitteiden virheellisen toiminnan analysointiin, laitteissa ilmeneviin yleisiin periaatteisiin) ei ollut mahdollista paneutua. Kiireessä ja väsyneenä oli joskus vaikea muistaa, että ideointia tulisi auttaa kysymyksillä, ja jättää vastaaminen oppilaille.

Liian suoraviivaista neuvomista vähensi päiväkirjojen kirjoituksen yhteydessä tapahtunut oman puheen kuuntelu, jolloin oli enemmän aikaa harkita tilanteita ja sitä, millaista strategiaa niissä olisi ollut hyödyllistä käyttää. Tämä on tietenkin aikaavievä ratkaisu eikä sovellu jokapäiväiseen opetukseen ainakaan jatkuvasti käytettäväksi.

Asenteet. Negatiivisia asenteita työskentelyä kohtaan ilmeni päiväkirjan mukaan kaikissa opetusjaksoissa kolmatta lukuunottamatta. Kielteinen suhtautuminen kohdistui pääasiassa ohjelmointiin ja sitä näytti olevan yksinomaan tytöillä. Asenteet näkyivät passiivisuutena, josta syytettiin osamattomuutta ("emmä osaa"). Jättäytyvätkö samat oppilaat syrjään muussakin luokkatyöskentelyssä, vai onko syynä nimenomaan teknologia, rakentaminen, tietokone, vieras opettaja vai itsenäinen työskentely?

Jotkut oppilaat näyttivät suhtautuvan alussa työskentelyyn kielteisesti. Mielenkiintoista oli, että joidenkin tällaisten oppilaiden asenne muuttui jakson edetessä. Heidän käytöksensä oli kaksijakoista: toisaalta he esiintyivät flegmaattisesti, ikäänkuin työskentely ei kiinnostaisi lainkaan, toisaalta he osallistuivat aktiivisesti ryhmänsä työskentelyyn.

Empirica Control. Pääongelma Empirica Controlin käytössä opetusjaksossa oli se, etteivät oppilaat itsenäisessä työskentelyssään tuntuneet kaipaavan tietokoneen tarjoamia mahdollisuuksia. Lego-rakennussarja oli sinänsä jo niin mielenkiintoinen, että se riitti oppilaille. Ohjelmasta tehtiin tavallisesti sellainen, joka kytki laitteeseen virran. Tämä korostui opetusjaksoilla 3 ja 4.

Kun olin auttelemassa ohjelman teossa ja kysyin: "Mitä te haluutte tehdä?" tarkoittaen mitä ohjelman pitäisi tehdä, vastasi eräs: "Rakentaa Legoilla".

Asia oli ongelmallinen vain tässä tutkimusprojektissa, jossa haettiin kokemuksia myös ohjelmoinnista. Normaalisissa opetuksessa kyseessä ei olisi mikään pulma. Työskenneltäisiin mekaanisten prosessien kanssa niin kauan, että oppilaat tulisivat niiden kanssa tutuiksi, ja otettaisiin automaation perustuvat prosessit vasta sitten käyttöön.

Koska tutkimushankkeen tarkoituksen muistaen halusin oppilaiden työskentelevän ohjelmoinninkin parissa, yritin tuoda sitä esiin ehdottamalla, että oppilaiden laitteisiin pitäisi saada mukaan jotain "automaattista toimintaa". Tällä tarkoitin esimerkiksi valojen vilkkumista, auton liikkumista ensin eteen ja sitten taaksepäin jne. Näitä toteutettiin, mutta ei siksi, että oppilaat olisivat olleet niistä kiinnostuneita.

Ohjelmoinnin neuvomiseen kului paljon aikaa. Yritin saada ryhmiä vaihtamaan ohjelmoijaa, jotta mahdollisimman moni pääsisi kokeilemaan ohjelmointia. Tämän takia tiettyjä rutiineita (ks. liite 12), kuten ohjelmoinnin aloittamista, joutui selittämään uudelleen ja uudelleen. Tarvittava apu liittyi liiksi yksiin ja samoihin ohjelmoinnin rutiineihin, joka tuntui turhautavalta. Asian helpottamiseksi otettiin 4. jaksolla käyttöön apupaperit, joihin oli kerätty lista käytettävistä komennoista ja toimenpiteistä uuden ohjelman aloittamiseksi. Etenkin jälkimmäinen osoittautui käyttökelpoiseksi, sillä oppilaat pystyivät varsin hyvin tekemään ohjelmoinnin vaatimat alkuasetukset paperin avulla. Lopullinen ratkaisu olisi kuitenkin ohjelmoinnin helpottaminen näiltä osin.

Silloin tällöin kävi ilmi, että ohjelman käsite oli joillekin oppilaille epäselvä. Kun ohjelmaa laadittiin, odotettiin käskyjen saman tien vaikuttavan liitännäisyksikköön. Esimerkiksi lisättäessä tiettyyn lähtökanavaan sähkövirran kytkevää käskyä ihmeteltiin, kun virta ei heti kytkeytynyt päälle. Ohjelmoinnin kaksi vaihetta, ohjelman laatiminen ja ajaminen, olivat sekaisin.

Sekaannus ei ollut mikään ihme, sillä ohjelmoinnin käsitettä ei opetusjaksolla oltu otettu mitenkään haltuun, vaan opetus aloitettiin ryhtymällä työhön. Näin asian käsitteellinen perusta jäi hataraksi. Asiaa paikattiin opetusjaksojen aikana henkilökohtaisella neuvomisella ja yhteisillä opetustuokioilla. Molemmissa ajatuksena oli tuoda esiin ketjumainen rakenne, jossa jokainen lenkki (käsky) tekee vain ja ainoastaan yhden toimenpiteen. Opetus eteni kysymällä: "Mitä tämä käsky tekee?", seuraavaksi: "Entä mitä seuraava käsky tekee?" On myös mahdollista, että ohjelmointi-käsitteen hataruus johtui opetuksen puutteiden lisäksi oppilaiden kehitystasosta.

Opetusjaksoilla 3 ja 4 kolmen työryhmän jakautuminen useampaan työpariin aiheutti ongelmia EC:n käytössä. Liitännäisyksikössä riitti liitännöjä kahdelle samanaikaiselle rakennelmalle, samoin

ohjelmia pystyttiin pitämään kahdessa eri ikkunassa. Samanaikainen ohjelmointi ei luonnollisesti-
kaan ollut mahdollista. Tästä aiheutui riitoja, koska parit eivät voineet kokeilla laitteitaan yhtäaikaan.
Yhden Lego-sarjan palikat eivät riittäneet kahteen samansuuntaiseen projektiin, sillä tiettyjä eri-
tyisosa (esim. pyöriä) oli liian vähän.

Etukäteen EC:n ohjelmoinnin vahvaksi puoleksi etenkin pienten lasten käytössä arveltiin graafi-
suutta ja kuvakkeiden sivussa liikkuvaa sinistä palloa, joka osoittaa ohjelman etenemisen. Mieli-
kuvien kautta ohjelmointi olisi voitu määrittellä ohjeiden antamiseksi tuolle siniselle pallolle. Käytin
tätä ajatusta kuitenkin opetuksessa vain satunnaisesti. Syytä sille on vaikea keksiä. Onko syynä
se, että kun olen itse oppinut ohjelmoinnin ilman mitään mielikuvaoppimista, on minun vaikea
opettaa sitä mielikuvien avulla. Vai olisiko niin, että mielikuvien käyttö on minulle yleisesti vaikeaa?

9.4.4. Opettajan rooli

Päiväkirjan perusteella opettajan rooli puhutti minua vain opetusjaksojen 3 ja 4 aikana. Tämä onkin
varsin selkeää, sillä jaksossa 1 ja 2 rooli oli "perinteinen": opetin, annoin tehtävät ja neuvoin
tarvittaessa. Jälkimmäisten jaksoiden opetus oli oppilasjohtoisempaa kuin ensimmäisten. Uusi
tilanne käynnisti pohdintoja opettajan roolista avoimessa oppimisympäristössä.

Ratkaisuni oli tarjota Empirica Controlin käytössä suoria neuvoja, mutta ongelmien suhteen esitin
kysymyksiä, vihjeitä ja ideoita. Oppilaiden valmiina esittelemiini laitteisiin yritin vihjailla mahdollisia
lisäyksiä, jotka samalla olisivat vaatineet enemmän ohjelmointia. Opettajalta kaivattiin palautetta
rakennetuista laitteista. Suuri osa ajastani menikin laitteiden ihasteluun, jossa pyrin nostamaan
esiin nimenomaan teknisiä ansioita.

Tutkimusjakson 2 aikana tehdyt maininnat vastaavat varsin tarkasti jaksolla 1 tehtyjä huomioita.
Vaikeus vetää rajaa neuvomisen ja oppilaan oman ratkaisun tukemisen välillä askarrutti myös
jaksolla 2.

Opettajan rooli tutkimusjaksolla 2 poikkesi jonkin verran tutkimusjakson 1 roolista. Koska oppilaat
oppivat Empirica Controlin käytön nopeasti, jäi teknisten neuvojen antaminen pian taka-alalle.
Palautteen antaminen tuntuikin olevan tärkeä osa opettajan tehtävänkuvaa. Eräissä tapauksissa
oppilaat pyysivät toisen työparin "tarkastavan" heidän ratkaisunsa ennen laitteen purkamista.

9.4.5. Yhteenveto opettajan kokemuksista

Empirica Controlia käytettiin opetuksessa oppilaiden ryhmässä tapahtuvan rakentelun lisäksi tut-
kimuskohteena. Oppilaat tutkivat ja selittivät opettajan rakentamien laitteiden toimintaa ryhmässä
tai koko opetusryhmän kesken.

Onnistunutta EC:ssa oli se, että se mahdollisti omien ideoiden toteuttamisen. Laitteiden saat-
taminen toimintaan antoi oppilaille onnistumisen elämyksiä. Laitteiden esittelyn yhteydessä
käydyissä keskusteluissa päästiin parhaimmillaan teknologiakasvatuksen ytimeen, laitteiden ja

ihmisen väliseen suhteeseen. Valitettavasti näin pitkälle päästiin vain muutaman kerran koko tutkimukseen liittyvät opetuksen puitteissa.

EC:ssa havaittiin myös puutteita. Toisluokkalaisten käyttöön ohjelmointiympäristön visuaalisuutta olisi kehitettävä ja rutiininomaisia toimenpiteitä olisi poistettava.

Opetuksessa kerättiin kokemuksia kahdesta erilaisesta lähestymistavasta: toisaalta perinteistä käsitteen opettamista ja soveltamista, toisaalta vapaaseen kokeiluun perustuvasta tiestä. Tarkoituksena ei ollut verrata lähestymistapojen tehokkuutta, vaan kokeilla EC:in käyttöä molemmissa menetelmissä.

Suurin opetusta vaikeuttava tekijä oli oheismateriaalin puute. Ohjelmointiympäristön käytön opettamisessa piirtoheitinkalvot havaittiin siirtoheittimen veroiseksi apuvälineeksi. Ohjelmoinnin rutiininomaisen neuvomisen poistamisessa yksinkertaiset apukortit osoittautuivat hyödyllisiksi. Neuvomistarve korostui oppilaiden vapaaseen rakenteluun perustuvissa opetusjaksoissa 3 ja 4. Edellisten lisäksi aikataulujen pettämiseen vaikutti se, että oppilaiden työskentelyyn kului paljon oletettua enemmän aikaa.

Opetusjaksoissa 3 ja 4 EC:n ohjelmointi jäi Lego-rakentelun varjoon, sillä oppilaat eivät nähneet ohjelmoinnin mielekkyyttä. Opetuksessa oppilailla tulisi olla ensin mahdollisuus kokeilla käytettävää rakennussarjaa, jonka jälkeen ensin sähköinen ja myöhemmin tietotekniset elementit tuotaisiin työskentelyyn mukaan. Ohjelman käsitteellinen perusta olisi pitänyt ottaa haltuun ennen ohjelmoinnin aloittamista.

Opettajan rooli EC:lla työskenneltäessä on järjestelmän käytön suhteen neuvova. Tämä tehtävä vähenee sitä mukaa kun oppilaat alkavat hallita työkalujen käytön, mutta sitä tulisi vähentää myös ohjelmointiympäristön käyttöä helpottamalla ja erilaisilla oheismateriaaleilla. Ongelmien ratkaisussa opettajan roolina on tukea ajattelua esittämällä oppilaalle kysymyksiä. Tärkeä tehtävä on myös oppilaiden rohkaiseminen.

9.4.6. Tutkimusongelman 2 vastaus

Tutkimusjakson 1 oppilaiden ja opettajan kokemusten perusteella opetusjaksoilla työskentely oli oppilaista mielenkiintoista ja he olivat kokeneet onnistumisen elämyksiä. Vastaavia kokemuksia oli myös tutkimusjakson 3 opiskelijoilla.

Tutkimusjaksolla 1 Empirica Controlin asema työskentelyssä jäi Lego-rakentamisen varjoon, mutta itsearviointilomakkeen perusteella oppilaiden kokemukset EC:n käytöstä ovat voittopuolisesti positiivisia. Lomakkeen perusteella käyttövaikeuksia oli vain vähän, mutta jaksolla 3 ja 4 enemmän kuin jaksolla 2. Vaikka oppilaiden itsearviointilomakkeiden perusteella vaikeuksia oli vähän, niin opettajan strukturoidun päiväkirjan perusteella EC:n käyttöä on jouduttu neuvomaan jatkuvasti. Yleisasenteen, tietokoneiden ja EC:n käyttövaikeuksien välillä oli yhteyttä. Myös tutkimusjakson 3

aineisto osoittaa, että Empirica Controlin käyttö ei ollut ongelmatonta. Itse työskentely koettiin siitä huolimatta positiivisena.

Tutkimusjaksolla 1 opettajan kokemukset keskittyvät opettamisen ongelmiin. Tätä ei pidä tulkita siten, että opetus olisi koettu yksinomaan ongelmallisena. Tavoitteena on ollut ongelmien etsiminen, jotta ne voitaisiin ratkaista. Osaan löydettiin ratkaisuja jo tutkimusjakson aikana, kuten ohjelmoinnin opettamisen havainnollistamiseen ja rutiininomaiseen neuvomiseen.

9.5. Tutkimusongelma 3

Tämän tutkimuksen päätarkoituksena oli kerätä tietoja Empirica Controlin soveltuvuudesta käytettäväksi peruskoulun ala-asteen teknologiakasvatuksessa. Tutkimusongelmia asetettaessani halusin tutkia myös oppilaiden oppimista, koska minua kiinnosti järjestämäni opetuksen vaikutukset.

Kysymys oppilaiden oppimisesta on kuitenkin tässä tutkimuksessa sivujuonne, eikä siihen sen vuoksi koeasetelmaa suunniteltaessa tai aineistoa käsiteltäessä kiinnitetty yhtä paljon huomiota kuin EC:n käytettävyyden arviointiin. Haastattelutapoja ja oppilaille annettuja tehtäviä on muutettu tutkimuksen edetessä, mikä vaikeuttaa tulosten kokonaisarviointia. Tulosten käsittelyn yhteydessä vahvistuivat epäilyt haastattelun reliabiliteetista, sillä haastattelijan mahdollisesti tekemät lisäksymykset vaikuttivat huomattavasti oppilaiden vastauksiin. Lisäksi haastattelujen koodaamisen validiteetissa saattoi olla toivomisen varaa. Asian tarkistamisen vaatima avustajan tekemän rinnakkaiskoodauksen jätin kuitenkin tekemättä, koska pidin sitä liian työläänä saavutettuun hyötyyn ja tutkimuksen kokonaisuuteen nähden.

Rasitteista huolimatta päätin kuitenkin liittää lyhyen kuvauksen aineiston käsittelystä ja johtopäätöksistä tutkimusraporttiin, koska mielestäni käyttämässäni menetelmässä on uutta ja jatkokehittelyn kannalta arvokasta teknologiakasvatuksen arviointimenetelmien kehittämisen kannalta. Haastattelun ja tehtävien jatkuvan muutoksen voi ymmärtää myös omana opetukseen liittyvänä arvioinnin kehittämisenä, jossa on etsitty ja kokeiltu eri menetelmiä oppilasarviointiin.

Tutkimusongelman 3 vastaamiseen mahdollistavaa aineistoa kerättiin vain tutkimusjaksolla 1.

9.5.1. Aineiston käsittely

Kaikkien opetusjaksojen haastattelut käsiteltiin yhdenmukaisesti. Nauhoitetut haastattelut litteroitiin ja luettiin kertaalleen lävitse yksi kokonaisuus, esimerkiksi polkupyörän toimintaan liittyvät, kerrallaan. Lukemisen yhteydessä oppilaiden selityksistä etsittiin avainkäsitteitä, joiden välisinä yhteyksinä selitykset voitaisiin kuvata. Käsitteistä muodostettiin yhteinen pohja, jossa esiintyivät kaikki oppilaiden kyseisen laitteen toiminnan selittämisessä käyttämät käsitteet. Tämän jälkeen selitykset luettiin uudelleen ja koodattiin jokainen omalle pohjalleen, jonka jälkeen selitykset oli muutettu käsitteiden välisiä suhteita kuvaaviksi selityskartoiksi, eräänlaisiksi käsittekartoiksi.

Jatkokäsittelyä varten oppilaiden selityskartat koodattiin numeroiksi. Pohjan avainkäsitteet numeroitiin, jolloin jokainen yhteys voitiin esittää yhtenä lukuna, esimerkiksi yhteys käsitteestä 9 käsitteeseen 12 oli 912 ja käsitteestä 13 käsitteeseen 1 oli 1301. Yhteenvedon tekemiseksi oppilaiden käyttämät käsitteet laskettiin ja kuvattiin graafisesti selityskartalla. Paksu viiva kertoo, että yhteyttä oli käytetty usein, ohut kuvaa harvemmin käytettyä yhteyttä. Vain kerran käytettyjä yhteyksiä ei ole merkitty kuvaan lainkaan.

Vain kerran käytettyjen yhteyksien jättäminen pois selityskartoista kuvaa haastattelujen tilannetta varsin kattavasti, sillä keskimäärin 81% yhteyksistä on kuvissa mukana.

Lisäksi laskettiin selityksiin käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvot. Mahdolliset erot testattiin suuntaamattomalla t-testillä. Asetelmasta riippuen käytettiin joko riippumattomien tai riippuvien ryhmien testiä.

9.5.2. Tulokset opetusjaksoilla 1 ja 2

Opetusjaksoilla 1 ja 2 oppilaiden alku- ja loppuhaastattelut olivat kaksiosaisia. Ensin pyydettiin selittämään kuvan avulla (ks. liite 13) polkupyörän toimintaa, jonka jälkeen haastateltavia pyydettiin selittämään Empirica Controlilla toteutetun toimivan pienoismallin toimintaa. Polkupyörän selittäminen oli mukana sekä alku- ja loppuhaastattelussa, jotta tavoitettaisiin opetusjakson mahdollinen siirtovaikutus. Reaktiivisuuden vähentämiseksi EC:llä toteutettu laite oli eri alku- ja loppuhaastattelussa. Haastatteluiden tarkempi kuvaus on esitetty aiemmin (ks. 8.5.2.).

Polkupyörän toiminnan selittäminen alku- ja loppuhaastattelussa (ks. liite 14) ei juurikaan poikkea toisistaan. Sekä alku- että loppuhaastattelussa on mukana sekä todellisuutta vastaavia piirteitä (numerojärjestyksen suunnassa olevat yhteydet) että selityksiä yksinkertaistavia yhteyksiä. Suurin ero haastattelujen välillä on loppuhaastattelussa käsitteiden 3 ja 7 välinen voimakas yksinkertaistava yhteys, joka puuttuu kokonaan alkuhaastattelusta. Toisaalta käsitteiden 5, 6 ja 7 väliset yhteydet ovat muuttuneet tarkemmiksi loppuhaastattelussa. Merkittäviä eroja haastattelussa ei kuitenkaan ole.

Keskiarvoja tarkasteltaessa havaitaan, että käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvo on kasvanut alkuhaastattelun 2,5:stä loppuhaastattelun 3,0:aan. Havaittu ero on tilastollisesti merkitsevä valitulla 10% riskitasolla (ks. liite 19 taulukko A). Testaus tehtiin suuntaamattomalla riippuvien ryhmien t-testillä.

EC:llä toteutettujen laitteiden selitysten vertailu ei ole yhtä yksinkertaista kuin polkupyörää koskevien selitysten. Alkuhaastattelussa käytettiin laitetta, joka valokennon havaittua ajoneuvon (polkupyörän) sivutieltä varoittaa päätien liikennettä. Oppilaiden selityksissä (ks. liite 15) oli paljon todellisuutta vastaavaa: polkupyörän paikka syyttää punaisen valon, jolloin keltaiset varoitusvalot alkavat vilkkua ja vihreä valo syttyy. Mukana oli myös virheellisiä käsityksiä, kuten valojen sytyminen satunnaisessa järjestyksessä.

Liikennevalojen selityksissä suurimmat puutteet olivat syklisyyden ja teknisten käsitteiden käytössä. Valokennoon ja aikaan liittyviä avainkäsitteitä ei käytetty. Haastateltavat eivät käyttäneet ilmauksia, jotka olisivat osoittaneet heidän ajatelleen laitteen toimintaa silmukkana, esimerkiksi sanomalla "sitten se alkaa taas alusta". Todettiin kyllä, että valokennon lamppu syttyy vihreän valon sammuttua.

Loppuhaastattelun laite oli moottorin ohjaama automaattiovi, joka aukesi valokennon havaittua lähestyjän. Oven avausta edelsi kahden punaisen valon välkkyminen. Oven auettua sen takana olevaan huoneeseen syttyi valo, joka sammui oven sulkeuduttua muutaman sekunnin kuluttua. Oppilaiden selitykset (ks. liite 16) vastasivat todellisuutta varsin hyvin. Toiminnan alku, kohteen aiheuttama varjo valokennoon, on vahvasti esillä selityksissä. Valokenno on keskeisessä asemassa, mutta oven aukeamiseen liittyvien tapahtumien järjestys on epäselvä. Kohde tai tarkemmin sen varjo valokennossa nähdään kuitenkin oven aukeamiseen liittyvien toimintojen käynnistäjänä, jonka jälkeen tietyn aikajakson jälkeen ovi sulkeutuu.

Alkuhaastattelun selityksiin verrattuna loppuhaastattelun selitykset olivat tarkempia ja selkeämmin todellisuutta vastaavia. Teknistä termistöä kuten valokennoa ja viivettä (aika) käytettiin enemmän. Osissa selityksistä oli myös toiminnan syklisyys huomioitu.

Alku- ja loppuhaastattelussa käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvojen tarkastelu ei ollut tässä tapauksessa mielekäästä, koska haastattelussa selitettävänä olivat eri laitteet.

Opetusjaksojen 1 ja 2 haastattelujen perusteella näytti siltä, että selitykset Empirica Controlin avulla rakennetuissa laitteissa paranivat, mutta polkupyörään liittyen pysyivät samantasoisina. Selitysten paraneminen EC:llä toteutetuissa laitteissa saattaa johtua myös koeasetelmasta, sillä alku- ja loppuhaastattelussa selitettävien laitteiden ero on voinut vaikuttaa tuloksiin. Puute koeasetelmassa korjattiin opetusjaksoilla 3 ja 4.

9.5.3. Tulokset opetusjaksoilla 3 ja 4

Ennen 3. opetusjakson alkua opetuksen lisäksi myös haastatteluja päätettiin muuttaa. Perustelut on esitetty aiemmin opetusjaksojen kuvauksen yhteydessä (ks. 8.5.4.). Lopulliset tulokset jaksoilta 1 ja 2 eivät tue oletusta, jonka mukaan selitykset opetusjakson päätyttyä olisivat parempia kuin jakson alussa siksi, että haastattelija oli lopussa tutumpi kuin alussa. Tämän oletuksen mukaan myös polkupyörän toimintaa koskevien selitysten olisi pitänyt parantua. Näinhän ei käynyt.

Tuloksia käsitellään tässä vertailemalla molempien tehtävien eri ryhmillä tehtyjä alku- ja loppuhaastatteluja keskenään. Tässä tehdään oletus, että opetusjaksojen 3 ja 4 oppilasryhmät olisivat samanarvoisia. Näin voidaan menetellä, sillä luokan opettajaa pyydettiin jakamaan ryhmät samantasoisiksi. Opetusjaksojen aikana tehdyt havainnot eivät anna aihetta epäillä opettajan suorittaman matchingin pätevyyttä.

Opetusjakson 3 alussa ja 4 lopussa oppilaita pyydettiin selittämään metron ovien toimintaa. Tehtävä saattoi olla tarkoitukseen liian monimutkainen, sillä oviin vaikuttaa kaksi tuloa: toisaalta ovien vieressä olevat napit, toisaalta kuljettajan (tai automaatin) ohjaus. Tehtävän monimutkaisuus näkyy myös käytettyjen yhteyksien "hajontana", sillä alkuhaastattelussa 74% ja loppuhaastattelussa vain 62% yhteyksistä on mukana selityskartassa, kun vain kertaalleen käytetyt yhteydet on poistettu. Siten alkuhaastattelussa 26% kaikista käytetyistä yhteyksistä esiintyi vain yhdellä oppilaalla, loppuhaastattelussa vastaava luku oli 38%.

Metron ovien selitysketjusta tulee kaksiosainen (kts. liite 17). Alkuhaastattelun selityksissä oppilaat käyttivät sekä matkustajien että kuljettajan ohjausta, edellistä tosin huomattavasti enemmän. Selityskartta näyttää varsin hyvin todellisuutta vastaavalta.

4. opetusjakson jälkeen tehdyssä loppuhaastattelussa oppilaiden selitysketju vastasi todellisuutta huomattavasti enemmän kuin 3. jakson alkuhaastattelun ketju. Jaksolla opitut uudet teknologiset mahdollisuudet ovat saaneet oppilaat näkemään niitä kaikkialla, sillä selityksiin on tullut mukaan "ihmisen tunnistava laite", joka sekä avaa että sulkee oven. Prosessia tosiasiallisesti ohjaavien matkustajien ja kuljettajan nappien käyttö on vastaavasti vähentynyt.

Metron ovet -tehtävän perusteella näyttäisi siltä, että opetusjakso on vaikuttanut oppilaiden selityksiin tuoden mukaan uuden ohjaustavan (ihmisen tunnistavan laitteen), mutta samalla jakso on loitontanut oppilaiden selityksiä todellisuudesta. Selityksissä käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvot olivat 3,2 (alkuhaastattelu) ja 3,8 (loppuhaastattelu) (ks. liite 19 taulukko B). Suuntaamattomalla riippumattomien ryhmien t-testillä laskettaessa keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä valitulla 10% riskitasolla.

Opetusjakson 4 alussa ja 3 lopussa oppilaita pyydettiin selittämään kaupan porttien toimintaa, jotka perustuvat valokennon toimintaan, jota haastateltavat virheellisesti käyttivät metron ovien toiminnan selittämiseen. Alkuhaastattelun perusteella nähdään, että oppilaat tietävät porttien toiminnan perustuvan jonkinlaiseen visuaaliseen havaintoon (ks. liite 18), jolle annettiin "kameran" hahmo. "Kamera" näkee, kun ihminen lähestyy porttia, jolloin ovi aukeaa. Ovi sulkeutuu, kun "kamera" näkee ihmisen ohittaneen portin.

Loppuhaastattelussa "kameran" rinnalle portin avauksessa on tullut oikeampi termi "valokenno". Sulkemisen selittämisessä on tapahtunut suuri muutos: liikkujan havaitseva laite ei enää näekään, milloin ihminen on ohittanut portin. Loppuhaastattelun selityksissä sulkemisen ehtona on, että tulevan ihmisen havaitseva laite ei enää näe tulijaa, jolloin hän on ohittanut "kameran" tai "valokennon" ja samalla portin. Loppuhaastattelussa oppilaat pyrkivät alkuhaastattelua enemmän selittämään syitä portin avautumiseen tai sulkeutumiseen, kun alussa selitykset varsin yleisesti sivuutettiin. Selityksissä käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvot olivat 3,8 (alkuhaastattelu) ja 4,8 (loppuhaastattelu) (ks. liite 19 taulukko C). Suuntaamattomalla riippumattomien ryhmien t-testillä laskettaessa keskiarvojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä valitulla 10% riskitasolla.

9.5.4. Tutkimusongelman 3 vastaus

Haastattelujen perusteella ei voida sanoa, että oppilaiden kyky selittää ympäristön teknologisia prosesseja olisi merkittävästi parantunut. Selitysten tarkkuus eli käytettyjen yhteyksien määrä ei lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi. Jonkinasteista tarkentumista on havaittavissa Empirica Controlilla toteutettujen prosessien selittämisessä, mutta näiden taitojen siirtovaikutuksesta metron ovien ja kaupan porttien toiminnan selittämiseen ei voida puhua. Polkupyörän toiminnan selittämisessä käytettyjen yhteyksien lukumäärän keskiarvo kasvoi 2,5:stä 3,0:aan. Tulos on selitettävissä myös koejärjestelyillä, sillä alkuhaastattelussa haastattelija oli haastateltaville vieras, loppuhaastattelussa alkuhaastattelua tutumpi.

Opetusjakson vaikutus näkyy kuitenkin oppilaiden käyttämässä käsitteistössä, joka oli loppuhaastatteluissa alkuhaastatteluja tarkempaa. Puhuttiin esimerkiksi "valokennosta" "kameran" sijaan. Valokennon toimintaperiaate ymmärrettiin. Toisaalta toimintaperiaatteita sovellettiin sellaisiinkin prosesseihin, joihin ne eivät kuuluneet.

10. Johtopäätökset

Tämän luvun aluksi tarkastellaan tutkimustulosten luotettavuutta ja sen parantamiseksi opetusjaksojen aikana tehtyjä ratkaisuja. Tulokset esitellään yhteenvedonomaaisesti alkuperäisiä tutkimusongelmia relevanttimman jäsentelyn avulla.

10.1. Luotettavuuden arviointia

Tutkimustulosten arvo määräytyy pitkälti käytettyjen menetelmien luotettavuuden perusteella. Elleivät menetelmät ole reliaabeleita, eivät tutkimustulokset voi olla myöskään valideja.

Luvussa 7.2.1. tarkasteltiin kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen näkökulman yhdistämistä ja tällaisen tutkimuksen raportointia. Creswellin (1994) antamien ohjeiden hengen mukaisesti on reliabiliteetti- ja validiteettitarkastelut tehty tutkimustulosten käsittelyn yhteydessä. Tämän luvun tarkoituksena on tehdä yhteenvedo tavoista, joilla luotettavuutta on pyritty parantamaan ja arvioimaan. Yhteenvedo toimikoon pohjana tarkasteltaessa tutkimustulosten merkitystä.

Validiteetin ja reliabiliteetin käsitteiden erottaminen laadullisessa tutkimuksessa on ongelmallista (Syrjälä & Numminen 1988, 147). Lincolnin ja Guban (1985) mielestä perinteiset termit validiteetti, reliabiliteetti ja objektiivisuus pitäisi kvalitatiivisissa tutkimuksissa korvata paradigmaan paremmin sopivilla käsitteillä, jotka ovat:

- 1) Uskottavuus (credibility) vastaa sisäistä validiteettia. Tutkimus on suoritettava siten, että tiedot on kerätty uskottavasti, samoin kuin niiden perusteella tehdyt päätelmät.
- 2) Siirrettävyys (transferability) vastaa ulkoista validiteettia. Tutkija ei voi puhua yleistämisestä, koska hän ei tunne "kohderyhmää". Siirrettävyys ei ole tutkijan vaan siirtäjän ongelma, mutta tutkijan tehtävänä on tarjota riittävät taustatiedot tutkittavista.
- 3) Riippuvuus (dependability) vastaa reliabiliteettia. Käsite on ongelmallinen kvalitatiivisessa paradigmassa. Jos totuus muuttuu henkilön tai ajan muuttuessa, ei voida puhua konsistenssista kvantitatiivisen paradigman mielessä. Riippuvuus pitää sisällään sekä menetelmät että esimerkiksi tutkijan tekemät valinnat.
- 4) Vahvistettavuus (confirmability) vastaa objektiivisuutta, jota taas on vaikea ajatella olevan, mikäli tunnustetaan useiden totuuksien mahdollisuus. Vahvistettavuus on aineiston, ei tutkijan ominaisuus.

Tässä tutkimuksessa käytetään luotettavuuden tarkastelussa sekä kvantitatiivisen että kvalitatiivisen paradigman mukaista käsitteistöä käsillä olevasta kysymyksestä riippuen, koska kyseessä on eri tutkimusotteita hyödyntävä työ.

10.1.1. Tiedonkeruu opettajalta

Opettajan tiedonkeruuta käytettiin tutkimusjaksolla 1. Tutkimusjakson 2 opettajan tiedonkeruu on sulautettu osaksi lähteenä käytettyä raporttia (Lattu 1996b). Tässä yhteydessä on vielä syytä muistuttaa, että tutkija toimi kaikilla tutkimusjaksoilla myös opettajana.

Tutkimusjakson 1 strukturoitua päiväkirjaa suunniteltaessa laadittiin uskottavuuden parantamiseksi sellaiset kuusi kysymystä, joiden arveltiin olevan kiinnostavien aihealueiden teemoja. Kysymyksillä pyrittiin ohjaamaan muistiinpanoja ja saamaan jokaisesta opetuskerrasta tallennettua tutkimuksen kannalta tärkeät tiedot, jotka kiireen tai väsymyksen vuoksi olisivat kenties jääneet vapaamuotoisen päiväkirjan ulkopuolelle. Pyrkimys ei täysin onnistunut, sillä aineiston analyysin yhteydessä useat päiväkirjan maininnat tuntuivat lyhyiltä ja puutteellisilta. Etenkin tiedot ajankäytöstä olivat puutteellisia. Opetusjaksoilla 1 ja 2 tuntui siltä, että paljon tärkeää informaatiota jäi tallettamatta unohtamisen vuoksi, vaikka opetusjaksojen muistiinpanot tehtiinkin saman päivän aikana. Oppituntien nauhoittaminen 3. ja 4. jaksolla paransikin huomattavasti päiväkirjan uskottavuutta.

Päiväkirjan ongelmaksi jäi sen negatiivinen yleisluonne. Maininnat liittyvät ongelmiin ja puutteisiin, jolloin opetusjaksoista jäi negatiivinen yleiskuva. Ristiriita korostui, kun kuuntelin analysoinnin jälkeen muutamia oppitunteja nauhalta. Tunnelma kuullosti iloiselta ja positiiviselta, töitä tehtiin ja keskusteluja käytiin. Samoin ero itsearviointilomakkeiden tuloksiin on suuri.

Ristiriita rajoittaa päiväkirjan käyttöä lähteenä. Sitä voidaan käyttää uskottavana lähteenä Empirica Controlin käytössä havaittujen ongelmien tutkimisessa, mutta ei oppilaiden tai ohjaajan asenteita kuvaavana lähteenä.

Tutkimusjakson 2 aineiston keruussa eivät luotettavuuskriteerit olleet yhtä voimakkaasti esillä, koska tietoja ei alun perin kerätty tieteellistä tutkimusta vaan Tiedekeskus Heurekan sisäistä kehittämistyötä silmälläpitäen. Tässä tutkimuksessa aineistoa on käytetty tutkimusjakson 1 aineiston varmentamiseen tutkimusongelmaan 1 liittyen. Käytetty aineisto liittyy oppilaiden ratkaisemiin ongelmiin ja ajankäyttöön, josta on tehty päätelmiä Empirica Controlin helppokäyttöisyyttä arvioidessa. Näiltä osin tiedot ovat luotettavia, sillä tässä tutkimuksessa lähteenä käytetty raportti (Lattu 1996b) pohjasi näiltä osin kirjallisiin dokumentteihin ja muistiinpanoihin.

10.1.2. Tiedonkeruu oppilailta

Tutkimusjaksolla 1 tietoja kerättiin oppilailta käyttäen itsearviointilomaketta, haastattelun tukemaa piirrostehtävää ja hallintatestiä.

Itsearviointilomakkeen luotettavuuden ongelmana oli oppilaiden kehitystaso. Erottelukykyinen lomake olisi vaatinut 3- tai 5-portaisen Likert-asteikon, mutta suunnitteluvaiheessa epäiltiin toisluokkalaisten itsearviointikyvyn hienojakoisuutta. 5-portainen Likert-asteikon lisääntynyt erottelukyky olisi saattanut heikentää reliabiliteettia.

Itsearviointilomakkeen reliabiliteettia tarkasteltiin kolmella ensimmäisellä opetusjaksolla kvantitatiivisin menetelmin tekemällä kirjallisen mittauksen jälkeen samaa lomaketta käyttäen suullinen uudelleenmittaus. 1. jaksolla osoittautui, että lomake oli liian vaikeakäyttöinen, jolloin sitä muutettiin. Uuden lomakkeen reliabiliteetti osoittautui riittävän korkeaksi.

Lomakkeen sisäistä valideittia uhkaa se, että oppilaiden vastauksiin saattoivat vaikuttaa muut kuin tutkijan toivomat asiat, kuten tutkijan miellyttävyyden tai tarve antaa positiivisia arvioiteja kouluun liittyvistä asioista yleensä. Ensimmäistä olisi saattanut helpottaa, jos itsearviointilomakkeet olisi kerännyt oppilailta ulkopuolinen henkilö, jonka oppilaat olisivat kokeneet "puolueettomana". Käytännössä tämän järjestäminen olisi ollut vaikeaa. Jälkimmäiseen yritettiin vaikuttaa kehittämällä oppilaita rehellisyyteen ja korostamalla, ettei tutkijan lisäksi kukaan muu (kuten luokanopettaja) nähnyt vastauksia. Reliabiliteettimittaus oli viimeisellä työkerralla, jotta se ei olisi vaikuttanut jakson itsearviointeihin.

Piirrostehtävässä käytettiin uskottavuuden parantamiseksi kuvia täydentäviä haastatteluja, jotta tulokset eivät jäisi tutkijan mahdollisten virheellisten tulkintojen varaan. Haastattelut nauhoitettiin.

Hallintatestin luotettavuus käyttötaitojen mittaajana riippuu siitä, kuinka kattavasti haastateltavat käyttivät kaikki tietonsa ohjelmointiin. Saattaa olla, että haastateltavat kysyivät neuvoja "varmuuden vuoksi". Haastattelutilanteessa pyrin ottamaan tämän huomioon seuraamalla ensin haastateltavien omia yrityksiä ja vasta tämän jälkeen antamalla pyydettäessä mahdollisimman vähän neuvoja. Muistiinpanoja tehtiin käsin, koska nauhoitus tai videointi ei olisi riittävän hyvin tallentanut ohjelmoinnin etenemistä. Puhtaaksikirjoitus tehtiin poikkeuksetta heti haastattelun päätyttyä.

Hallintatesti tehtiin vain neljälle oppilaalle, mutta nämä valittiin opetusjaksoilla saatujen kokemusten perusteella mahdollisimman paljon taidoiltaan toisistaan eroaviksi. Uskon, että näiden neljän tapauksen avulla saadaan varsin hyvä kuva oppilaiden Empirica Controlin käyttötaitoista. Hallintatesteissä keskityttiin ohjelmointiin, koska tarkoituksena oli mitata nimenomaan EC:n käyttötaitoja, ei Lego-rakentamistaitoja. Tarkat taustatiedot testatuista oppilaista olisivat parantaneet siirrettävyyttä, mutta niitä ei kenttäjakson aikana huomattu kerätä talteen, koska oppilaiden taustamuuttujien käyttö oli rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Tutkimusjakson ajalta jälkeenkäin kerätyt tiedot, esimerkiksi luokanopettajan arviointi oppilaiden kognitiivisesta kyvykkyydestä kenttäjaksojen aikana, eivät olisi olleet luotettavia.

Teknologisten prosessien selityskyvyn parantumiseen liittyvää koeasetelmaa on pohdittu laajasti jo suunnitteluvaiheessa, jolloin se todettiin validiksi (ks. 7.2.4.). Varsinaisissa haastattelutilanteissa pyrittiin parantamaan aineiston uskottavuutta tekemään tilanteesta mahdollisimman luonteva. Suunnittelusta sisäisen puheen menetelmästä luovuttiin, jotta haastateltavista ei tuntuisi, että heiltä vaaditaan ja tarkkaillaan jatkuvasti. Luopuminen ei ainakaan heikennä haastattelujen arvoa, koska tarkoituksena oli saada selville oppilaiden selityksiä teknologisista prosesseista, ei sitä, miten nämä selitykset syntyvät.

Opetusjaksoilla 1 ja 2 haastattelijan tuntemattomuus alku- ja tuttuus loppuhaastattelussa ei voinut olla vaikuttamatta tuloksiin joko positiivisesti tai negatiivisesti. Tämän uskottavuusongelman vuoksi käytettiin jaksoilla 3 ja 4 oppilaille ennestään tuttua luokanopettajaa haastattelijana. Tällöin törmättiin toisenlaiseen haastatteluun liittyvään uskottavuusongelmaan. Lyhyen opastuksen jälkeen haastattelija ei osannut kohdistaa kysymyksiään siten, että oppilaiden käsitykset olisivat tulleet selville. Vastaukset jäivät epätarkoiksi ja eräät kysymykset olivat johdattelevia. Tällaiset virheet ovat tyypillisiä aloitteleville haastattelijaille (Ely 1993, 72-74). Puutteellinen haastattelu vähentää jaksojen 3 ja 4 haastattelutulosten luotettavuutta (riippuvuus) ja lisää virhevarianssia.

Haastattelujen litteroinnin ja myöhemmin tulosten käsittelyn yhteydessä selkiytyi haastatteluissa merkittävä riippuvuusongelma. Oppilaiden selityksiin vaikuttivat huomattavasti haastattelijan mahdollisesti tekemät lisäkysymykset. Tarkoituksena oli tehdä kysymyksiä mahdollisimman vähän ja käyttää niitä vain sellaisissa tilanteissa, joissa haastateltavan vastaukset tuntuivat epäselviltä tai epätäydellisiltä siten, että haastateltava tuntui osaavan antaa tarkemmankin selityksen.

Haastatteluja lukiessa näytti kuitenkin siltä, että linja oli häilyvä. Toisissa haastatteluissa yksityiskohtaisiakin lisäkysymyksiä esitettiin runsaasti, toisissa haastattelija oli liiankin pidättyväinen haastateltavan selityksen jäädessä epäselväksi.

10.1.3. Tiedonkeruu tutkimusjaksoilla 2 ja 3

Tutkimusjaksoilla 2 ja 3 tiedonkeruun uskottavuusongelma on todellinen. Jaksolla 2 tietoa kerättiin osallistuvalla havainnoinnilla, eikä alkuperäisiä muistiinpanoja ollut tätä raporttia kirjoittaessa enää käytettävissä. Tutkimusjaksolla 3 opiskelijoita haastateltiin käyttäen avointa lomaketta. On selvää, että esimerkiksi haastattelu olisi mahdollistanut syvemmän ja kattavamman tiedon taltioimiseen.

Raportissa aineistoja käytetään kuitenkin tukemaan ja syventämään varsinaista tutkimusjaksolla 1 kerättyä aineistoa. Aineiston ja tiedonkeruun uskottavuutta onkin tarkasteltava kokonaisuutena, jolloin yksittäisen aineistotyyppin puutteet eivät nouse merkittäväksi riskiksi. Päinvastoin, tässä tapauksessa esiessä eri ympäristöissä kerätty aineisto lisää tulosten uskottavuutta.

Tutkimusjaksojen 2 ja 3 taustatekijät on pyritty kuvaamaan niin tarkasti, että niidenkin osalta tulosten siirrettävyys olisi mahdollisimman hyvä.

10.1.4. Havainnointi, aineiston käsittely ja raportointi

Tiedonhankintamenetelmien uskottavuutta ja riippuvuutta on pyritty lisäämään sekä suunnittelussa että toimintatutkimuksen hengen mukaisesti kenttäjaksojen aikana. Pääasiallisena uskottavuutta parantavana menetelmänä tutkimuksessa on käytetty menetelmällistä triangulaatiota, joka selittää käytettyjen tiedonhankintamenetelmien lukuisuuden samalla lisäten tutkimusraportin pituutta.

Mathisonin (1988) luokittelun mukaan eri menetelmillä ja eri ympäristöissä saatu kuva ilmiöstä oli yhtäpitävä (convergence).

Lincoln ja Guba (1985, 301) pitävät pitkää tiedonkeruuaikaa oleellisena tekijänä aineiston uskottavuuden parantamisessa. Tutkimusjaksolla 1 Empirica Controlia on käytetty neljän eri oppilasryhmän kanssa yhteensä neljäkymmentä tuntia, joka on jakautunut neljän kuukauden ajalle, joten Empirica Controlia on havainnoitu siinä määrin, kun se tämän opinnäytteen yhteydessä on mahdollista. Jotta EC:sta saataisiin pelkkää jaksoa 1 kattavampi kuva, on raporttiin liitetty tutkimusjaksojen 2 ja 3 aineisto. Aineiston keruussa on siis pyritty mahdollisimman uskottavaan aineiston kokoamiseen keruuaikaa pidentämällä. Samalla Empirica Controlin käyttöä on kyetty tutkimaan myös useissa eri ympäristöissä.

Tiedonkeruuaikaa tarkasteltaessa on huomioitava myös tutkittavien näkökulma. Tutkimusjakson 1 opetusjaksot olivat oppilaiden perspektiivistä normaalista koulurytmistä poikkeavaa työskentelyä. Opetusjaksojen aikana kerätyn tiedon uskottavuutta olisi voinut parantaa, mikäli tutkija olisi osallistunut luokan työskentelyyn ennen varsinaisia tutkimusjaksoja. Tämä olisi kenties mahdollistanut teknologisen selityskyvyn muutoksen tutkimiseen liittyvien haastattelujen pitämisen uskottavasti tutkijan toimesta, kun nyt jouduttiin tästä syystä turvautumaan ulkopuoliseen haastattelijaan. Vastaava tilanne vallitsi tutkimusjaksoilla 2 ja 3.

Kaikissa aineiston käsittelyn vaiheissa on pyritty noudattamaan jonkinlaista tarkistusmenettelyä. Koska käytetyin analyysitapa on ollut luokittelu, on mahdollisuuksien mukaan käytetty ulkoista avustajaa tai sopivan ajan kuluttua tehtyä uudelleenluokittelua.

Päätelmien tarkastuttaminen tutkittavilla (member check) on kvalitatiivisissa tutkimuksissa laajalti suositeltu menetelmä uskottavuuden varmistamiseksi (Lincoln & Guba 1985, 314; Miles 1985, 128; Creswell 1994, 158). Tutkimuksen pääaineiston muodostavan aineisto 1:n osalta tämän menetelmän käyttäminen ei tuntunut mahdolliselta tutkittavien kehitystason huomioiden. Lisäksi aineiston lopullinen käsittely tapahtui vasta yli puoli vuotta ensimmäisten opetusjaksojen jälkeen, joten tutkittavat olisivat luultavasti unohtaneet jaksoihin liittyvät ajatuksensa.

Kvalitatiivisen tutkimuksen reliabiliteetin osoittamisessa keskeisellä sijalla on tutkimusprosessin yksityiskohtainen raportointi (esim. Syrjäläinen 1988, 145). Aineiston käsittely on kuvattava niin tarkasti, että lukijalla on mahdollisuus arvioida tutkijan tekemien valintojen ja käyttämien menetelmien sopivuus tilanteeseen. Tätä ohjetta on pyritty noudattamaan tässäkin tutkimuksessa.

10.1.5. Yhteenveto luotettavuudesta

Edellä on lueteltu runsaasti eri tiedonhankintamenetelmien luotettavuutta ja uskottavuutta rasittavia tekijöitä, joita löytyikin kaikista käytetyistä menetelmistä. Saadut tulokset eivät kuitenkaan perustu vain yhden menetelmän, aineiston tai tutkittavien käyttöön. Tulosten luotettavuutta parantaakin hyödynnetty menetelmällinen triangulaatio. Tutkimusmenetelmät ovat keskenään hyvin erilaisia ja tutkimusongelmiin vastaamiseen tarvittavaa tietoa on kerätty sekä oppilailta että opettajalta. Näin yhden menetelmän puutteiden vaikutus lopullisiin tuloksiin ei ole ratkaisevaa. Luotettavuuden pa-

rantamiseksi tutkimukseen on liitetty aineistoa myös kahdesta suppeammasta tutkimusjaksosta. Eri menetelmien ja aineistojen antama kuva tutkimuskohteesta oli varsin yhdenmukainen.

10.2. Tutkimustulokset teema-alueittain

Analyysin aikana havaittiin, ettei tutkimusongelmien asettelu ollut kovinkaan onnistunut. Etenkin tutkimusongelmat 1 ja 2 olivat osittain päällekkäisiä. Tästä huolimatta tulokset käsiteltiin suunnitelmien mukaisesti, sillä eri ongelmiin jakautuneet teema-alueet päätettiin koota raportin lopussa yhteen. Tuloksista muodostui seuraavat kolme teemaa:

- 1) Järjestelmän käyttöön liittyvät tulokset
- 2) Opetukseen liittyvät tulokset
- 3) Teknologian oppimiseen liittyvät tulokset

Teema-alueet vastaavat niitä alueita, joita tutkimusongelmilla yritettiin alunperin kartoittaa. Ongelmia formuloitaessa tavoitteena olivat juuri nämä aihepiirit, mutta aineiston käsittelyn yhteydessä määrittelyt osoittautuivat hiukan epäonnistuneiksi.

Toinen mahdollinen ryhmittely olisi ollut koota oppimiseen liittyvät tulokset yhteen, jolloin järjestelmän käytön ja teknologian oppiminen olisi nähty yhtenä kokonaisuutena. Jako olisi ollut selkeä: oppiminen ja opetus, mutta tämän tutkimuksen tavoitteen kannalta oleellista oli erottaa järjestelmää koskevat tulokset omaksi kokonaisuudekseen.

10.2.1. Empirica Controlin käyttöön liittyvät tulokset

Empirica Controlin kuvakepohjainen ohjelmointikieli osoittautui käyttökelpoiseksi. Oppilaat oppivat lisäämään ja poistamaan kuvakkeita sekä käyttämään yksinkertaisimpia käskyjä sekä kokivat työskentelyn melko ongelmattomaksi. Ohjelmointikielen graafisuus ei kuitenkaan tehnyt oppimista niin yksinkertaiseksi kuin alussa kuviteltiin. Visuaalisuus ei automaattisesti saanut oppilaita sisäistämään ohjelman vaiheittaista toimintaa, vaan opetuksen yhteydessä siihen oli jatkuvasti palattava.

Kaikki kielessä käytetyt symbolit eivät olleet toisluokkalaisten lasten maailmasta, joten he joutuivat opettelemaan niiden merkityksen ulkoa. Tällä perusteella kuvallisen ohjelmointikielen hyöty tekstipohjaiseen on varsin kyseenalainen. Varmaa on se, että kuvakkeiden käyttö nopeuttaa ainakin nuorten käyttäjien ohjelmointia, koska hidasta kirjoittamista ei tarvita (kirjoittamisen hitaudesta ks. esim. Stewart 1985). Kuvakepohjaisen ohjelmoinnin käyttökelpoisuus ”amatöörien ohjelmointikielenä” on havaittu tutkimusjaksojen jälkeen maailmallakin. Tästä ovat osoituksena esim. Legon lanseeraamat kuvakepohjaiseen ohjelmointiin perustuvat pikkurobotit (ks. 4.5.2.).

Opetusjaksojen työskentelyssä Empirica Control ei vanginnut oppilaiden mielenkiintoa, vaan kiinnostavampaa tuntui olevan rakentelu.

Opetusjaksojen aikana Empirica Controlissa havaittiin ongelmakohtia, joiden löytäminen jo sinänsä on tärkeä tutkimustulos (ks. liite 12). Tutkimus poikkeaa normaalista insinöörien tekemästä tuote-

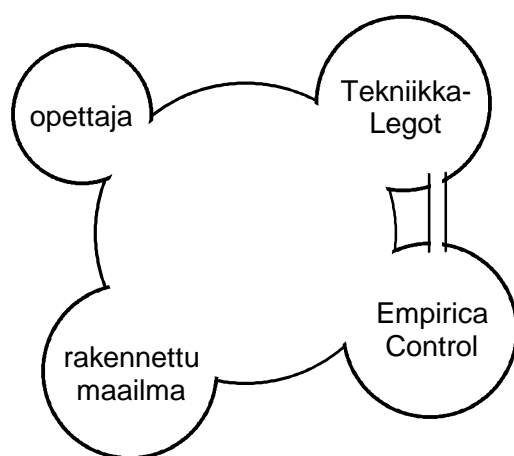
kehitystutkimuksesta siinä, että määräävänä komponenttina on EC:n käyttö opetuksessa, eli kasvatustieteellinen ulottuvuus. Ongelmakohtat liittyvät teknisiin ratkaisuihin mutta myös käytön oppimiseen ja käyttöön opetuksessa.

Itsearviointilomakkeiden mukaan EC:n ja tietokoneen käyttövaikeudet sekä yleisāsenne tietokoneita kohtaan ovat yhteydessä toisiinsa.

10.2.2. Opetukseen liittyvät tulokset

Opetukseen liittyvät huomiot korostavat opettajan perusammattitaidon merkitystä. Empirica Controlin käyttö opetuksessa vaatii ohjaajalta saman yleisdidaktisen taidon kuin muunkinlaisen oppimisen ohjaaminen. Tutkimustulokset olisivat saattaneet olla ratkaisevasti toisenlaisia, jos työkertojen suunnittelussa ja toteutuksessa olisi ollut käytettävissä ammattitaitoinen alkuopettaja.

Empirica Control ei ole yksinään "oppimisympäristö", vaan on täysin perusteltua puhua "oppimisympäristön osasta". Tätä väitettä tukee teorian lisäksi läpiviety toimintatutkimus, jonka aikana kehitettiin oppimisympäristöön sopivia tehtäviä, työmuotoja, oheismateriaalia, havainnollistamiskeinoja ja opettajan roolia. Tämän tutkimuksen oppimisympäristö on melko suppea, sillä tutkimuksellisten tavoitteiden vuoksi haluttiin oppilaiden työskentelevän Empirica Controlin parissa (ks. kuvio 24).



Kuvio 24. Meisalon (1989; 1994) LT-mallin mukaan esitetty avoin oppimisympäristö tämän tutkimuksen tutkimusjaksoissa.

Suunnittelun tueksi otettu Haapasalon käsitteenmuodostusprosessi tuntui liian rajoittavalta. Saattaa olla, että tunne johtui opetusjaksojen lyhydestä, jonka vuoksi yhdelle työkerralle jouduttiin ahtamaan useita eri käsitteenmuodostusprosessin vaiheita. Opetuksessa Empirica Controlia käytettiin useissa eri työmuodoissa. Lahdeksen (1986, 299-328) mainitsemista työmuodoista käytössä olivat kaikki ohjelmoitua opetusta lukuunottamatta: esittävä ja kyselevä opetus, opetuskeskustelu, yhteinen harjoitus ja ryhmätyö. Myös yksilöllistä työskentelyä esiintyi jaksoilla 3. ja 4. ryhmien hajottua.

Oppilaat pitivät jaksojen työskentelystä, etenkin rakentamisesta. Logo-ohjelmointiprojekteihin liittyvistä tutkimuksista on saatu samanlaisia tuloksia. Enkenbergin ja Jormalaisen (1988, 56) suurin osa oppilaista arvosti itse tekemiään ohjelmia. Tuloksista voisi päätellä, että opetuksessa kannattaisi painottaa työskentelyn omaehtoisuutta.

Tämän tutkimuksen työskentelyjakso oli muusta koulutyöskentelystä täysin erillään. Opetusjakso tulisi kuitenkin sijoittaa järkevään kokonaisuuteen. Tutkimuksessa havaittiin, että ohjelmoinnin oppimisen kannalta keskeinen käsite on vaiheittaisuus ja sen merkitys ohjelmassa.

Työskentelykerran pituutena oli kaksoistunti. Tämänäyttypiselle työskentelylle 90 minuutin työrupeama oli kuitenkin lyhin mahdollinen, sillä oppilaiden tehokkaaksi työajaksi jäi tavallisesti 50-60 minuuttia. Etenkin 3. ja 4. opetusjaksoilla käytetty oppilaiden ehdoilla etenevä kokeileminen vaatii aikaa ja on arka keskeytyksille. Oppilaiden mielenkiinto työskentelyyn säilyi koko kaksoistunnin ajan. Enkenberg ja Jormalainen (1988, 60) raportoivat tyytyväiseen sävyyn, että Logo-ohjelmointi oli saanut alkuopetuksen oppilaat työskentelemään kokonaisen oppitunnin ilman "pikkuvälituntia". Näyttää siltä, että nuoremmillakin oppilailla on valmiuksia pitkäänkin yhtäjaksoiseen työskentelyyn, jos se on mielekästä.

Vaikka tutkimuksessa käytettiin kahta täysin vastakkaista lähestymistapaa, opettajajohtoista (jaksot 1 ja 2) sekä oppilaslähtöistä (jaksot 3 ja 4), ei tämän työn tulosten perusteella lähestymistapoja voida luotettavasti vertailla, sillä tiedonhankintamenetelmiä ei oltu valittu tuottamaan luotettavaa tietoa tämän kysymyksen vastaamiseksi. Kahden ensimmäisen jakson aikana lähestymistavan muutos ei vielä ollut tiedossa, joten päiväkirjan havaintoja ei osattu kohdistaa mielenkiintoisiin alueisiin kuten oppilaiden aktiivisuuteen ja aloitteisiin tai opettajan tuntemuksiin omasta roolistaan.

Ainoa menetelmien vertailuun liittyvä tulos oli Empirica Controlin käyttövaikeuksien suurempi yleisyys opetusjaksoilla 3 ja 4 verrattuna jaksoon 2. Valitettavasti 1. jakson itsearviointin tulokset eivät ole käyttökelpoisia niiden heikon luotettavuuden vuoksi. Saatu tulos osoittaa, että oppilaat kokevat työskentelyn vapautumisen myös ongelmien lisääntymisenä.

10.2.3. Teknologian oppimiseen liittyvät tulokset

Tulokset osoittavat, etteivät oppilaiden teknisiä laitteisiin liittyvät selitykset olleet juurikaan parantuneet opetusjakson vaikutuksesta lukuunottamatta opetusjaksoilla 1 ja 2 havaittua Empirica Controlilla toteutettujen laitteiden selitysten paranemista. Valitettavasti kriittinen tarkastelu osoittaa tämän tuloksen epäluotettavaksi, sillä molemmissa alkuhaastattelujen laitteet olivat keskenään samat, kuten myös loppuhaastattelujen. Polkupyörän toiminnan selittämisessä havaittiin tarkentumista, mutta tämänkin tulos voidaan selittää johtuvaksi haastattelijan ja oppilaiden suhteiden muuttumisella, tutustumisella, opetusjakson vaikutuksesta.

Haastattelua suunniteltaessa laitteiden vaikeustasoa pidettiin samana, mutta tulosten käsittelyn yhteydessä tehdyssä tarkemmassa analyysissä osoittautui, että alkuhaastattelussa käytetty laite olikin toimintaperiaatteelta kompleksisempi kuin loppuhaastattelussa käytetty laite.

Opetusjaksoilla 3 ja 4 ei havaittu oppilaiden selitysten merkittävästi parantuneen. Sensijaan havaittiin, että oppilaat olivat oppineet laitteiden toimintaan liittyvien osatoimintojen nimiä (esim. "valokenno"). Näitä nimiä käytettiin selityksissä sekä oikein että väärin.

Selityksien muuttumattomuutta tarkastellaan lähemmin tuonnempana (kts. 11.4.).

10.3. Mahdollisuuksia aineiston jatkokäsittelyyn

Tämän tutkimuksen yhteydessä kerätty aineisto on laaja johtuen käytetyistä lukuisista tiedonhankintamenetelmistä ja tutkimusjaksoista. Aineisto tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia tässä raportissa esitetystä poikkeavaan yhdistelyyn.

Erilaisen näkökulman opetusjaksoihin tarjoaisi subjektiivinen analyysi, jossa yleiskuvan sijaan etsittäisiin yksittäisten oppilaiden näkökulmaa opetukseen. Yksi tällainen lähestymistapa olisi tarkastella oppilaiden asenteiden muutosta opetusjakson aikana ja yhdistää näihin tietoihin oppimiseen liittyvät tulokset sekä opetusjaksojen 3 ja 4 osalta lopussa tehdyn piirroksen perustuvan haastattelun tulokset. Valitettavasti tämän analyysin kannalta mielenkiintoisen tiedot oppilaiden taustamuuttujista eivät ole enää saatavilla. Samoin strukturoitu päiväkirja on liian ylimalkainen tähän lähestymistapaan.

Toinen mielenkiintoinen mahdollisuus olisi tarkastella tilastollisten menetelmien avulla pidettyjen työkertojen rakenteen vaikutusta itsearviointilomakkeesta mitattuihin arvoihin. Strukturoidun päiväkirjan tietojen perusteella työkerrat voisi koodata numeroin esimerkiksi opettaja- ja oppilasjohdoisuuden tai esitettyjen ongelmien vaikeus- ja rajaustason perusteella.

Kahden edellä esitetyn idean yhdistäminen saattaisi antaa suuntaa tärkeälle kysymykselle: Miten eri oppilaat kokevat teknologiakasvatuksen ja oppilaskeskeiset työtavat?

11. Pohdintaa

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset antavat mahdollisuuden erilaisiin teknologiakasvatusta koskeviin johtopäätöksiin. Luvussa vertaillaan saatuja tuloksia tekstipohjaisten ohjelmointikelten oppimista käsitteleviin tutkimuksiin sekä todetaan tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden tietotekniset ja teknologiaa koskevat valmiudet hyväiksi. Tämän tutkimuksen tulosten ja muiden vastaavien kokemusten perusteella hahmotellaan teoriamaallia opettajan roolin muutoksesta avoimessa oppimisympäristössä työskentelevien oppilaiden taitojen kehittyessä. Teoreettisen viitekehyksen ja saatujen tulosten perusteella annetaan ohjeita Empirica Controlin hyödyntämiseen sekä teknologiakasvatuksen järjestämiseen. Lopuksi esitetään muutamia tutkimuksen herättämiä jatkotutkimusajatuksia.

11.1. Asetettujen tavoitteiden toteutuminen

Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin Empirica Controlin käyttöönotto ja sen tutkiminen. Tyytyväisyydellä voidaan todeta, että tavoite on saavutettu. Empirica Controlilla on opetettu noin neljäkymmentä peruskoulun toisluokkalaista kahdella erilaisella lähestymistavalla. Laitteistoa on käytetty myös seitsemän 11-12 -vuotiaan opetukseen tiedekeskus Heureka teknologialeirillä sekä kahdenkymmenen opettajaksi opiskevan teknologiakurssilla. Käyttöönotosta on kerätty tietoa luotettavin menetelmin ja raportoitu ne hyvän tutkimustavan edellyttämässä laajuudessa.

Vaikka varsinainen tutkimustehtävä liittyi nimenomaan empiriaan, asetettiin sitä tukemaan tavoitteita myös teoreettiselle kehitystyölle. Teknologiakasvatusta on etenkin Suomessa käsitelty erilaisin rajauksin. Kankareen (1997) tavoitteena oli osoittaa, että teknologiakasvatuksen toteutus tulisi sitoa teknisen työn opetukseen. Kantola (1997) käsittelee teknologiakasvatusta yhdessä ympäristökasvatuksen kanssa. Tutkittaviensa valinnalla Parikka (1998) painottaa teknologian taloudellista ja tuotannollista merkitystä.

Tässä tutkimuksessa on pyritty pitämään näkökulma teknologiaan mahdollisimman avarana ja kartoittaa erilaisia painotuksia ja näkökulmia. Teknologiakäsitettä on pyritty selkeyttämään tarkoitukseen suunnitelluilla aikaisempaan teoriaan pohjaavilla malleilla. Artikkeleihin ja opetuskokeiluihin perustuen on laadittu kolme vaihtoehtoa ongelmakeskeisen teknologiakasvatuksen toteuttamiseksi. Myös ulkomaisiin opetussuunnitelmiin on luotu katsaus. Lukijan tehtäväksi jää arvioida, miten alkuperäisessä avarakatseisuuden tavoittelussa on onnistuttu.

Teknologiakasvatukselle tyypilliseksi työtavaksi on eri raporttien perusteella havaittu ongelma- ja oppilaskeskeinen työtap, jonka toimintaympäristöksi on hahmoteltu avoin oppimisympäristö.

Empiirisessä osuudessa teknologiakasvatusta ja teoriaa avoimesta oppimisympäristöstä on yhdistelty kahdeksi toisistaan poikkeaviksi automaatioteknologian peruskoulun ala-asteen opetuskokeiluksi. Saatujen tulosten mukaan jaksojen aikana oppilaiden teknologinen selityskyky ei

juurikaan lisääntynyt. Jatkokokeilujen ja -tutkimusten selvitettäväksi jää, miksi näin tapahtui. Raportin ansiosta samoja opetus- tai arviointivirheitä ei tarvitse jatkossa tehdä.

Tutkimuksen päätavoite oli tutkia Empirica Controlin käyttöönottoa. Tältä osin tulokset osoittavat, että oppilaat ovat kokeneet automaatioteknologiaan liittyvän työskentelyn hyvin positiivisena. Erääksi tutkimuksen ansioksi voisikin katsoa, että noin neljäkymmentä oppilasta on saanut mahdollisuuden positiivisiin tietokoneisiin ja teknologiaan liittyviin kokemuksiin. Olisi ollut mielenkiintoista tutkia asenteiden muuttumista ja säilymistä käytettyjä tarkemmin mittaussmenetelmin. Näiden sangen lyhyidenkin opetusjaksojen aikana syntynyt into on saattanut käynnistää osassa oppilaista pitkäaikaisenkin kiinnostuksen teknologiaan ja tekniikkaan. Myös opettajaksi opiskeluvien palaute on ollut positiivista, sillä ongelmakeskeinen työskentely on antanut positiivisia elämyksiä ja Empirica Controlin on todettu soveltuvan ala-asteen käyttöön. Päinvastainenkin vaikutus on toki mahdollinen.

Ehkä merkittävin hyöty tutkimuksesta on ollut Empirica Controlin jatkokehittelylle. Tämän tutkimuksen ansiosta täysin uuden ohjelmaversiokehityksessä pystytään ottamaan huomioon hyvin eri-ikäisten käyttäjien ja vaihtelevien opetustilanteiden tarpeet niin liitännäiskäytön kuin ohjelmankin suunnittelussa. Ilman tutkimuksen tuloksia tieto käyttövaikeuksista olisi saattanut tulla kehittäjryhmälle pitkällä viiveellä tai jäädä kokonaan laiteistoa käyttäviin kouluihin. Tässä tapauksessa tutkimus on hyödyttänyt käytäntöä.

Verrattaessa teorian ja käytännön kattavuutta havaitaan, että teknologiaa ja avointa oppimisympäristöä koskeva teoriatausta on empiirisessä osuudessa hyödynnettyä laajempi. Ratkaisu on kuitenkin perusteltu, sillä teknologiakasvatuksen osalta eri näkemysten yhdistäminen teoreettisen taustan eheyttämiseksi on vaatinut aihepiiriin laajaa käsittelyä. Avointa oppimisympäristöä koskevassa osuudessa on vastaavasti yhdistetty konstruktivistisen oppimiskäsityksen, lapsikeskeisen kasvatuksen sekä tieto- ja viestintäteknikan teoria-ainesta.

11.2. Kuvake- ja tekstipohjaisten ohjelmointikielten vertailua

Miltä näyttävät kuvake- ja tekstipohjaisten ohjelmointikielten erot tutkimustulosten perusteella? Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten ja paljon koulukäytössä tutkitun Logon tyhjentävä vertailu on hyvin vaikeaa. Eri tutkimusten tavoitteet, oppilaat, mittarit ja raportointi poikkeavat siksi paljon, ettei suora vertailu ole mahdollista. Ainoa mahdollisuus on kiinnittää huomiota vain niihin piirteisiin tai tuloksiin, jotka ovat vertailtavissa.

Stewartin (1985) tutkimuksessa oppilaat olivat hiukan tässä tutkittuja nuorempia, 6-7 -vuotiaita. Oppilaita opetettiin viisi kertaa, yhteensä noin kolme tuntia. Jakson päätyttyä oppilaat osasivat ohjata lattialla liikkuvaa "kilpikonaa" yhden kirjaimen mittaisilla käskyillä. Varsinaisia ohjelmia he eivät kirjoittaneet. (Stewart 1985) Tämän tutkimuksen oppilaat olivat vain vähän vanhempia kuin Stewartin (1985) oppilaat, mutta tämän tutkimuksen opetusjaksoilla annetut tehtävät olivat

vaativampia ja tuotokset monimutkaisempia kuin Stewartilla. Vertailua tosin haittaa opetusjaksojen eri pituudet, Stewartilla jakson pituus oli noin kolme tuntia ja tässä tutkimuksessa 10 oppituntia.

Sparkesin (1995) tutkimuksessa seitsemäsluokkalaisten oppilaat (12-13 -vuotiaat) käyttivät Lego TC Logoa. Oppilaat olivat yksityisen tyttökoulun oppilaita ja Logo-ohjelmointi oli heille tuttua, joten he olivat monella tapaa valikoituneita. Kahdeksan 70 minuutin oppitunnin jälkeen tehdyissä testeissä havaittiin, että oppilaat pystyivät ajattelemaan ohjelmoinnin vaatimalla perättäisellä tavalla. Sparkes kritisoi ehtolauseen rakennetta, jota oppilaat eivät olleet huolellisesta opettamisesta huolimatta oppineet. Valitettavasti raportissa ei mainita, minkätasoisia laitteita opetusjakson aikana rakennettiin, joten siltä osin vertaaminen tähän tutkimukseen on mahdotonta. (Sparkes 1995)

Martin (1996) raportoi vastaavasta kokeiluprojektista kuin Sparkes (1995). Kolmen eri luokan oppilaat (4., 5.-6. ja 11.) käyttivät Logo-ohjattavaa MIT:n Cricketiä (RCX Brickin edeltäjä, ks. 4.5.2.) vastaavaa ohjausyksikköä noin yhden lukukauden ajan 2-3 kaksoistuntia viikossa. Valitettavasti Martinin raportti keskittyy tuotosten esittelyyn. Nuoremmat oppilaat (4. ja 5.-6. lk) olivat rakentaneet erilaisia autoja: seinää seuraavia sekä valoa kohti liikkuvia tai sitä karttavia. Vanhemmat (11. lk) olivat panneet autonsa seuraamaan pöydälle merkittyä viivaa.

Tässä tutkimuksessa saatuihin kokemuksiin verrattuna oppilaiden saavutukset vaikuttavat melko vaatimattomilta. Aikaa on ollut huomattavasti tämän tutkimuksen opetusjaksoja enemmän, samoin oppilaat ovat olleet vanhempia. Martinin (1996) raportoiman kokeilun tuotoksia voisi verrata tutkimusjaksolla 2 rakennettuihin laitteisiin, joiden rakentamiseen meni vain 10 tuntia Empirica Controlin käytön opettaminen mukaanluettuna. Suoraviivainen vertailu on kuitenkin näillä tiedoilla mahdotonta. Heurekaan oppilasryhmä saattoi olla keskimääräistä motivoituneempi ja tietoteknisiltä taidoiltaan parempi, eikä Martinkaan esittele tutkittavien luokkien taustoja näiltä osin. Mainittakoon, että oppilaiden taustoja tiedusteltiin häneltä, mutta vastauksia ei saatu.

Enkenbergin (1989) tutkimuksen oppilaat olivat ala-asteen eri luokilta, joita opetettiin Logolla yhden lukukauden aikana yhteensä 38-45 oppituntia. Enkenbergin ja Sparkesin tulokset ovat samansuuntaisia: Logosta hallitaan peruskäskyt, muttei monimutkaisia rakenteita, kuten Logon rekursiivisuutta (ohjelma kutsuu itseään, josta syntyy silmukan kaltainen rakenne) (Enkenberg 1989, 241; Sparkes 1995). Rekursiota toiminnaltaan yksinkertaisempi Empirica Controlin silmukkarakenne hallitaan tämän tutkimuksen perusteella hyvin. Tuntuu siltä, että automaation tarpeisiin silmukka riittää hyvin, etenkin jos rekursion ymmärtäminen on niin vaikeaa kuin Enkenberg ja Sparkes raportoivat.

Stewartin (1985) tutkimuksessa ei lainkaan oteta kantaa perättäisen ajattelun kykyyn, sillä "ohjelmointi" oli itse asiassa "kilpikongan" ohjaamista käsky kerrallaan. Sparkesin (1995) tulosten perusteella näyttäisi siltä, että perättäinen ajattelu hallitaan kognitioiden tai ohjelmointitaidon kehittymisen myötä. Tämä raportti osoittaa, että yksinomaan ohjelmointikielen visuaalisuus ei ainakaan 8-9 -vuotiailla riittänyt saamaan aikaan ohjelmoinnin vaatimaa perättäistä ajattelua.

Käsillä olevien Logoa ja Lego TC Logoa käsittelevien tutkimusraporttien perusteella on vaikea pitää vertailla teksti- ja kuvakepohjaisia ohjelmointikieliä. Näyttäisi kuitenkin siltä, että kuvakepohjainen ohjelmointikieli saattaisi olla kielioppinsa puolesta selkeämpi kuin tekstipohjainen Logo. Toisaalta selkeys saattaa olla myös seurausta kieliopin yksinkertaisuudesta, joka taas on rajoittava tekijä. On selvää, että teksti- ja kuvakepohjaisten ohjelmointikielien vertailu käytännön tasolla on asia, joka kaipaa jatkotutkimuksia.

11.3. Miten Empirica Controlin hyödyntämistä tulisi kehittää?

Opetukseen liittyvät tutkimustulokset osoittivat, että perinteistä opettajan ammattitaitoa, havainnollistamista ja työskentelyn suunnittelua, kaivataan myös uuden välineen hyödyntämisessä. Samoin tarvitaan näitä toimintoja tukevaa materiaalia. Empirica Controlin kuvakepohjainen ohjelmointikieli sellaisenaan ei ole riittävän konkreettinen, jotta ala-asteen toisen luokan oppilaat oppisivat ohjelmoinnin vaatiman ajattelun ohjelmointiympäristön perusteella. Keskeisiksi käsitteiksi osoittautuivat ohjelma sekä ohjelmointikielen kaksi eri tilaa, ohjelmointi- ja suoritustila. Opetusjaksojen lyhyiden vuoksi näiden käsitteiden järjestelmällinen haltuunotto sivuutettiin. Tämä vaikeutti myöhemmin suuresti oppilaiden ohjelmointia.

Empirica Controlin ohjelmointikielen konkretiaa olisi voinut hyödyntää opetuksessa nykyistä tietoisemmin. Ohjelman etenemistä kuvaavan "sinisen ympyrän" apua käytettiin ohjelmoinnin opettamisessa vain satunnaisesti. Asia olisi varmastikin ollut toinen, mikäli opetuksesta olisi vastannut kokenut alkuopettaja, joka olisi muistanut käytännön tilanteissakin arvostaa kuvakepohjaisen käytölliittymän konkreettisuutta. Nyt ohjelmien etenemistä seurattiin pääasiassa sen ohjaamista laitteista.

Etenkin vapaaseen kokeiluun perustuvien opetusjaksojen aikana osoittautui myös, että tutkimukseen osallistuvien oppilaiden kohdalla Empirica Controlin tuominen opetukseen oli liian aikaista. Oppilaat olivat kiinnostuneita Tekniikka-Legoilla rakentamisesta, evätkä he vielä arvostaneet Empirica Controlin tarjoamia mahdollisuuksia. Riitti, kun rakennettu auto liikkui tai valo paloi. Ei kaivattu autoon ohjauskykyä tai valoihin vilkkumista. Mainittakoon, että Heurekassa pitämäni kokeilujaksojen viidesluokkalaiset hyödynsivät Empirica Controlia aivan toisella tasolla kuin tutkimuksen kakkosluokkalaiset. Vanhemmille oppilaille Tekniikka-Legojen tarjoamat mahdollisuudet olivat jo arkipäivää, mutta tietokoneen ohjaamina ne saivat uuden ulottuvuuden (Lattu 1996b).

11.4. Miksi oppiminen jäi heikoksi?

Tutkimustuloksista kenties yllättävimpiä olivat heikot oppimiseen liittyvät tulokset. Varsinaisia hyönteeseja ei oppimistuloksiin liitetty, mutta odotettiin, että selitykset olisivat opetusjakson vaikutuksesta parantuneet. Näiden tulosten valossa näyttää siltä, etteivät oppilaat oppineet teknologiaa, sillä ainakaan heidän teknologinen selityskykynsä ei parantunut lukuunottamatta Empirica Controliin liittyvien selitysten paranemista ja polkupyörän toimintaa koskevien selitysketjujen

pidetymistä opetusjaksojen 1 ja 2 aikana. Kuten edellä on todettu, voi tässä havaittu selitysten paraneminen johtua koejärjestelyistä.

Jo empiirisen vaiheen aikana tuntui siltä, että haastattelu oppilaiden selityskykyä mittaavana tiedonhankintamenetelmänä ei ollut luotettava. Haastattellessani oppilaita minusta tuntui siltä, että alkuhaastattelussa vastauksia annettiin aremmin kuin loppuhaastattelussa, jolloin alkuhaastattelujen tulosten olisi pitänyt näyttää heikommilta kuin loppuhaastattelussa. Lopullisen aineiston käsittelyn yhteydessä kävi ilmi, että vaikutelma ei vastannut todellisia tuloksia. Haastattelijan vaihtaminen tutkijasta luokan omaksi opettajaksi ei vaikuttanut tuloksiin.

Oppilaiden selitysten käsittely osoittautui odotettua vaikeammaksi. Aineistoon oli vaikea saada otetta laadullisin menetelmin, koska sen käsittely esim. diskurssianalyysin keinoin olisi ollut kokonaisuuteen nähden kohtuuton urakka. Kvantitatiivisen otteen soveltamisessa ongelmana oli eri selitysten koodaaminen muuttujiin ja tilastollisen yhteenvedon tekeminen luonteeltaan kvalitatiivisesta aineistosta, ovathan kyseessä käsitykset.

Kehitely selityskartta-koodausmenetelmä vaikuttaa kiinnostavalta ja siinä on mielestäni aineksia sekä tutkimuksen että käytännön kasvatustyön tiedonhankintamenetelmäksi. Se kaipaa kuitenkin runsaasti lisäkehittelyä.

On myös täysin mahdollista, että aikaisempien kokemusten perusteella kymmeneksi tunniksi suunniteltu opetusjakso oli liian lyhyt, jotta oppilaiden oppiminen olisi näkynyt heidän selityksiensä paranemisena. Jakson aikana Tekniikka-Legoilla rakentaminen oli oppilaista jo niin mielenkiintoista, ettei kiinnostusta riittänyt enää Empirica Controlille. Vasta tietokoneella työskentely olisi saanut oppilaat oppimaan laitteiden toimintaa tulo-prosessi-lähtö -periaatteella ja korostanut automaattisen prosessin vaihteellisuutta. Kenties odotukset eivät olleet realistisia. Oliko liikaa vaadittu, että kymmenen oppitunnin aikana olisi ehditty oppimaan yleisemmän tason teknologinen selitysstrategia, vaikka sitä etenkin opetusjaksoilla 1 ja 2 opetettiin aivan tietoisesti? Goodyearin (1987) mukaan suurin syy ohjelmoinnissa hankittujen kognitiivisten strategioiden heikkoon siirtovaikutukseen on se, että ohjelmointia ei opita riittävän perinpohjaisesti.

Tutkimukseen osallistuneet oppilaat olivat peruskoulun toisluokkalaisia, jotka Piaget'n mukaan ovat konkreettisten operaatioiden kehityskaudella (Hautamäki 1995). Tulosten perusteella saattaisi olla järkevää erottaa laitteiden rakentaminen ja niiden selittämisen kognitiiviset prosessit. Laitteiden rakentaminen on konkreettista, sillä toimilaitteet ovat olemassa, samoin toiminnan logiikka havainnollisessa ohjelmointikielessä.

Laitteiden toiminnan selittäminen on luonteeltaan erilaista. Laitteen toiminta, kuten valojen sytyminen ja sammuminen sekä moottorin pyöriminen, ovat konkreettisia ilmiöitä. Sensijaan anturien tietojen lukeminen ja laitteen logiikka eivät näy samalla tavalla fyysisesti. Ne on pääteltävä laitteen toiminnasta. On siis luotava laitteelle näkymätön toimintaperiaate. Saattaa olla, että tämä on mahdotonta konkreettisten operaatioiden kehityskaudella olevalle lapselle. Sparkesin (1995, 185)

mukaan oppilaiden ohjelmointitaitoa kynän ja paperin avulla mittaavien testien perusteella ohjelmointitaidot olisivat olleet huonompia kuin käytännön tilanteissa havainnoidut taidot. Sparkes (1995) arvelee, että syynä on kirjallisen testin yksisuuntaisuus, kun todellisessa vuorovaikutteisessa tilanteessa ohjelmointikieli tai rakennettava laite reagoivat käyttäjän tekemiin virheisiin. Samanlainen yksisuuntaisuus vallitsi tämän tutkimuksen haastattelutilanteissa, vaikka 1. ja 2. opetusjakson haastatteluissa käytetyt toimivat laitteet olisivatkin mahdollistaneet haastateltaville antamansa selityksen testaamisen. Kehoituksista huolimatta haastateltavat vain harvoin muuttivat antamaansa selitystä.

Jos teknologisten prosessien selittäminen ei tässä tutkimuksessa käytettyjen menetelmien mukaan parantunut, mitä sitten opittiin? Opetusjaksojen aikana oppilaat ovat rakentaneet Tekniikka-Legoilla vaihtelevan tasoisia laitteita ja tehneet ohjelmia. Tulokset osoittavat, että ohjelmointikielen yksinkertaisimpia ominaisuuksia opittiin käyttämään. Samalla kuvallisen käyttöliittymän käytön perustaidot, hiiren, nappien ja valikoiden käyttö, vahvistuivat. Oppilaat kuvasivat tietokoneella työskentelyä useammin "kivaksi" kuin "tylsäksi" ja tietokonemyönteiset asenteet säilyivät läpi kaikkien neljän opetusjakson. Haastavtkaan tehtävät eivät siis heikentäneet näiden oppilaiden asennetta tietokonetta kohtaan.

Valmiiden laitteiden pohdinnan tavoitteena oli opettaa "ihmettelyä", eli herättää oppilaat pohtimaan jokapäiväisessä elämässä kohtaamiensa laitteiden toimintaperiaatetta. Tässä tutkimuksessa käytetyt tiedonhankintamenetelmät eivät kerro mitään tällaisen "huomaamisen" tai "ihmettelyn" kehittymisestä tai kehittymättömyydestä. Haastattelun perusteella näyttää siltä, että mahdollisesti syntynyt "ihmettely" ei ainakaan ole parantanut kykyä selittää laitteiden toimintaa.

Teknologiakasvatukseen liittyvien tavoitteiden lisäksi opittiin ja harjoiteltiin paljon muutakin. Oppilaat toimivat ryhmissä, jolloin yhteistyökyvyllä on mahdollisuus kehittyä. Tätä pyrittiin edistämään työskentelemällä heterogeenisissä ryhmissä, jotka toimivat varsin hyvin 1. ja 2. opetusjaksoilla. Jaksoilla 3 ja 4 neljän hengen tyttö-poika -ryhmät hajosivat tyttöjen ja poikien pariaksi. Hoyles, Healy ja Pozzi (1994) raportoivat samantyyppisistä kokemuksista 7-vuotiaiden Logo-kokeilun tulosten yhteydessä. Koska ilmiötä ei esiintynyt ensimmäisessä kokeiluluokassa, lienee kyseessä luokan toimintakulttuuriin liittyvä piirre.

Heller ja Hollabaugh (1992) ehdottavat yhdysvaltalaisia college-oppilaita tutkittuaan sopivaksi ryhmäkooksi 3-4 hengen ryhmää. Heidän mukaansa neljän oppilaan ryhmissä jää yksi jäsen helposti sivuun, mutta kolmen hengen ryhmissä näin ei yhtä usein tapahdu. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan myös kolmen oppilaan ryhmät saattoivat pirstoutua, joskin tässä tutkitut oppilaat eroavat suuresti Hellerin ja Hollabaughin tutkittavista.

Jakson aikana harjoiteltiin myös esiintymistä ja kysymysten esittämistä laitteiden esittelyjen yhteydessä.

11.5. Oppilaiden valmiuksista

Opettajien ennakkoluulot tässä raportoidun kaltaisiin työtapoihin ovat lujassa. Saatetaan pelätä suunnittelun työläyttä sekä omien taitojen riittämättömyyttä välineiden käyttöönotossa tai oppilaiden ohjauksessa. Myös järjestelmän kustannukset saattavat arveluttaa. Tässä tutkimusraportissa ei jouduttu ottamaan kantaa näihin kysymyksiin, sillä ne eivät muodostuneet tässä tutkimuksessa ongelmallisiksi. Tutkija-ohjaajalla oli vankat taidot sekä tietokoneista että Tekniikka-Legoista ja järjestelmät saatiin LUONTI-projektilta.

Epäilyksiä saattaa aiheuttaa myös se, riittääkö yhden opettajan aika tukemaan yhden luokallisen työskentelyä. Tässä on työskentelyn yleisten järjestelyjen lisäksi kyse myös oppilaiden valmiuksista, toisin sanoen heidän tarvitsemansa avun määrästä. Vaikka tässä tutkimuksessa opetusryhmässä oli vain 10-12 oppilasta, voidaan suuntaa-antavia johtopäätöksiä tehdä oppilaiden valmiuksien perusteella.

Raportoidussa opetusjaksoissa oppilailta vaadittiin ainakin työskentelyyn (erityisesti ryhmätyöskentelyyn), esiintymiseen, teknologiaan, tietotekniikkaan ja rakentamiseen liittyviä valmiuksia. Mainituista kaksi ensimmäistä ovat saaneet runsaasti huomiota jo aiemmin, joten niiden tarkastelu sivuutetaan tässä. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että oppilaiden teknologiset, tietotekniset ja rakentamiseen liittyvät valmiudet olivat tutkimukseen osallistuneilla ala-asteen 2. luokan oppilailta riittävät, joskin henkilökohtaiset vaihtelut olivat huomattavia.

Teknologiset valmiudet olivat tasolla, jossa opetuksessa käytettyjen esimerkkilaitteiden toimintaa pystyttiin oppimisen kannalta mielekkäällä tavalla seuraamaan, erittelemään ja tekemään niistä johtopäätöksiä. Myös omissa rakennusprojekteissa käytettyjen osakomponenttien, kuten moottorin ja nappien, toiminta ja käyttö ymmärrettiin. Sensijaan komponenttien käyttöä ohjelmoinnissa ei oltu opittu, kuten edellä on mainittu.

Oppilaiden tietotekniset valmiudet mahdollistivat Windows-pohjaisen Empirica Controlin käytön. Toisin sanoen kuvakkeisiin, valikkoihin ja hiiren käyttöön perustuvan Windows-ohjelman käyttö ei tuntunut ongelmalliselta. Oppilaat kykenivät muuttamaan valintaruutujen asetuksia haluamallaan tavalla. Tässä oppilaiden taidot erosivat paljonkin: toiset hallitsivat asian luotavasti kotona olevan tietokoneen ansiosta, toiset tarvitsivat lyhyen käyttöopastuksen. Tutkimusluokkien valintaan vaikuttanut aikaisempi tietotekniikan hyödyntäminen opetuksessa ei opetusjaksojen kokemusten perusteella näkynyt oppilaiden valmiuksissa. Oleellista tietoteknisten valmiuksien kannalta on se, että oppilaiden vaikeudet ohjelmoinnissa eivät olleet luonteeltaan teknisiä, vaan pikemminkin kognitiivisia.

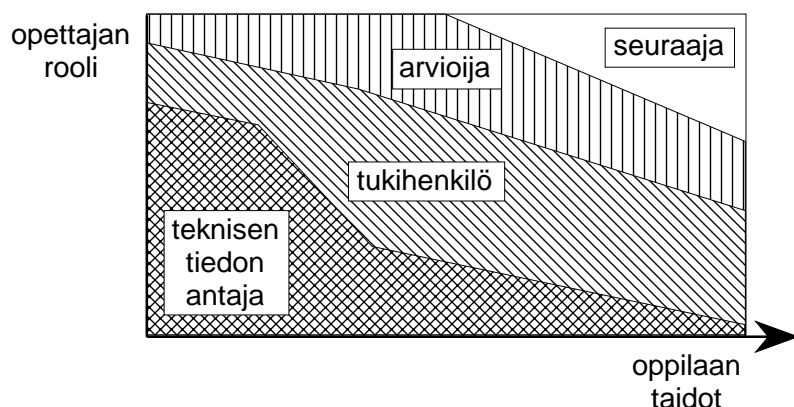
Rakentamiseen liittyvien valmiuksien suuri vaihtelevuus oli yllättävää. Legoihin tottuneen sukupolven edustajana olin ällistynyt siitä, että ryhmässä oli useita oppilaita, jotka eivät osanneet rakentaa Lego-palikoilla. Valmiudet olivat kuitenkin kaikilla sellaiset, että Lego-palikoiden avulla

kyettiin tavoitteelliseen työskentelyyn. Erityisesti lienee syytä korostaa, että palikoiden katoaminen tai rikkoutuminen ei ollut ongelma.

Tulosten perusteella oppilaiden valmiudet työskentelyyn aloittamiseen olivat riittäviä. Sensijaan opetusjaksojen aikana valmiudet eivät kehittyneet odotetulla tavalla, vaan koko opetusjakson aikana ohjaajan päätehtävänä oli ohjelmoinnissa neuvominen. Edellä on todettu, että ohjelmoinnin ongelmat liittyivät ohjelman käsitteen haltuunottoon, eivät siis tietoteknisiin valmiuksiin. Tämän tutkimuksen aikana opettajan roolina oli läpi jaksojen teknisissä ja tietoteknisissä ongelmissa auttaminen. Tutkimusjakson 2 perusteella rooli muuttuu tietojen karttuessa. Roolin muuttumista on kuvattu kuviossa 25. Kuvion pinta-alat ovat suuntaa-antavia.

Työskentelyn alkaessa ovat sekä välineet että työtavat uusia, jolloin opettajan tehtävä on opastaa näiden käytössä (teknisen tiedon antaja). Tämä painotus käy ilmi tässä tutkimuksesta saadusta tuloksesta: opettajajohtoisella opetusjaksolla 2 oppilaat kokivat hyvin vähän Empirica Controlin käyttövaikeuksia, mutta enemmän avoimen oppimisympäristön kaltaisilla opetusjaksoilla 3 ja 4 vaikeuksia koettiin useammin.

Kun menetelmät hallitaan, vähenee tämä opettajan teknisen tiedon antajan rooli, jolloin tukihenkilön rooli painottuu (tukihenkilö). Tällä tarkoitetaan oppilaiden työskentelyn tukemista tehtävään liittyvän keskustelun ja positiivisen palautteen avulla. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat tukihenkilön roolin erittäin tärkeäksi. Oppilaat tarvitsivat ja pyysivätkin avoimesti positiivista palautetta keskeneräisistä ja valmiista töistään. Tukihenkilön ja arvioijan roolin erottaminen on vaikeaa. Tässä opettajan arvioijan roolilla käsitetään loppukeskusteluissa tapahtuvaa toimintaa: opettaja suuntaa muiden oppilaiden huomiota työskentelyn ja tuotteen hyviin puoliin ja esittää tai ohjaa parannusehdotuksien pohdintaan (arvioija). Tiedekeskus Heureka kokeiluista saadut kokemukset osoittavat, että oppilaiden taitojen kasvaessa opettajalle tulee uusi rooli: hän vain seuraa tapahtumien kulkua oppilaiden hallitessa menetelmät ja arvioinnin (seuraaja) (Lattu 1996b).



Kuvio 25. Opettajan roolin muuttuminen avoimessa oppimisympäristössä oppilaiden taitojen kehittyessä. Alueiden suhteet ovat suuntaa-antavia.

On korostettava, että tässä esittämäni mallia ei voida lukea suoraviivaisesti: oppilaiden taidot eivät lisäänty lineaarisesti, vaan uusien sisältöjen tai menetelmien käyttöönoton yhteydessä taidot tämän mallin kannalta taantuvat. Toisin sanoen oppilaiden siirtyessä heille vieraille ja uusille alueille painottuu opettajan teknisen tiedon antajan rooli uudelleen jne.

Tätä mallia tukevia ajatuksia on löydettävissä tämän raportin lisäksi sekä opettajille tarkoitetuissa oppaissa että myös tutkimustuloksissa. Johnson ym. (1984; 1994) painottavat opettajan avustavaa roolia. Apu liittyy joko ryhmätyömenetelmien käyttöön tai varsinaiseen tehtävään (Johnson ym. 1984, 26-36; 1994, 45-46). Edellinen vastaa selvästi esittämäni mallin teknisen tiedon antaja -roolia ja jälkimmäinen tukihenkilön roolia. Hämäläinen ja Häkkinen (1995, 53) käyttävät oman mallini tukihenkilöstä yleisesti käytössä olevaa termiä helpottaja (facilitator) ja mainitsevat myös valmiiden töiden arvioinnin.

Opettajan roolista ongelmanratkaisun tukijana on joitakin tutkimustuloksia. Verkasalon (1996, 77) suppean tutkimuksen mukaan ongelmanratkaisusitus oli sellaisella opettajalla parempi, joka painotti oppilaiden innostamista ja myönteisen asenteen synnyttämistä. Suoraa tukea esittämäni malli saa Enkenbergin ja Jormalaisen (1988) tuloksista, joissa raportoidaan koko lukukauden kestävää Logo-ohjelmointiprojektia. Heidän mukaansa "opettajan rooli on muuttunut kohti työn ohjaajaa ja arvioijaa" (Enkenberg & Jormalainen 1988, 59). Rooli poikkesi myös eri luokkatasoilla. Alkuopetuksessa opettaja antoi suullisia ohjeita, kun viides- ja kuudesluokkalaisilla oppilaille riitti tunnin tavoitteen ja alkuinformaation antaminen (Enkenberg & Jormalainen 1988, 50-51).

11.6. Ehdotuksia teknologiakasvatuksen opetuksen kehittämiseksi

Teknologiakasvatuksessa pyritään yhdistelemään oppijalla jo olevia tietoja uudella tavalla sekä opettamaan integroinnin tarvitsemia uusia taitoja. Kysymys on siis moniulotteisten prosessien oppimisesta, jolloin on selvää, että opetus on rakennettava konstruktivistisen oppimisteorian varaan. Seuraavat kolmen eri kehitysvaiheen muodossa annetut ehdotukset on kirjoitettu ainejakoisen opetussuunnitelman ja luokittain tapahtuvan työskentelyn näkökulmasta. Kuten Aution (1997) esittämät toimenpide-ehdotukset, eivät nämäkään perustu varsinaisiin tutkimustuloksiin, vaan teorian rakentamisen ja empiirisen vaiheen aikana saatuihin kokemuksiin.

Ensimmäinen vaihe teknologiakasvatuksen kehittämisessä on eri oppiaineiden teknologiakasvatuksen sisältöjen kokoaminen opetussuunnitelmaan omaksi aihepiirikseen vuonna 1994 annettujen opetussuunnitelmien perusteiden osoittamalla tavalla. Vaikutusten kannalta on erittäin tärkeää, että työ tehdään koulun tasolla osana normaalia opetussuunnitelmatyötä. Teknologiakasvatuksen aihepiirin suunnittelun tavoitteena tulisi olla se, että eri aineiden opettajat ja luokanopettajat tulisivat tietoisiksi oppiaineiden yhteyksistä teknologiaan liittyvien sisältöjen näkökulmasta. Koulukohtainen opetussuunnitelmatyö onkin synnyttänyt tällaista poikkitieteellistä ajattelua (Syrjäläinen 1994, 66).

Toisessa vaiheessa eri oppiaineissa esiintyviä teknologiakasvatuksen sisältöjä yhdisteltäisiin kokonaisuuksiksi erityisprojekteissa tai -jaksoissa. Parhaassa tapauksessa koulujen opettajat saisivat

jaksojen suunnitteluun ja toteutukseen apua usean koulun tai kunnan yhteiseltä teknologia- kasvatukseen erikoistuneelta opettajalta. Opetukseen tarvittavat erityisjärjestelmät ja -materiaalit voisivat myös olla usean yksikön yhteisiä. Vähintäänkin opettajien suunnittelua tulisi tukea sopivalla materiaalilla, jonka tulisi perustua konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Materiaalin tulisi olla niin yleisluontoista ja kattavaa, että se antaisi opettajille ja oppilaille mahdollisuudet suunnata työskentelyään henkilökohtaisesti merkitykselliseen suuntaan.

Teknologian kokoaminen omaksi oppiaineekseen ei nykyisen peruskoulun opetussuunnitelman ainejakoisuuden vuoksi ole mahdollista, ilman että teknologian integratiivinen luonne kärsisi (ks. 2.7.).

11.7. Mahdollisia jatkotutkimuksia

Teknologiakasvatuksen sisällyttäminen osaksi koulun opetusta tai ottaminen uuden oppiaineen perustaksi tarjoaa kasvatustieteilijöille loistavan mahdollisuuden osoittaa erityistietämyksensä käyttökelpoisuus myös käytännön suunnittelutyössä. Vaarana teknologiakasvatuksen tuomisessa kouluun on sen painottuminen liiaksi teollisuuden ajamien teknis-taloudellisten näkökulmien suuntaan. Kasvatustieteilijöiden tehtävänä näkisin oppilaiden kokonaisvaltaisen kehittymisen huomioiden. Tasapaino henkisen ja taloudellisen hyvinvoinnin välillä on koko yhteiskunnan edun mukaista.

Kiireellisin tehtävä olisi erilaisten teknologiakasvatuksen opetussuunnitelmien laadinta erilaisiin yhteiskunnan synnyttämiin tarpeisiin. Tarpeet vaihtelevat yhteiskunnittain mutta myös koulutuksen mukaan. Kartoituksia on jo tehty (esim. Mioduser 1996), joten tässä vaiheessa olisi syytä laatia eri ehdotuksista kattava yhteenveto. Tältä pohjalta kasvatustieteilijöiden tulisi laatia eri vaihtoehtoihin sopivat kehukset opetussuunnitelmille, jotta poliittiset päätöksentekijät pystyisivät valitsemaan kullekin yhteiskunnalle sopivan mallin. Tämän tutkimuksen teoriaosassa esitetyt mallit soveltuvat tähän tehtävään tarjoten teknologiakasvatuksen tavoitteiden asettamiseen erilaisia painotusvaihtoehtoja.

Opetuksen ja arvioinnin hahmottelu ja analyysi opetussuunnitelmien perusteella tarjoaisi kasvatustieteen asiantuntijoille mahdollisuuden tukea opetustyötä. Erityisesti tätä olisi tehtävä uuden oppiaineen kohdalla, jolloin virheiden korjaaminen on helpompaa kuin vuosikymmenten kuluttua. Teknologian opettamiseen liittyvät kysymykset ovat samanlaisia kuin muutkin opettamiseen ja oppimiseen liittyvät kysymykset: Mitä oppijoiden halutaan oppivan? Miten opitaan parhaiten ja miten opettaja voi olla oppimisessa tukena? Mitä opitaan? Vaikuttaako opittu johonkin ja millä aikavälillä? Koska teknologia on käsitteenä laaja ja useita aihepiirejä integroiva, pitäisi teknologian oppimisen tutkiminen olla hedelmällistä maaperää metakognition toiminnasta kiinnostuneille.

Kun selvillä on opetussuunnitelma ja käyttökelpoiset tavat tukea oppimista, tulisi johtotähdeksi nousta muutos. Miten teknologiakasvatuksen tuloa peruskouluun voitaisiin tukea siten, että sen monitieteellinen olemus säilyisi?

Omalta osaltani toivon, että tämä tutkimusraportti saisi muutkin opinnäytetöiden tekijät kiinnostumaan teknologiakasvatuksesta tutkimuskohteena. Edellä esitetyt jatkotutkimusaiheet ovat laajoja ja ainakin proseminaari- ja pro gradu -töiksi liian laajoja. Tästä huolimatta olen halunnut kirjata ne muistiin eräänlaiseksi orientaatioperustaksi opinnäytetyötään suunnitteleville.

Tämä tutkimusraportti synnytti tukun myös opinnäytetöiksi sopivia ongelmia. Konkreettisimmat on esitetty aineiston jatkokäsittelyehdotusten yhteydessä (ks. 10.3.). Täysin perusteltua olisi toistaa tässä raportoitu tutkimus huomioiden esitetyt järjestelmää ja Empirica Controlia koskevat parannusesitykset ja katsoa, muuttuvatko tulokset ja kaipaako tässä raportissa esitetty malli opettajan roolin muutoksesta tarkentamista. Erityisen kiinnostavaa olisi saada tietää, ovatko Empirica Controliin näiden tutkimustulosten pohjalta tehdyt muutokset helpottaneet sen käyttöä. Myös kuvake- ja tekstipohjaisten ohjelmointikielten luotettava vertailu opetuskäytön näkökulmasta näyttäisi olevan tietokoneiden koulukäytön kannalta keskeistä.

Teknologian oppimiseen ja konstruktivistisen oppimiskäsitykseen sopivan arvioinnin kehittäminen olisi aihe, joka olisi varmasti palkitseva sekä tutkijan oman ammattitaidon että koko opettaja- ja tiedeyhteisön näkökulmasta. Oppimisen arviointiin liittyvä jatkotutkimus saattaisi antaa vastauksia tässä tutkimuksessa havaittuun arviointiongelmaan: miksi oppilaiden teknisiä laitteita koskevat selitykset eivät parantuneet, vaikka he rakensivat itse samantyyppisiä laitteita?

Toivon, että väitöskirjatyössäni kykenisin vastaamaan edes osaan edellä esittämistäni kysymyksistä.

Lähteet

- Aikio, A. & Vornanen, R. (toim.) 1991. Uusi sivistyssanakirja. 10. painos. Keuruu: Otava.
- Aittola, T. (toim.) 1996. Teknologia pohjaiset oppimisympäristöt. Kasvatustieteen päivät 23.-25.11.1995 Jyväskylässä: 2. osaraportti. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, opetuksen perusteita ja käytänteitä 23.
- Alamäki, A. 1997. Teoksessa Kananoja, T., Kari, J. & Parikka, M. (toim.) Teknologiakasvatuksen käytänteitä. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 74, 75-83.
- Alasuutari, P. 1994. Laadullinen tutkimus. 2. painos. Jyväskylä: Vastapaino.
- Albert, R. S. 1975. Toward a Behavioral Definition of Genius. *American Psychologist* 30 (2), 140-151.
- Allsop, R. T. 1987. Factors Affecting the Uptake of Technology in Schools. Teoksessa Waddington, D. J. (toim.) *Education, Industry & Technology*. Exeter: ICSU Press, 47-51.
- Ambler, A. L. & Burnett, M. M. 1990 Teoksessa Glinert, E. P. (toim.) *Visual Programming Environments. Paradigms and Systems*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 19-32.
- Atkinson, S. E. 1996. Key Factors Influencing the Quality of Pupil Performance when Engaged in Technology Project Work. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S3-39 - 41.
- Ausubel, D. P. & Robinson, F. G. 1969. *School Learning. An Introduction to Educational Psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. 1978. *Educational Psychology. A Cognitive View*. 2. painos. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Autio, O. 1992. Teknisen työn opetuksen nykysuunnaukset. Teoksessa Tella, S. (toim.) *Joustava ja laaja-alainen opettaja. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 7.2.1992*. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 100, 336-341.
- Autio, O. 1995. Käsitön uusi opetussuunnitelma - tasa-arvoa vai asennekasvatusta. Teoksessa Tella, S. (toim.) *Juuret ja arvot. Etnisyys ja eettisyys - aineen opettaminen monikulttuurisessa oppimisympäristössä*. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 150, 315-327.
- Autio, O. 1997. Oppilaiden teknisten valmiuksien kehittyminen peruskoulussa. Tytöt ja pojat samansisältöisen käsitön opetuksen kokeilussa. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 177.
- Baddeley, A. 1992. Working Memory. *Science* 255, 556-559.
- Baddeley, A. 1994. Working Memory: The Interface between Memory and Cognition. Teoksessa Schacter, D. & Tulving, E. (toim.) *Memory systems 1994*. Massachusetts Institute of Technology, 351-367.
- Ben-Zvi, N. 1996. From Technology Literacy to Technology Capacity. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S2-15 - 16.
- Björkqvist, O. 1993. Social Constructivism and Assessment. Teoksessa Kupari, P. & Haapasalo, L. (toim.) *Constructivist and Curriculum Issues in School Mathematics Education*. Institute for Educational Research, B 82. Jyväskylä, 23-33.
- Blandow, D. & Mosna, F. 1994. Technology education in Central and Eastern Europe. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 91-102.

- Brandimonte, M., Hitch G. & Bishop D. 1992. Influence of Short-Term Memory Codes on Visual Image Processing: Evidence From Image Transformation Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 18 (1), 157-165.
- Bruhn, K. 1973. 1900-luvun pedagogisia virtauksia. 3. painos. Keuruu: Otava.
- Brusic, S. A. 1992. Achieving STS Goals Through Experiential Learning. *Theory Into Practice* 21 (1), 44-51.
- Calloni, B. A. & Bagert, D. J. 1997. Iconic Programming Proves Effective for Teaching the First Year Programming. Teoksessa SIGCSE '97. Proceedings of the twenty-eight SIGCSE technical symposium on Computer science education, Feb. 27-Mar. 1, 1997, San Jose, CA, 262-266. <http://www.acm.org/pubs/articles/proceedings/cse/268084/p262-calloni/p262-calloni.pdf> (12.8.1999)
- Campbell D. & Stanley, J. 1966. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Chicago: Rand McNally College Publishing Company.
- Carmines, E. G. & Zeller, R. A. 1979. *Reliability and validity assessment*. Beverly Hills: Sage.
- Carr, W. & Kemmis, S. 1986. *Becoming Critical. Education, Knowledge and Action Research*. Thame: Falmer Press.
- Chang, S.-K. *Visual Languages: A Tutorial and Survey*. 1990. Teoksessa Glinert, E. P. (toim.) *Visual Programming Environments. Paradigms and Systems*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 7-17.
- Chen, D. 1996. Reflection on Technological Thinking. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S3-5 - 6.
- Cohen, R. L. & Heath, M. 1990. The Development of Serial Short-Term Memory and the Articulatory Loop Hypothesis. *Intelligence* 14 (3), 151-171.
- Cook, T. 1987. Quasi-experimentation. Its Ontology, Epistemology, and Methodology. Teoksessa Morgan, G. (toim.) *Beyond Method*. Sage, 74-94.
- Cook, T. & Campbell, D. 1979. *Quasi-Experimentation. Design & Analysis Issues for Field Settings*. Chicago: Rand McNally Publishing Company.
- Creswell, J. W. 1994. *Research Design. Qualitative & Quantitative Approaches*. Thousand Oaks: Sage.
- Crossley, K. & Green, L. 1985. *Lessonware. Käytännön opas opetusohjelmien laatimiseen*. Juva: WSOY.
- Dewey, J. 1956a. The Child and the Curriculum. Teoksessa *The Child and the Curriculum and The School and Society*. Alkuteos julk. 1902. Chicago: Chicago University Press.
- Dewey, J. 1956b. The School and Society. Teoksessa *The Child and the Curriculum and The School and Society*. Alkuteos julk. 1900. Chicago: Chicago University Press.
- Dubinsky, E. 1991. Constructive Aspects of Reflective Abstraction on Advanced Mathematics. Teoksessa Steffe, L. P. (toim.) *Epistemological Foundations of Mathematical Experience*. Ann Arbor: Springer-Verlag New York Inc.
- Dugger, W. E. 1997. Technology for all. Teoksessa Kananoja, T. (toim.) *Seminars on technology education*. Oulu, 7.-8.5.1996; 18.-20.10.1996. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 69, 35-40.
- Dugger, W. E. & Yung, J. E. 1997. Technology education today. Teoksessa Kananoja, T. (toim.) *Seminars on technology education*. Oulu, 7.-8.5.1996; 18.-20.10.1996. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 69, 41-55.
- Dyrenfurth, M. 1994. Technology education in the United States. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 59-76.

- Dyrenfurth, M. 1996. Towards a Generic Model of Technological Literacy. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) JISTEC '96. Book of Abstracts. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S1-15 - 16.
- Elmer, R. 1999. Probing intentions of design and technology students. European Conference on Educational Research –konferenssissa Lahdessa 23.-25.9.1999 esitetty artikkeli.
- Ely, M. 1993. Kvalitativ forskingmetodik i praktiken. Cirklar inom cirklar. Lund: Studentlitteratur. Alkuperäisteos vuodelta 1991: Doing Qualitative Research: Circles in Circles. New York: The Falmer Press.
- Engeström, Y. 1987. Perustietoa opetuksesta. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Enkenberg, J. 1989. Tietokoneen koulukäyttö, ajattelu ja kehittyminen LOGO-ympäristössä. Joensuun yliopisto, kasvatustieteellisiä julkaisuja, 8.
- Enkenberg, J. 1993. Learning Planning Skills in a Logo-Based Environment. Teoksessa Kupari, P. & Haapasalo, L. (toim.) Constructivist and Curriculum Issues in School Mathematics Education. Institute for Educational Research, B 82, 43-67.
- Enkenberg, J. & Jormalainen, A. 1988. Tietokone oppimisen välineenä peruskoulun ala-asteella. Väliraportti. KONTI-projekti. Joensuun yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunnan selosteita, 19.
- EOPS 1996. Esiopetuksen opetussuunnitelman perusteet. Helsinki: Edita.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. 1980. Verbal Reports as Data. Psychological Review 87 (3), 215-251.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. 1984. Protocol Analysis. Verbal Reports as Data. Lontoo: MIT Press.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. 1987. Verbal Reports on Thinking. Teoksessa Faerch, C. & Kasper, G. Introspection in Second Language Research. Clevedon: Multilingual Matters, 24-53.
- Ericsson, K. A. & Knitsch, W. 1995. Long-Term Working Memory. Psychological Review 102 (2), 211-245.
- Fensham, P. J. & Gardner P. L. 1994. Technology education and science education: a new relationship? Teoksessa Layton, D. (toim.) Innovations in science and technology education. Vol. V. Pariisi: Unesco, 159-170.
- Fitch, D. 1990. Back to the Future - The New Generation of Floor Turtles! Logo Exchange 8 (5), 9-11.
- Gaskins, I. W., Satlow, E., Hyson, D., Ostertag, J. & Six, L. 1994. Classroom talk about text: Learning in science class. Journal of Reading 37 (7), 558-565.
- Gibbons, J. D. 1976. Nonparametric Methods for Quantitative Analysis. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Gilhooly, K. J. 1996. Thinking. Directed, Undirected and Creative. 3. painos. Bodmin: Academic Press.
- Ginner, T. 1996. A Concept of Technology Education within the Core Curriculum. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) JISTEC '96. Book of Abstracts. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S1-21 - 22.
- Glaser, R. 1984. Education and Thinking. American Psychologist 39 (2), 93-104.
- Glaser, R. 1987. Thoughts on Expertise. Teoksessa Schooler, C. & Schaie, K. W. (toim.) Cognitive Functioning and Social Structure Over the Life Course. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 81-94.
- Goodyear, P. 1987. Sources of difficulty in assessing the cognitive effects of learning to program. Journal of Computer Assisted Learning 3 (4), 214-223.
- Goralnik, I. 1996. A Concept of Technology Education in High Schools. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) JISTEC '96. Book of Abstracts. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S1-23 - 24
- Gordon, M. 1988. Programming Language. Theory and its Implementation. Exeter: Prentice Hall.

- Guba, E. & Lincoln, Y. 1988. Do Inquiry Paradigms Imply Inquiry Methodologies? Teoksessa Fetterman, D. (toim.) *Qualitative Approaches to Evaluation in Education*, 89-115.
- Haapasalo, L. 1985. Ongelmakeskeisen matematiikanopetuksen metodiikka. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, opetusmonisteita, 10.
- Haapasalo, L. 1990. Millaisia muutospaineita moderni käsitys matematiikan oppimisesta aiheuttaa opetussuunnitelmien laatimiselle ja oppimisympäristöjen suunnittelemiselle? Teoksessa Hämäläinen, S., Laine, E., Leskinen M.-K., Liikanen, P. & Ruohonen, L. (toim.) *Opettajankoulutuksen uudistamisen ulottuvuuksia*. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, katsauksia, 24, 233-249.
- Haapasalo, L. 1994. *Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu*. Jyväskylä: MEDUSA-software.
- Harlen, W. 1987. *Industry and Technology in the Primary School: Some General Principles*. Teoksessa Waddington, D. J. (toim.) *Education, Industry & Technology*. Exeter: ICSU Press, 5-14.
- Hautamäki, J. 1995. Älyllinen kehitys ja koulutus. Teoksessa Lyytinen, P., Korkiakangas, M. & Lyytinen H. (toim.) *Näkökulmia kehityspsykologiaan*. Porvoo: WSOY, 219-247.
- Heller, P. & Hollabaugh, M. 1992. Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics* 60 (7), 637-644.
- Heppell, S. 1995. *The New Millennium and the Future of Learning*. Teoksessa Griffin, J. & Bash, L. (toim.) *Computers in the Primary School*. Trowbridge: Cassell, 100-107.
- Hirsjärvi, S. (toim.) 1982. *Kasvatustieteen käsitteistö*. Keuruu: Otava.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 1988. *Teemahaastattelu*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Holbrook, J. B. 1987. *Technology Education: A Union of Science of Technical Skills*. Teoksessa Waddington, D. J. (toim.) *Education, Industry & Technology*. Exeter: ICSU Press, 85-89.
- Hoyle, C., Healy, L. & Pozzi, S. 1994. *Groupwork with Computers: and overview of findings*. *Journal of Computer Assisted Learning* 10, 202-215.
- Hughes, M. & Greenhough, P. 1995. Feedback, Adult Intervention, and Peer Collaboration in Initial Logo Learning. *Cognition and Instruction* 13 (4), 525-539.
- Hulsbosch, M. 1997. *Design and Technology in the Australian Curriculum*. Teoksessa Kananoja, T. (toim.) *Seminars on technology education*. Oulu, 7.-8.5.1996; 18.-20.10.1996. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 69, 57-75.
- Hytönen, J. 1992. *Lapsikeskeinen kasvatus*. Juva: WSOY.
- Häkkinen, P. 1996. *Design, Take into Use and Effects on Computer-Based Learning Environments – Designer's, Teacher's and Student's Interpretation*. Joensuun yliopisto, kasvatustieteellisiä julkaisuja, 34.
- Hämäläinen, S. & Häkkinen, K. 1995. *Teachers and Students as Active Learners. A Case Study of One Finnish School's Method of Defining. Interpreting and Operationalizing the Term "Active Learning"*. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 58.
- Jick, T. D. 1985. *Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action*. Teoksessa Van Maanen, J. (toim.) *Qualitative Methodology*. 4. painos. Beverly Hills: Sage, 135-148.
- Johnson, D., Johnson, R., Johnson Holubec E. & Roy, P. 1984. *Circles of Learning. Cooperation in the Classroom*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum
- Johnson, D., Johnson, R. & Johnson Holubec E. 1994. *The New Circles of Learning. Cooperation in the Classroom and School*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. 1992. *A Capacity Theory of Comprehension: Individual Differences in Working Memory*. *Psychological Review* 99 (1), 122-149.

- Järvelä, S. 1996. Cognitive apprenticeship model in a complex technology-based learning environment: Socioemotional processes in learning interaction. Joensuun yliopisto, kasvatustieteellisiä julkaisuja, 30.
- Kananoja, T. 1994. Technology education in the Nordic countries. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 45-58.
- Kananoja, T. 1997. Teknologia opetussuunnitelmissa. Teoksessa Kananoja, T., Kari, J. & Parikka, M. (toim.) *Teknologiakasvatuksen käytäntöjä*. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 74, 7-20.
- Kankare, P. 1997. Teknologian lukutaidon toteutuskonteksti peruskoulun teknisessä työssä. Turun yliopiston julkaisuja, sarja C, 139.
- Kansanen, P. 1990. Didaktiikan tiedetausta. Helsinki: Yliopistopaino.
- Kantola, J. 1997. Cygnaeuksen jäljillä käsityöopetuksesta teknologiseen kasvatukseen. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research*, 133.
- Karma, K. & Komulainen, E. 1984. Käyttäytymistieteiden tilastomenetelmien jatkokurssi. Mänttä: Gaudeamus.
- Kelle, U. & Laurie, H. 1995. Computer Use in Qualitative Research and Issues of Validity. Teoksessa Kelle, U. (toim.) *Computer-Aided Qualitative Data Analysis*. Guilford: Sage.
- Kerre, B. W. 1994. Technology education in Africa. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 103-117.
- Kimbell, R. 1994. Progression in learning and the assessment of children's attainments. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 181-200.
- Kletzien, S. B. & Baloche, L. 1994. The shift in muffled sound of the pick: Facilitating student-to-student discussion. *Journal of Reading* 37 (7), 540-545.
- Konold, C. & Johnson D. K. 1991. Philosophical and Psychological Aspects of Constructivism. Teoksessa Steffe, L. P. (toim.) *Epistemological Foundations of Mathematical Experience*. Ann Arbor: Springer-Verlag New York Inc.
- Korfhage, R. R. & Korfhage, M. A. 1986. Criteria for Iconic Languages. Teoksessa Chang, S.-K., Ichikawa, T. & Ligomendies, P. A. (toim.) *Visual Languages*. New York: Plenum Press, 207-231.
- Kurjanen, P., Parikka, M., Raiskio, A. & Saari, J. 1995. Oppimisympäristöjä ja aihepiirejä peruskoulun teknologiakasvatukseen. *Teknologiakasvatus: Raportti 2*. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, opetuksen perusteita ja käytänteitä, 17.
- Kurki-Suonio, K. & Kurki-Suonio, R. 1996. Comprehensive Framework for Scientific and Technological Learning Processes. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S3-73 - 75.
- Kyllonen, P. C. & Christa, R. E. 1990. Reasoning Ability Is (Little More Than) Working-Memory Capacity?! *Intelligence* 14 (4), 389-433.
- Lafer, S. & Markert, A. 1994. Authentic Learning Situations and the Potential of Lego TC Logo. *Computers in the Schools*, 11 (1), 79-94.
- Lahdes, E. 1986. Peruskoulun didaktiikka. Keuruu: Otava.
- Lambert, A. 1995. Classroom of Tomorrow. Teoksessa Griffin, J. & Bash, L. *Computers in the Primary School*. Trowbridge: Cassell, 23-36.
- Lattu, M. 1996a. Empirica Control - teknologiakasvatuksen apuväline. Teoksessa Tella, S. (toim.) *Nautinnon lähteillä. Aineen opettaminen ja luovuus. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 2.2.1996*. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 163, 257-266.
- Lattu, M. 1996b. Teknologialeirit pääsiäisenä ja heinäkuussa. Tiedekeskus Heureka toimitettu julkaisematon raportti.

- Lattu, M. 1997. Automaatioteknologian opetus kuvakepohjaisella ohjelmointikielellä. Kasvatustieteen syventävien opintojen tutkielma. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos.
- Lattu, M. 1999a. Teknologiakasvatus sitoo tiedonalat yhteen. *Dimensio* 2 (63), 22-25.
- Lattu, M. 1999b. An Evaluation of the Empirica Control in the Primary School. Teoksessa Björkvist, O. Quality Aspects of Mathematics and Science Education. Reports from the Faculty of Education, Åbo Akademi University, 5, 211-216.
- Lattu, M. 1999c. Occurrence of Different Problem-Solving Phases – A Case Study. European Conference on Educational Research –konferenssissa Lahdessa 23.-25.9.1999 esitetty posterit.
- Lavonen, J. 1996. Fysiikan opetuksen kokeellisuus ja mittausautomaatio. Helsingin yliopisto, fysiikan laitoksen julkaisusarja, HU-P-D64.
- Lavonen, J., Meisalo, V. & Lähdeniemi, T. 1996. LUONTI. Luonnontieteiden opetuksen teknologiset innovaatiot -projekti. Lukuvuosi 1995-96. Projektikertomus. Helsinki.
- Layton, D. 1986. Innovators' dilemmas: recontextualizing science and technology education. Teoksessa Layton, D. (toim.) Innovations in science and technology education. Vol I. Tournai: Unesco, 9-28.
- Layton, D. 1994. A school subject in the making? The search for fundamentals. Teoksessa Layton, D. (toim.) Innovations in science and technology education. Vol. V. Pariisi: Unesco, 11-28.
- Leino, J. 1993. Origins and Varieties of Constructivism. Teoksessa Kupari, P. & Haapasalo, L. (toim.) Constructivist and Curriculum Issues in School Mathematics Education. Institute for Educational Research, B 82. Jyväskylä, 1-8.
- Lehtinen, E. 1988. Prosessorientoituneen opetuksen perusteet: Teoreettisia lähtökohtia matematiikan opetuksen kokeiluohjelmalle. Turun yliopisto, kasvatustieteiden laitos, A 127.
- Lehtinen, E. 1997. Improving Conceptual Change in Open Learning Environments. Tampereen teknillisessä korkeakoulussa 11.10.1997 Pedagogical Methods and Technical Solutions for Distance Learning III -symposiumissa pidetty esitelmä.
- Lehto, J. 1996. Työmuistin yhteys tekstin tiivistämiseen, ongelmanratkaisuun ja koulumenestykseen. Helsingin yliopisto, kasvatustieteen laitos, tutkimuksia, 149.
- Lewin, K. 1946. Action Research and Minority Problems. *Journal of Social Issues* 2 (4), 34-46.
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. 1985. *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills: Sage.
- Lindh, M. 1996. Matematiikan ja fysiikan integrointi tekniseen työhön. Virikeaineisto yleissivistävän koulun teknologiakasvatukseen. Oulun kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 68.
- Logie, R. H. 1993. Working Memory in Everyday Cognition. Teoksessa Davies, G. M. & Logie, R. H. (toim.) *Memory in Everyday Life*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 173-219.
- Logie, R. H. 1995. *Visuo-Spatial Working Memory*. Exeter: Lawrence Erlbaum.
- Londoño, E. A. A. 1994. Technology education in Latin America. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education*. Vol. V. Pariisi: Unesco, 77-90.
- Martin, F. G. 1994. *Circuits to Controls: Learning Engineering by Designing LEGO Robots*. Massachusetts Institute of Technology, väitöskirja. <http://cherupakha.media.mit.edu/pub/el-publications/Theses/Martin/> (11.8.1999)
- Martin, F. G. 1996. Kids Learning Engineering Science Using LEGO and the Programmable Brick. Esitetty AREA 1996 konferenssissa. <http://fredm.www.media.mit.edu/people/fredm/papers/aera96/aera96.pdf> (11.8.1999)
- Mathison, S. 1988. Why Triangulate? *Educational Researcher* 17 (2), 13-17.
- McNiff, J. 1988. *Action Research: Principles and Practice*. Chatham: Routledge.
- Mehan, H. 1979. *Learning Lessons. Social Organization in the Classroom*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

- Meisalo, V. 1989. Tietotekniikka ja työtavat fysiikan opetuksessa. Teoksessa Seinelä, K. (toim.) Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden didaktiikan päivät 23.-24.9.1998 Tampereen yliopistossa. Tampereen opettajankoulutuslaitoksen julkaisuja, A12, 165-173.
- Meisalo, V. 1994. Tietotekniikka koulun opetussuunnitelmatyössä - tietotekniikan didaktiikasta tietotekniikan opetuksen didaktiikkaan. Teoksessa Tella, S. (toim.) Näytön paikka. Opetuksen kulttuurin arviointi. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 4.2.1994. Osa 2. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 130, 213-224.
- Meisalo, V. & Lavonen, J. (toim.) 1995. Näytön edessä. Tieto- ja viestintätieteiden opettajankoulutuksessa. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, Vantaan täydennyskoulutuslaitoksen julkaisuja, 9.
- Meisalo, V. & Tella, S. 1988. Tietotekniikka opettajan maailmassa. Keuruu: Otava.
- Merrill, D. C, Reiser, B. J., Merrill, S. K. & Landes, S. 1995. Tutoring: Guided Learning by Doing. *Cognition and Instruction* 13 (3), 315-372.
- Miles, M. B. 1985. Qualitative Data as an Attractive Nuisance: The Problem of Analysis. Teoksessa Van Maanen, J. (toim.) *Qualitative Methodology*. 4. painos. Beverly Hills: Sage, 117-134.
- Mioduser, D. 1996. Learning Technological Problem Solving. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S3-19 - 20.
- Mononen-Aaltonen, M. 1998. A Learning Environment - A Euphemism for Instruction or a Potential for Dialogue? Teoksessa Tella, S. (toim.) *Aspects of Media Education. Strategic Imperatives in the Information Age*. University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 8, 163-217.
- Morgan, K. 1996. Conceptualizing the Continuum of Technology Education. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) *JISTEC '96. Book of Abstracts*. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S1-19 - 20.
- Mottier, I. J. & Raat, J. H. 1987. Women in Science and Technology Education. Teoksessa Waddington, D. J. (toim.) *Education, Industry & Technology*. Exeter: ICSU Press, 111.
- Myers, B. A. 1990. Visual Programming, Programming by Example, and Program Visualization: A Taxonomy. Teoksessa Glinert, E. P. (toim.) *Visual Programming Environments. Paradigms and Systems*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 33-40.
- Myers, R. E. 1989. Models for Understanding. *Review of Educational Research* 1 (59), 43-64.
- Myllymäki, I. & Rukajärvi-Saarela, M. 1997. Teknologiaopetuskokeilu Kokkolan Koivuhaan ala-asteen 2B- ja 5B-luokilla. Teoksessa Kananoja, T., Kari, J. & Parikka, M. (toim.) *Teknologiakasvatuksen käytäntöjä*. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 74, 29-48.
- Naveh-Benjamin, M. 1993. Commentary: Ecological Perspectives of Working Memory. Teoksessa Davies, G. M. & Logie, R. H. (toim.) *Memory in Everyday Life*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 231-239.
- Neill, A. S. 1968. Summerhill. Kasvatuksen uusi suunta. 2. painos, alkuteos julk. 1960. Suomentanut Markku Lahtela. Helsinki: Weilin+Göös.
- Niegemann, H. & Treiber, B. 1982. Lehrstoffstrukturen, kognitive Strukturen, didaktische Strukturen. Teoksessa Treiber, B. & Weinert, F. (toim.) *Lehr-Lehr-Forschung. Ein Überblick in Einzeldarstellungen*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Norman, D. A. 1986. Cognitive Engineering. Teoksessa Norman, D. A. & Draper, S. W. (toim.) *User Centered Software Design*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 31-61.
- Olkinuora, E., Salonen, P. & Lehtinen, E. 1984. Toward an interactionist theory of cognitive dysfunctions. Research project on the interactive formation of learning difficulties. Report II. Turun yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunta, B:10.

- Orpwood, G. & Werdelin, I. 1987. Science and technology in the primary school of tomorrow. Pariisi: Unesco.
- Oshima, J., Scardamalia, M. & Bereiter, C. 1996. Collaborative learning processes associated with high and low conceptual progress. *Instructional Science* 24 (2), 125-155.
- Papert, S. 1985. Lapset, tietokoneet, ajattelemisen taito. Jyväskylä: Kirjayhtymä.
- Papert, S. 1993. *The Children's Machine*. New York: Basic Books.
- Parikka, M. & Rasinen, A. 1994. Teknologiakasvatuskokeilu. Kokeilun tavoitteet ja opetussuunnitelman lähtökohdat. Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, 15.
- Parikka, M. 1998. Teknologiakompetenssi. Teknologiakasvatuksen uudistamishaasteita peruskoulussa ja lukiossa. Jyväskylän yliopisto, studies in education, psychology and social research, 141.
- Patton, M. 1988. Paradigms and Pragmatism. Teoksessa Fetterman, D. (toim.) *Qualitative Approaches to Evaluation in Education*, 116-137.
- Peltonen, J. 1988. Käsiyökasvatuksen perusteet. Koulukäsityön ja sen opetuksen teoria sekä teoreettinen ja empiirinen tutkimus peruskoulun yläasteen teknisen työn oppisisällöistä ja opetuksesta. Turun yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunta, A 132.
- Peruskoululaki 1983. 476/83.
- Perusopetuslaki 1998. 628/98.
- Piaget, J. 1988. Lapsi maailmansa rakentajana. Alkuteokset julkaistu 1964, 1970 ja 1972. Juva: WSOY.
- POPS 1985. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1985. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- POPS 1994. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 1994. 3. korjattu painos vuodelta 1996. Helsinki: Painatuskeskus.
- Popyack, J. L. & Herrmann, N. 1995. Why everyone should know how to program a computer. Teoksessa Tinsley, J. D. & van Weert T. J. (toim.) *World Conference on Computers in Education IV. ECCE'95 Liberating the Learner. Proceedings on the sixth IFIP World Conference on Computers in Education, 1995*. London: Chapman & Hall and IFIP, 603-612.
- Rantanen, J., Varmola, S.-L. & Vasara, M. 1986. Mikro tulee kouluun. Porvoo: WSOY.
- Regler för målstyrning, 1998. Grundskolan. 5. painos. Hässleby: Svensk Facklitteratur.
- Riding, R. & Rayner, S. 1998. *Cognitive Styles and Learning Strategies. Understanding Style Differences in Learning and Behaviour*. Lontoo: David Fulton Publishers.
- Robolab Programs s.a. <http://www.lego.com/dacta/robolab/rcxprograms.htm> (13.8.1999)
- Roberts, P. 1994. The place of design in technology education. Teoksessa Layton, D. (toim.) *Innovations in science and technology education. Vol. V*. Pariisi: Unesco, 171-179.
- Robotics Discovery Set s.a. <http://www.legomindstorms.com/products/rds.html>
- Roth, K. J., Anderson, C. W. & Smith E. L. 1987. Curriculum materials, teacher talk and student learning: case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies* 19 (6), 527-548.
- Rothschild, J. 1988. *Teaching Technology from a Feminist Perspective*. Exeter: Pergamon Press.
- Rousseau, J.-J. 1933. *Émile eli kasvatuksesta*. Suomentanut Jalmari Hahl. Alkuteos julkaistu 1762. Porvoo: WSOY.
- Räsänen, L. 1992. Tytöt ja fysiikka. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Tasa-arvojulkaissuja. Sarja C, 6/1992.
- Räsänen, R. 1993. Opettajan etiikkaa etsimässä. Oulun yliopiston julkaisusarja, 12.

- Sahlberg, P., Meisalo, V., Lavonen, J. & Kolari, M. (toim.) 1993. Luova ongelmanratkaisu koulussa. Helsinki: Painatuskeskus.
- Santakallio, E. 1994a. Teknologian opetuskokeilu Kajaanissa. Teoksessa Tella, S. (toim.) Näytön paikka. Opetuksen kulttuurin arviointi. Ainedidaktiikan symposiumi Helsingissä 4.2.1994. Osa 1. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 129, 233-241.
- Santakallio, E. 1994b. Haitek-projekti: Teknologian opetuskokeilu Kajaanissa. Teoksessa Kuhmonen, P. L. (toim.) 1994. Ideasta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus, 121-130.
- Santakallio, E. 1995. Teknologiakasvatus teknisen työn opetuksessa. Teoksessa Tella, S. (toim.) Juuret ja arvot. Etnisyys ja eettisyys - aineen opettaminen monikulttuurisessa oppimisympäristössä. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 150, 355 - 364.
- Sariola, J. 1998. The Planning of an Open Learning Environment and Didactic Media Choice in Teacher Education. Teoksessa Nummi, T., Rönkä, A. & Sariola, J. (toim.) Virtuality and Digital Nomadism. An Introduction to the LIVE Project (1997-2000). University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 6, 23-49.
- Schacter, D. & Tulving, E. 1994. What are the memory systems of 1994? Teoksessa Schacter, D. & Tulving, E. Memory systems 1994. Massachusetts Institute of Technology, 1-38.
- Shamos, M. H. 1995. The Myth of Scientific Literacy. New Jersey: Rutgers University Press.
- Shu, N. C. 1986. Visual Programming Languages. A Perspective and a Dimensional Analysis. Teoksessa Chang, S.-K., Ichikawa, T. & Ligomendies, P. A. (toim.) Visual Languages. New York: Plenum Press, 11-34.
- Siegel, S. & Castellan N. J. Jr. 1988. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2. painos. Singapore: McGraw-Hill.
- Sinnemäki, J. 1998. Tietokonepelit ja sisäinen motivaatio. Kahdeksan kertotaulujen automatisointipeliä. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 186.
- Sparkes, R. A. 1995. An investigation on Year 7 pupils learning Control Logo. Journal of Computer Assisted Learning 11 (3), 182-191.
- Stein, M. 1974. Stimulating Creativity. Vol 1. New York: Academic Press.
- Stewart, E. 1985. Children and turtles. Journal of Computer Assisted Learning 1, 73-80.
- Stipek, D. J. 1996. Motivation and Instruction. Teoksessa Berliner, D. C. & Calfee, R. C. (toim.) Handbook of Educational Psychology. New York: Macmillan, 85-113.
- Suomala, J. 1999. Students' Problem Solving in the LEGO/Logo Learning Environment. Jyväskylä studies in education, psychology and social research, 152.
- Sweller, J. 1988. Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. Cognitive Science 12 (2), 257-285.
- Sweller, J., Mawer, R. F. & Ward, M. R. 1983. Development of Expertise in Mathematical Problem Solving. Journal of Experimental Psychology: General 112 (4), 639-661.
- Syrjälä, L. & Numminen, M. 1988. Tapaustutkimus kasvatustieteessä. Oulun yliopisto, kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia, 51/1988.
- Syrjäläinen, E. 1994. Koulukohtainen opetussuunnitelmatyö ja koulukulttuurin muutos. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 134.
- Tasa-arvolaki 1986. 609/86 ja 685/86.
- Technology in the New Zealand Curriculum, 1995. Wellington: Learning Media Ltd. Käytetty sähköistä versiota osoitteesta <http://www.minedu.govt.nz/data/Curriculum/technology/statement/index.htm> (10.5.1999)
- Tella, S. 1994. Uusi tieto- ja viestintäteknikka avoimen oppimisympäristön kehittäjänä. Osa 1. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia, 124.

- Tella, S. 1998a. The Concept of Media Education Revisited: From a Classificatory Analysis to a Rhizomativ Overview. Teoksessa Tella, S. (toim.) Aspects of Media Education. Strategic Imperatives in the Information Age. University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 8, 85-150.
- Tella, S. 1998b. The Poor Relation of the Education System? Aspects of Distance Education and Open and Distance Learning. Teoksessa Nummi, T., Rönkä, A. & Sariola, J. (toim.) Virtuality and Digital Nomadism. An Introduction to the LIVE Project (1997-2000). University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 6, 1-22.
- Tella, S., Kynäslähti, H. & Husu, J. 1998. Towards the Recontext of the Virtual School. Teoksessa Tella, S. (toim.) Aspects of Media Education. Strategic Imperatives in the Information Age. University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 8, 233-258.
- Tella, S. & Mononen-Aaltonen, M. 1998. Developing Dialogic Communication Culture in Media Education. Integrating Dialogism and Technology. University of Helsinki, Department of Teacher Education, Publications of Media Education Centre 7.
- Traub, R. E. 1994. Reliability for the social sciences. Thousand Oaks: Sage.
- Verkasalo, P. 1996. Peruskoulun ala-asteen kuudennen luokan oppilaiden ongelmanratkaisutaidot ja niiden taustatekijät. Syventävien opintojen tutkielma. Helsingin yliopisto, opettajankoulutuslaitos.
- Violino, P. 1987. Using Elementary Technology to Teach Primary Science. Teoksessa Waddington, D. J. (toim.) Education, Industry & Technology. Exeter: ICSU Press, 21-23.
- Virkkala, V. 1988. Luova ongelmanratkaisu. Tiedon yhdistely toimiviksi kokonaisuuksiksi ammateissa, harrasteissa ja kotielämässä. Helsinki: Painojussit.
- Volk, K. S. 1996. Technology Education: The Liberating Potential of a Conservative Subject. Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) JISTEC '96. Book of Abstracts. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S1-121 - 122.
- Vore, P. W. de. 1992. Technological Literacy and Social Purpose. Theory Into Practice 21 (1), 59-63.
- Vries, M. J. de. 1994. Technology Education in Western Europe. Teoksessa Layton, D. (toim.) Innovations in science and technology education. Vol. V. Pariisi: Unesco, 31-44.
- Vries, M. J. de. 1997. Technology Education in the Netherlands: Trends and Issues. Teoksessa Kananoja, T. (toim.) Seminars on technology education. Oulu, 7.-8.5.1996; 18.-20.10.1996. Oulun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan opetusmonisteita ja selosteita, 69, 21-34.
- Zuga, K. F. 1996. Are There Components of Technological Literacy? Teoksessa Mioduser, D. & Zilberstein, I. (toim.) JISTEC '96. Book of Abstracts. Tel-Aviv: The Centre for Educational Technology, S2-13 - 14.

Liitteet

Liite 1. Teknologiakasvatuksen tavoitteet vuoden 1994 opetussuunnitelmassa. (POPS 1994)

Äidinkieli / suomi

46-47 "Oppilas kehittyy tiedonhankkijana ja tutkijana niin, että --- hän pystyy tiedon hankinnassa, jäsentämisessä ja välittämisessä käyttämään teknisiä apuvälineitä ---"

Äidinkieli / ruotsi

50-51 "Tavoitteena on oppilaiden viestinnällisten valmiuksien kehittäminen eli se, että oppilaille annetaan mahdollisuus käyttää aktiivisesti kieltä eri tilanteissa, jotta he --- tottuisivat ottamaan selvää asioista käymällä kirjastoissa, käyttämällä sanaluetteluita, tietosanakirjoja, teknisiä apuvälineitä ja medioita, ---"

Ruotsi suomenkielisille

62 "Sekä työskentelyssä että tulosten esittämisessä harjoitellaan erilaisia taitoja, tietotekniikan, sähköisten viestimien ja kuvallisen esityksen hyväksikäyttöä ---"

Suomi ruotsinkielisille

65 "Täytyy myös voida hyödyntää kaksikielisiä oppilaita opetuksen resurssina ja motivoida heitä itsenäiseen työskentelyyn, teemaopintoihin ja projektityöhön, mielellään tietokoneen ja muun modernin teknologian avulla."

Matematiikka

77 "Matematiikan merkitys ilmenee sen käyttökelpoisuutena ratkaista arkipäivän ongelmia. Matematiikka voidaan nähdä tieteellisen kehityksen ja modernin teknologian perustana. Taito lukea ja ymmärtää eri muodoissa esitettyä matemaattista informaatiota on nykyajan teknistyneessä yhteiskunnassa keskeisessä asemassa."

Ympäristö- ja luonnontieto (ala-aste)

81 "Oppimisprosessille on ominaista eteneminen ilmiöiden havaitsemisesta peruskäsitteiden jäsentämiseen ja opitun tiedon käyttämiseen arkielämän tilanteissa."

81 "Opetusta suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että oppilaille on sukupuolesta riippumatta mahdollisuus tutustua myös fysiikan ja kemian ilmiöihin sekä niihin liittyviin teknisiin sovelluksiin."

81 "Se (*ympäristö- ja luonnontieto*) ohjaa oppilasta ymmärtämään erilaisia ihmisiä ja kulttuureita ja arvioimaan ihmisen toiminnan vaikutuksia maapallolla sekä luo pohjaa ekologisesti kestävästä ympäristösuhteen syntymiselle." (*Kursiivi lisätty.*)

82 "jokapäiväisten sähköön, lämpöön, valoon ja ääneen liittyvien ilmiöiden tutkiminen ---"

83 "ihmisen suhde luontoon ja rakennettuun ympäristöön, ---"

Biologia (yläaste)

84 "Biologian opiskelun tavoitteena on, että oppilas --- oppii tunnistamaan ympäristömuutoksia, etsimään niiden syitä ja pohtimaan niiden seurauksia sekä oppii arvioimaan omien valintojensa merkitystä ja etsimään keinoja vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia."

84-85 "Keskeiset sisällöt voidaan jaotella seuraavasti: --- ihminen ja ympäristö, ihminen luonnonvarojen käyttäjänä ja ympäristömuutosten aiheuttajana, ympäristöongelmien syyt ja ratkaisumahdollisuudet, luonnon- ja kulttuuriympäristön suojeleminen sekä keinot toimia hyvän ympäristön puolesta."

Maantieto (yläaste)

- 86 "Maantiedon opiskelun tavoitteena on, että oppilas --- oppii tarkastelemaan ihmisen toiminnan riippuvuutta ympäristön tarjoamista mahdollisuuksista sekä havaitsemaan teknologisen, taloudellisen ja kulttuurisen kehityksen aiheuttamia muutoksia eri alueilla ---"
- 86-87 "--- luonnonvarojen globaalinen jakautuminen ja käyttö sekä luonnon kestävä käytön edellytykset."
- 87 "--- ihmisen toiminnan ympäristövaikutukset ---"

Fysiikka ja kemia (yläaste)

- 88 "Opetus antaa oppilaalle persoonallisuuden kehittymisen ja nykyaikaisen maailmankuvan muodostumisen kannalta välttämättömiä aineksia ja se auttaa ymmärtämään luonnontieteiden ja teknologian merkityksen osana kulttuuria."
- 88 "Kvalitatiivisella tasolla on tavoitteena, että oppilas --- osaa keskustella fysiikan alaan kuuluvista asioista ja ilmiöistä sekä soveltaa fysikaalista tietoa luontoa ja ympäristöä koskevissa kysymyksissä, ongelmien ratkaisemisessa ja päätöksenteossa."
- 89 "Kemian opiskelun tavoitteena on, että oppilas --- ymmärtää käytännön kannalta tärkeitä kemiallisia ilmiöitä, --- omaksuu sellaisen terminologian, jonka avulla hän voi keskustella luontoa, ympäristöä ja teknologiaa koskevista kysymyksistä, oppii soveltamaan kemiallista tietoa niin, että sitä voidaan käyttää hyväksi eri alueilla, esimerkiksi luontoon ja ympäristöön liittyvien kysymysten selvittämisessä ja ongelmien ratkaisemisessa, sekä pystyy arvioimaan ihmisen toiminnan ympäristövaikutuksia ---"
- 90 "Taulukko. Fysiikan ja kemian opetuksen keskeiset sisällöt: --- ihmisen aikaansaamia rakenteita ja järjestelmiä, kuten koneet ja virtapiirit --- energian lähteet, tuotanto, kulutus ja ympäristövaikutukset, energian säästäminen ja hyvinvointi --- aine kemian- ja muissa teollisuusprosesseissa, raaka-aineet ja niiden jalostaminen --- esimerkkejä erityyppisistä prosesseista ---"
- 91 "Olennaista on johdonmukainen ohjaaminen kokeelliseen tiedonhankinnan menetelmään, johon kuuluu: --- opitun soveltaminen käytännössä."

Uskonto

- 92 "Peruskoulun kaikkien uskontokuntasidonnaisten ryhmien uskonnon opiskelun yleistavoitteena, on että oppilas saavuttaa monipuolisen uskonnollisen ja katsomuksellisen yleissivistyksen --- kehittämällä eettisesti vastuullista elämänsennettä, jotta hän oppii ymmärtämään tekojensa seuraukset, kykenee tekemään henkilökohtaisia arvovalintoja ja vaikuttamaan yhteiskunnassa tehtäviin ratkaisuihin."

Evangelis-luterilainen uskonto

- 93 "Uskonnon opetussuunnitelman sisältöjen suunnittelussa ovat keskeisiä seuraavat asiakokonaisuudet: --- oppilaiden lähiympäristöstä nousevien kysymysten pohdinta, ---"

Ortodoksinen uskonto

- 94 "Yläasteen uskonnon opetussuunnitelman sisältöjen suunnittelussa ovat keskeisiä seuraavat asiakokonaisuudet: --- etiikan opetus jaetaan yksilö- ja yhteisöetiikkaan, ---"

Elämäkatsomustieto

- 96 "Elämäkatsomustiedon opetus tukee yksilön elämäkatsomuksen muotoutumista, antaa mahdollisuuden omaksua maailman perusluonnetta ja arvoja jäsentäviä lähestymistapoja sekä käyttää niitä elämän ongelmien ratkomiseen. Ihmisenä ja kansalaisena oppilas kohtaa vaikeita katsomuksellisia kysymyksiä, joihin ei ole olemassa yksiselitteisiä ratkaisuja."
- 97 "Tutkitaan ihmisen ja luonnon suhdetta."

Historia ja yhteiskuntaoppi

- 98 "Historian ja yhteiskuntaopin opetuksen tehtävänä on ohjata oppilasta ymmärtämään ja jäsentämään nykyaikaa, ---, ohjata häntä kunnioittamaan ihmistä ja ihmisen työtä aineellisen ja henkisen kulttuurin alueilla sekä auttaa häntä kasvamaan aktiiviseksi, kriittiseksi ja yhteisvastuuta tuntevaksi yhteiskunnan jäseneksi."
- 99 "Historian ja yhteiskuntaopin opiskelun järjestelyjen tavoitteena on, että niiden yhteydessä oppilas --- kehittää ja kypsyttää ajantajuun ja historiatietoisuutta ja oppii suhteuttamaan oman aikansa ja itsensä jatkuvaan muutokseen, --- havaitsee ihmisen ja luonnon välisen suhteen merkityksen historian ja nykyhetken sekä tulevaisuuden peruskysymyksenä, ---"

Musiikki

- 101 "Perinteisen nuottikirjoituksen lisäksi annetaan valmiuksia musiikin vastaanottamiseen ja tuottamiseen ajanmukaisella teknologialla ja soittimistolla."

Kuvaamataito

- 102 "Kuvailmaisussa oppilas kehittää omaa tilantajuun ja avaruudellista hahmotuskykyään, kykyään hahmottaa muotoja ja niiden suhteita luonnossa, rakennetussa ja esineympäristössä sekä kuvissa."
- 102 "Keskeisiä aihealueita ovat --- kuvaviestinnän ja muotoilun prosessit ---"
- 103 "Keskeisiä aihealueita ovat --- ja yhdyskuntasuunnittelun, arkkitehtuurin ja muotoilun työprosessit. Erityisesti korostetaan kykyä yhdistää muotoilussa, arkkitehtuurissa ja yhdyskuntasuunnittelussa esteettisyys eettisiin, ekologisiin, teknisiin ja taloudellisiin näkökulmiin."

Kotitalous (yläaste)

- 105 "Olennaista on käytännön toiminta, johon yhdistyy teoreettisia perusteita, suunnittelua, päätöksentekoa ja arviointia."
- 105 "Kotitalouden opiskelun keskeisenä tavoitteena on elämänhallinnan taitojen kehittäminen niin, että oppilas --- tiedostaa kuluttamiseen liittyviä ongelmia ja osaa toimia harkitsevana ja vastuunsa tuntevana kuluttajana, --- osaa arvioida vaihtoehtoja, joilla kodeissa voi toimia luontoa mahdollisimman vähän kuluttaen ja ympäristöstä huolehtien ---"
- 106 "Opiskelussa tutustutaan myös uuden teknologian merkitykseen sekä jokapäiväisissä toiminnoissa että tiedon hankinnassa ja käsittelyssä."

Käsityö

- 107 "Suunnitellessaan, valmistaessaan ja valitessaan käsityön tuotteita oppilas oppii soveltamaan teoreettista tietoa käytännön työhön."
- 108 "Käsityön opiskelun tavoitteena on, että oppilas --- hallitsee kokonaisuuksia, joihin kuuluu kriittinen esteettisiä, eettisiä ja ekologisia arvoja pohtiva suunnittelu ja toiminta, --- selviytyy teknisessä ympäristössä ---, oppii suunnitelmallista, ongelmakeskeistä lähestymistapaa projektiluonteisessa työskentelyssä sekä hankkii oma-aloitteisesti sekä perinteiseen että nykyaikaiseen teknologiseen materiaali-, työväline- ja työtuntemukseen liittyviä tietoja ja taitoja, joita voi soveltaa arkielämässä, jatko-opinnoissa, työtehtävissä ja harrastuksissa."
- 109 "Käsityössä opitaan työn teon arvostamista, tuotteen elinkaaren hallintaa, kestävän kehityksen periaatteiden omaksumista käyttämällä erilaisia hanke- ja ongelmanratkaisumenetelmiä."
- 109 "Käsityön olemukseen kuuluu tuotteen suunnittelu, valmistusprosessin suunnittelu ---"

Liite 2. Oppilaiden itsearviointilomake. Opetusjaksolla 1 käytetty versio. Alkuperäisen lomakkeen grafiikka ei ole yhtä karkeaa kuin tässä.

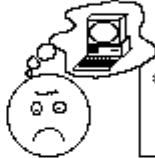


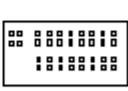






Empirica Control -oppimisympäristön käyttö ala-asteen teknologiakasvatuksessa
Oppilaiden itsearviointilomake
Matti Lattu 29.1.1996 - Helsingin yliopisto, OKL

Nimi: _____

Suttaa yli väärä vaihtoehto!



Tällä työkerralla...

- | | | | |
|---|--|---|---|
| 1. En pitänyt tietokoneella työskentelystä |  |  |  |
| | | oikein | väärin |
| 2. Tietokoneen käyttö tuntui vaikealta |  |  |  |
| | | oikein | väärin |
| 3. Liitäntäyksikön käyttö oli vaikeaa |  |  |  |
| | | oikein | väärin |
| 4. Ohjelmointi oli helppoa |  |  |  |
| | | oikein | väärin |
| 5. Ryhmällämme ei ollut ongelmia tietokoneen käytössä |  |  |  |
| | | oikein | väärin |
| 6. Koulussa pitäisi käyttää enemmän tietokonetta |  |  |  |
| | | oikein | väärin |

Kiitos!







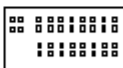


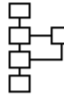








Liite 3. Oppilaiden itsearviointilomake. Opetusjaksoilla 2, 3 ja 4 käytetty versio. Alkuperäisen lomakkeen grafiikka ei ole yhtä karkeaa kuin tässä.

Empirica Control -oppimisympäristön käyttö ala-asteen teknologiakasvatuksessa
Oppilaiden itsearviointilomake
Matti Lattu 13.2.1996 - Helsingin yliopisto, OKL

Nimi: _____

Ympäroï vaihtoehdoista se, joka kuvaa tämänhetkistä mielipidettäsi parhaiten

Tällä työkerralla...

1	En pitänyt tietokoneella työskentelystä		 samaa mieltä	 eri mieltä
2	Tietokoneen käyttö tuntui vaikealta		 samaa mieltä	 eri mieltä
3	Liitännäyksikön käyttö oli vaikeaa		 samaa mieltä	 eri mieltä
4	Ohjelmointi oli helppoa		 samaa mieltä	 eri mieltä
5	Ryhmällämme ei ollut ongelmia tietokoneen käytössä		 samaa mieltä	 eri mieltä
6	Koulussa pitäisi käyttää enemmän tietokonetta		 samaa mieltä	 eri mieltä

Kiitos!

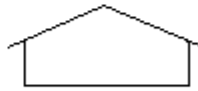
Liite 4. Laitteiden suunnittelussa opetusjaksoilla 1 ja 2 käytetty lomake. Alkuperäisen lomakkeen grafiikka ei ole yhtä karkeaa kuin tässä.

Suunnitelma

laitteen nimi: _____

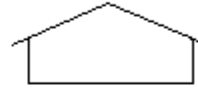
tulot
miten saa tietoa?

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____



prosessi
mitä tekee?

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____



lähdöt
millä tekee?

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____

Suunnittelu-
ryhmä: _____

Liite 5. Taulukko järjestelmän hallintatestin tuloksista.

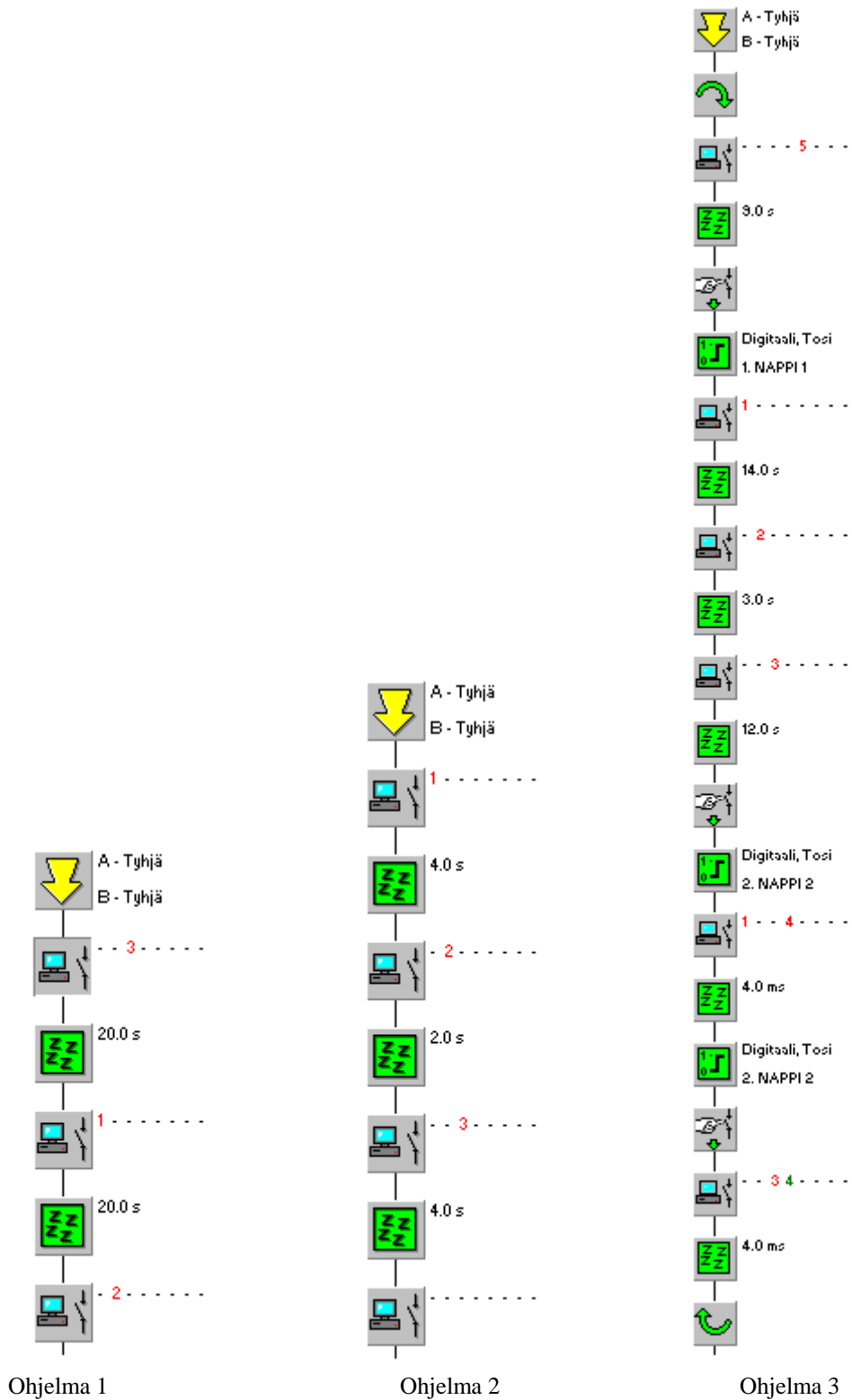
	jakso 2 heikko			jakso 2 vahva			jakso 3 heikko			jakso 3 vahva			
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	
Liitännät	(1)			(1)			(1)			(1)			
löytää asetusikkunan	-	-	-	+	+	+	-	?	?	-	?	-	14 osasi
ikkunassa toimiminen	+	+	-	-	+	+	-	?	?	+	?	-	12 ei osannut
kytkeminen	+	?	-	+	?	+	+	?	+	+	?	-	36 yhteensä
Lähtö							(2)						
ikkunassa toimiminen	-	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	21 osasi
ymmärtäminen	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	1 ei osannut
													24 yhteensä
Tulo & odota										(3)			
osaa koota yhdistelmän	/	/	-	/	/	+	/	/	-	/	/	-	2 osasi
ymmärtäminen	/	/	-	/	/	+	/	/	-	/	/	-	6 ei osannut
													8 yhteensä
Silmukka							(3)			(3)			
lisääminen	/	-	?	/	+	+	/	-	?	/	-	?	7 osasi
ymmärtäminen	/	+	?	/	+	+	/	+	?	/	+	?	3 ei osannut
													16 yhteensä
Odota													
ikkunassa toimiminen	?	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	?	16 osasi
ymmärtäminen	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	?	5 ei osannut
													24 yhteensä
Perustaidot													
EC:n käynnistäminen	+	/	/	-	/	/	+	/	/	-	/	/	43 osasi
Ohjelmointi-ikkuna esille	?	?	?	+	+	+	-	?	?	+	?	?	8 ei osannut
Kuvakkeiden lisääminen	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	64 yhteensä
Kuvakkeiden poistaminen	?	-	?	?	?	+	+	+	+	?	?	+	
Asetusten antaminen käskyille	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	
Ohjelman käynnistäminen	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Etenemisen seuraaminen	?	?	?	?	?	(4)	?	?	(4)	(4)	(5)	?	
Jatkoi edellisestä ohjelmasta	/	-	-	/	-	-	/	+	+	/	+	+	

Merkinnät: + = osasi, - = ei osannut, ? = ei tullut ilmi, / = mahdoton kysymys

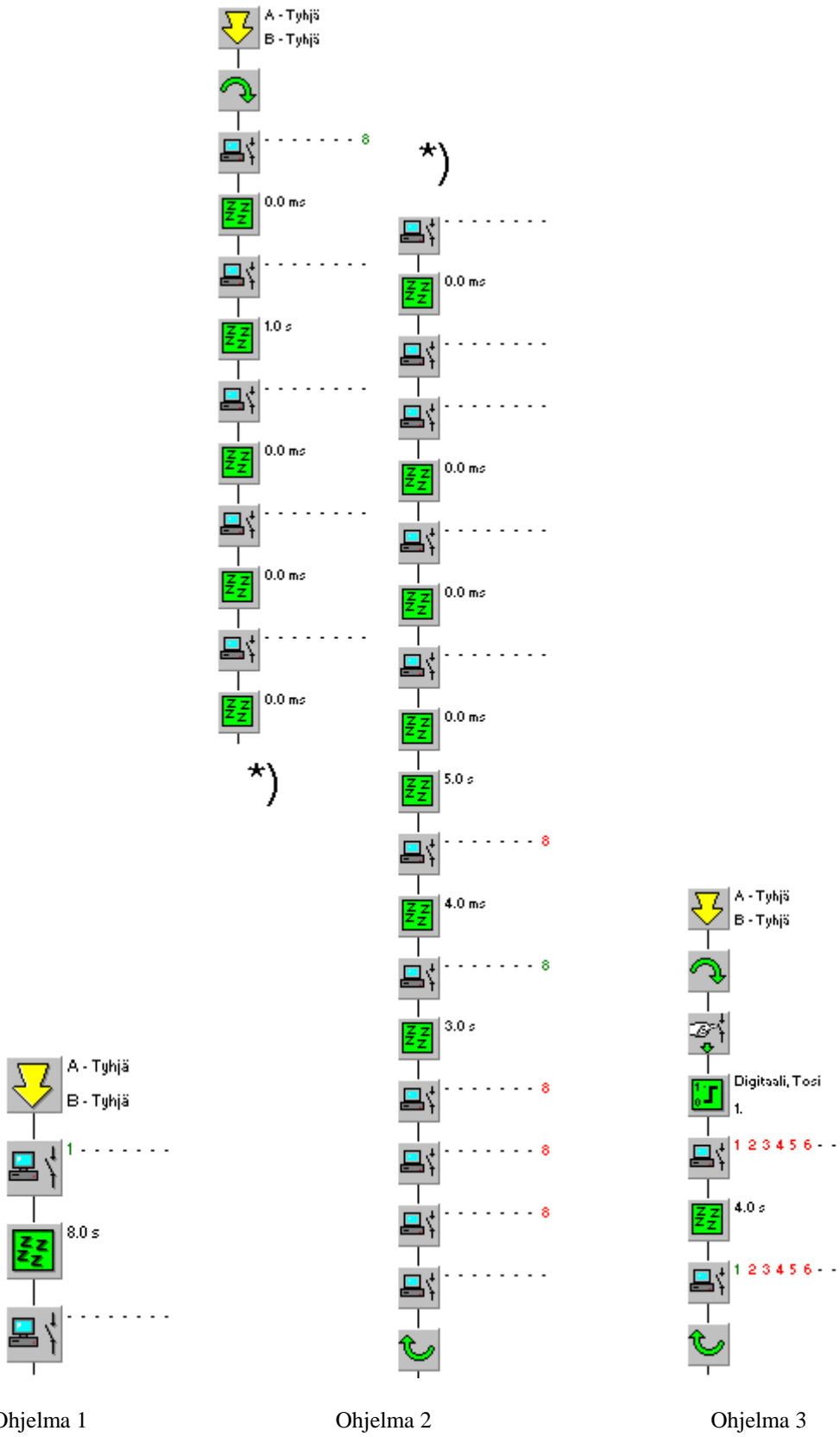
Selitykset:

- (1) ei muistanut esittelyä
- (2) halusi lisätä ajan
- (3) ei muistanut
- (4) lamppu
- (5) lamppu ja näyttö

Liite 6. Ajo- ja ajorataa ylittävän jalankulkijan turvallisuutta parantavien laitteiden ohjelmat.

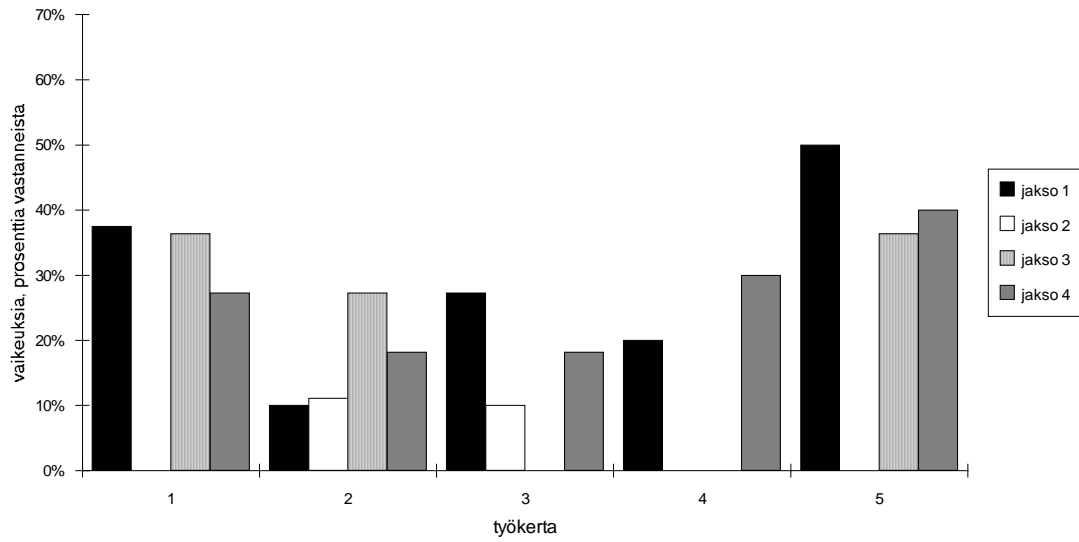


Liite 7. Opetusjaksolla 3 rakennettujen laitteiden ohjelmia.

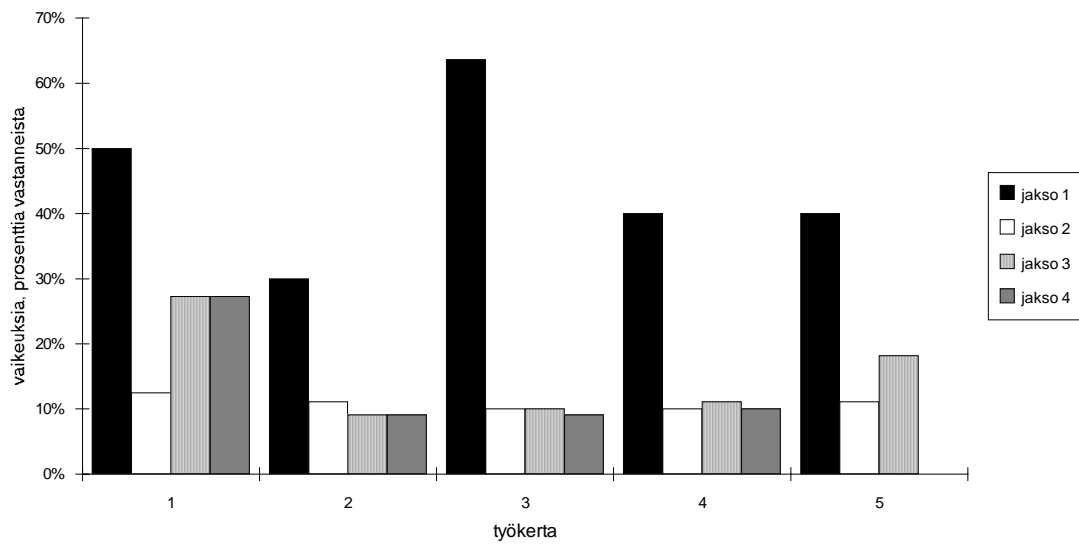


Liite 8. Ohjelmointivaikkeudet ja liitäntäyksikön käyttövaikkeudet eri opetusjaksoilla työkerroittain oppilaiden itsearviointilomakkeella mitattuna.

Vaikeuksia ohjelmoinnissa



Vaikeuksia liitäntäyksikössä



Liite 9. Ohjelmointi- ja käyttövaikeuksiin liittyvät merkitsevyydestaukset. Epäluotettaviksi todetut opetusjakson 1 tulokset on jätetty huomiotta.

Taulukko A: t-tests for Paired Samples (ei opetusjaksoa 1)

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
LVAIK	Liitäntäyksikön käyttöv. 150	,187	,022	,1267	,334	,027
OVAIK	Ohjelmointivaikeuksia 150	,	,	,1800	,385	,031

Paired Differences			t-value	df	2-tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-,0533	,460	,038	-1,42	149	,158
95% CI (-,128; ,021)					

Taulukko B: t-tests for Paired Samples (ei opetusjaksoa 1)

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
LVAIK	Liitäntäyksikön käyttöv. 150	,	,	,1267	,334	,027
NOLLA				,0000	,000	,000

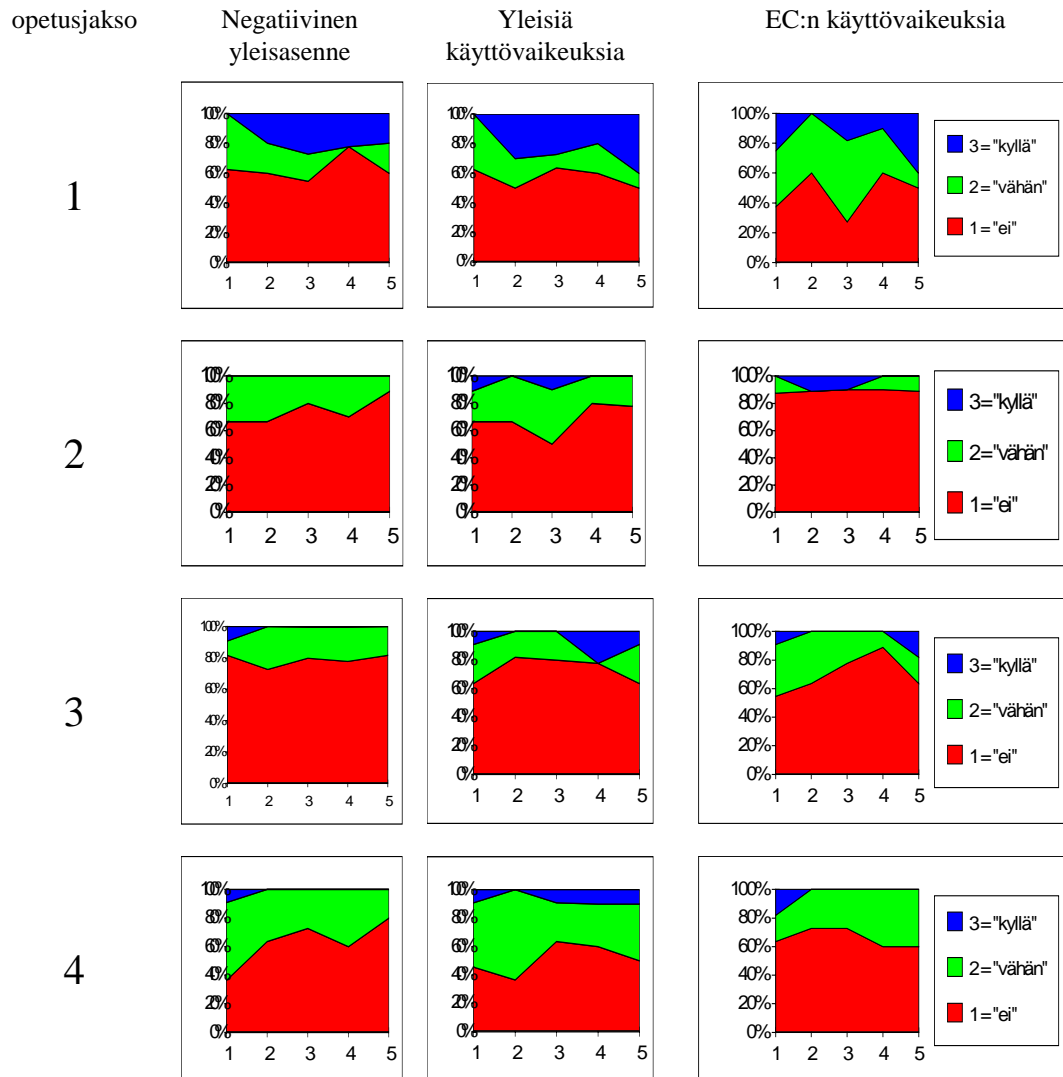
Paired Differences			t-value	df	2-tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-,1267	,334	,027	4,65	149	,000
95% CI (,073; ,181)					

Taulukko C: t-tests for Paired Samples (ei opetusjaksoa 1)

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
OVAIK	Ohjelmointivaikeuksia 150	,	,	,1800	,385	,031
NOLLA				,0000	,000	,000

Paired Differences			t-value	df	2-tail Sig
Mean	SD	SE of Mean			
-,1800	,385	,031	-5,72	149	,000
95% CI (-,242; ,118)					

Liite 10. Itsearviointilomakkeen muuttujien arvot eri työkerroilla.



Liite 11. Ristiintaulukoinnit eri muuttujien ja opetusjakson/-kerran välisen yhteyden selvittämiseksi ja t-testit havaittujen erojen testaamiseksi. Gammakertoimet on laskettu vain niiltä osin kuin tekstissä viitataan. Epäluotettaviksi todetut opetusjakson 1 tulokset on jätetty huomiotta.

Taulukko A: YA Negat. yleisasenne by JAKSO Opetusjakso

		JAKSO			PAGE 1 OF 1
COUNT		2	3	4	ROW TOTAL
YA					
	1	35	41	33	109
ei					71,7
	2	12	10	19	41
vähän					27,0
	3		1	1	2
kyllä					1,3
Column		47	52	53	152
Total		30,9	34,2	34,9	100,0

Taulukko B: KV Käyttövaikeuksia by JAKSO Opetusjakso

		JAKSO			Page 1 of 1
Count		2	3	4	Row Total
KV					
	1	32	38	27	97
ei					63,8
	2	13	10	22	45
vähän					29,6
	3	2	4	4	10
kyllä					6,6
Column		47	52	53	152
Total		30,9	34,2	34,9	100,0

Taulukko C: EC EC:n käyttövaikeuksia by JAKSO Opetusjakso

		JAKSO			Page 1 of 1
Count		2	3	4	Row Total
EC					
	1	41	35	35	111
ei					74,0
	2	3	13	16	32
vähän					21,3
	3	2	3	2	7
kyllä					4,7
Column		46	51	53	150
Total		30,7	34,0	35,3	100,0

Taulukko D: OVAIK Ohjelmointivaikeuksia by OJAKSO Opetusjakso

Page 1 of 1

OVAIK	Count	OJAKSO				Row Total
		1	2	3	4	
ei	0	35	44	40	39	158
						79,4
kyllä	1	14	2	11	14	41
						20,6
Column		49	46	51	53	199
Total		24,6	23,1	25,6	26,6	100,0

Taulukko E: t-tests for Independent Samples of JAKSO Opetusjakso

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
YHDKV Yhdistetty käyttövaikeudet				
JAKSO 4	55	,5091	,505	,068
JAKSO 3	55	,3091	,466	,063

Mean Difference = ,2000

Levene's Test for Equality of Variances: F= 9,150 P= ,003

t-test for Equality of Means					90%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	2,16	108	,033	,093	(,046; ,354)
Unequal	2,16	107,34	,033	,093	(,046; ,354)

Taulukko F: t-tests for Independent Samples of JAKSO Opetusjakso

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
YHDEC Yhdistetty EC:n käyttövaik.				
JAKSO 2	50	,1800	,388	,055
JAKSO 3	55	,3636	,485	,065

Mean Difference = -,1836

Levene's Test for Equality of Variances: F= 19,092 P= ,000

t-test for Equality of Means					90%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-2,13	103	,036	,086	(-,327; -,040)
Unequal	-2,15	101,39	,034	,085	(-,325; -,042)

Taulukko G: t-tests for Independent Samples of JAKSO Opetusjakso

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

YHDEC Yhdistetty EC:n käyttövaik.				
JAKSO 2	50	,1800	,388	,055
JAKSO 4	55	,3636	,485	,065

Mean Difference = -,1836

Levene's Test for Equality of Variances: F= 19,092 P= ,000

t-test for Equality of Means					90%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff

Equal	-2,13	103	,036	,086	(-,327; -,040)
Unequal	-2,15	101,39	,034	,085	(-,325; -,042)

Taulukko H: t-tests for Independent Samples of OJAKSO Opetusjakso

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

OVAIK Ohjelmointivaikkeitä				
OJAKSO 2	47	,0426	,204	,030
OJAKSO 3	51	,2157	,415	,058

Mean Difference = -,1731

Levene's Test for Equality of Variances: F= 35,266 P= ,000

t-test for Equality of Means					90%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff

Equal	-2,58	96	,011	,067	(-,284; -,062)
Unequal	-2,65	74,09	,010	,065	(-,282; -,064)

Taulukko I: t-tests for Independent Samples of OJAKSO Opetusjakso

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

OVAIK Ohjelmointivaikeuksia				
OJAKSO 2	47	,0426	,204	,030
OJAKSO 4	53	,2642	,445	,061

Mean Difference = -,2216

Levene's Test for Equality of Variances: F= 59,173 P= ,000

t-test for Equality of Means					90%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff

Equal	-3,13	98	,002	,071	(-,339; -,104)
Unequal	-3,26	74,81	,002	,068	(-,335; -,108)

Taulukko J: YA Negat. yleisasenne by TKERTA Työkerta

		TKERTA					Page 1 of 1
Count		1	2	3	4	5	Row Total
YA	ei	19	21	24	20	25	109 71,7
	vähän	10	10	7	9	5	41 27,0
	kyllä	2					2 1,3
Column		31	31	31	29	30	152
Total		20,4	20,4	20,4	19,1	19,7	100,0

Statistic	Value	ASE1	Val/ASE0	Approximate Significance

Gamma	-,23606	,12171	-1,88455	,05949

Number of Missing Observations: 8

Liite 12. Taulukko Empirica Controliin suoranaisesti liittyvistä vaikeuksista ja parannusehdotuksista.

Ongelma	Tarkennus
Ohjelmointi	Ohjelmien laatimiseen liittyvät ongelmat
Käskyn lisääminen epäloogista	Käsky lisätään napsauttamalla sitä käskyä, jonka perään se halutaan lisätä. Oppilaat yrittivät toistuvasti napsauttaa sitä kohtaa, johon uuden käskykuvakkeen pitäisi ilmestyä, esim. kahden kuvakkeen väliä.
Hiiren napit sekaantuvat	Ohjelmoitaessa on kyettävä käyttämään molempia hiiren napeista eri tarkoituksiin. Niiden muistaminen osoittautui hankalaksi.
Ei käynnistysvalikkoa kuvakkeiden lähetyvillä	Napsautettaessa oikeaa hiiren nappia kuvakkeiden ulkopuolella esiin tulee käynnistysvalikko. Oppilaille kävi usein siten, että he olisivat halunneet asettaa tietylle käskylle parametreja, mutta osoitin ei ollut käskyn kuvakkeen päällä oikeaa nappia napsautettaessa.
Tarpeettomien käskyjen näkyminen	Opetusjakson tehtävät olivat ohjelmallisesti hyvin yksinkertaisia eikä niissä hyödynnetty kaikkia käskyjä. Ylimääräisten käskyjen näkyminen hidasti tarvittavan käskyn etsimistä. Tarpeettomat käskyt tulisi voida kytkeä pois näkyvistä.
Peruuta-komento	Ikkunan yläosan työkaluriville voisi lisätä viimeisen toimenpiteen peruttamiskomennon ("undo").
Poista-komento	Usein tarvittava poista-komento on kätketty turhan hankalasti Muokkaa-valikon taakse. Sen voisi lisätä työkaluriville.
Tekstit ja termit	Ohjelmassa näkyvät tekstit ja käytetty terminologia
Lähtö ja tulo	Ohjauksikäskyistä käytetyt nimet olivat epäselviä. Laitetta ohjaava käsky, "lähtö", kuvasi heikosti käskyn toimintaa.
Aktivoitu ja passivoitu	Nämä termit voisi suomentaa "käytössä" ja "ei käytössä".
Lukujen desimaaliosat	Odota-käskyn odotusaika ilmoitetaan arvosta riippumatta yhden desimaalin tarkkuudella. Tapa hämmensi kakkosluokkalaista, joille desimaaliluvun käsite on vieras.
Visuaalisuus	Ohjelmassa näkyvät visuaaliset elementit
Ohjelma käynnissä	Usein kävi niin, että oppilaat yrittivät jatkaa ohjelmointia, kun ohjelman suoritus oli vielä käynnissä. Suoritustila pitäisi imeä selkeämmin.
Alareunan ohjeet selkeämmiksi	Ohjelmoitaessa ikkunan alareunassa on jatkuvasti ohjeita käyttäjälle. Ohjetekstejä pitäisi mahdollisuuksien mukaan tyypistää ja tehdä houkuttelevammaksi, sillä nykyisellään ne ovat liian huomaamattomat.
Kuvakkeen valinta selkeämmäksi	Kuvaketta poistettaessa se on ensin valittava. Tämä valinta tulisi erottua muista kuvakkeista nykyistä selvemmin.
Näytön suurennus 125%	Näytettävien kuvakkeiden kokoa voidaan nykyisellään muuttaa normaalia pienemmäksi. Opetustilanteita varten olisi hyödyllistä, mikäli kuvakkeita voitaisiin näkyvyyden parantamiseksi suurentaa.
Lähtö-käskyn symboli on epäselvä	Laitetta ohjaavan käskyn symboli on epähavainnollinen. Se ei oppilaiden mielestä kuvannut käskyn toimintaa, sillä he käyttivät käskystä nimeä "tietokone". Symbolista ei ollut apua toiminnan ymmärtämiseen, kuten esimerkiksi odota-käskyssä.
Lähtö-käskyn tilarivi epähavainnollinen	Lähtö-käskyn vieressä oleva käskyn arvoja ja toimintaa kuvaava tilarivi on nykyisellään epähavainnollinen. Riville ilmestyy niiden liitântöjen numerot, joihin käsky kytkee virran. Oppilaita olisi saattanut auttaa toisenlainen esitysmuoto, jossa olisivat näkyneet kaikki liitännät ja se, mitä käsky niille tekee.
Lähtö-käskyn valintaikkuna	Lähtö-käskyn valintaikkunaan voisi lisätä sarakkeita kuvaavia symboleita. Oppilaiden oli vaikea muistaa, mitä "on" ja "off" tarkoittavat. Entä miksi "on"-sarakkeita on kaksi?

Rutiinit

Lähtöjen aktivointi

Ikkunoiden koon säätö

Odota-käskyn yksiköt

Ohjelmoinnissa olevat rutiinitehtävät, joiden tarpeellisuutta pitäisi harkita

Ohjelmointi aloitetaan tavallisesti eri liitäntöjen määrittelyllä. Jokainen lähtökanava on "aktivoitava" erikseen. Tämä oli ikävä rutiini, joka unohtuessaan esti laitteiden toiminnan.

Ohjelman käynnistyksen yhteydessä jouduttiin aina suurentamaan sekä ohjelmointikielen että ohjelman ikkuna.

Odota-käskyssä odotusaikaa asetettaessa joudutaan aina muuttamaan sopiva yksikkö, joka opetusjakson tehtävissä oli sekunti. Yksikkö voitaisiin ottaa ohjelmassa mahdollisesti olevista muista odota-käskyistä, jotta sitä ei tarvitsisi aina muuttaa erikseen.

Liitäntäyksikkö

Tulo- ja lähtöliitännät sekoittuivat

Johdot sotkeentuivat

Sähkömagneetti

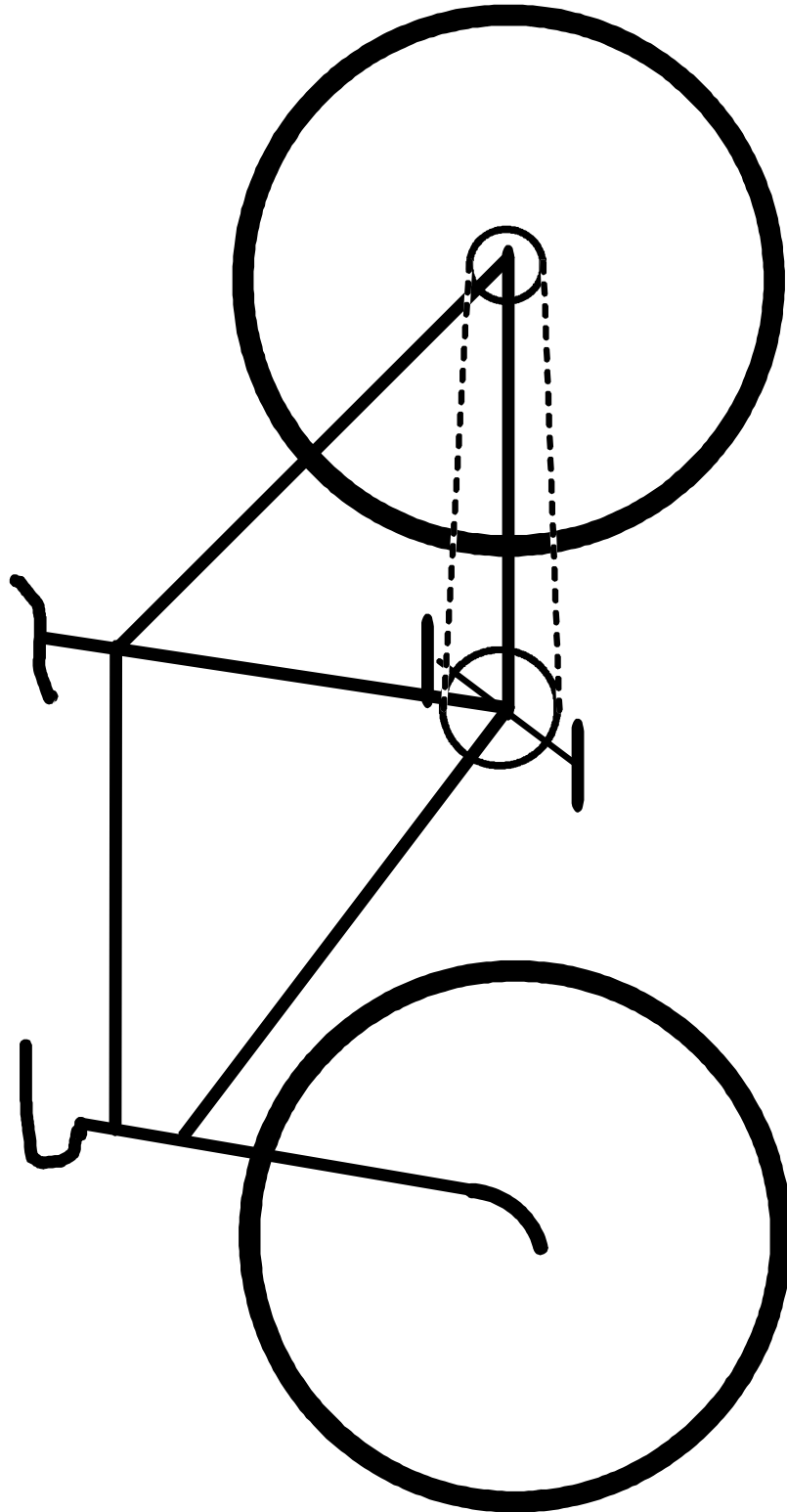
Huomiot liitäntäyksikköön liittyen

Oppilaille sanat "input" ja "output" eivät merkinneet mitään. Kannattaisiko liitäntäyksikköön lisätä termejä kuvaavia symboleita, joita käytettäisiin ohjelmointikielessäkin?

Jo muutaman ohjattavan laitteen johdot saivat aikaan melkoisen johtosolmun. Voisivatko eri laitteiden johdot olla erivärisiä?

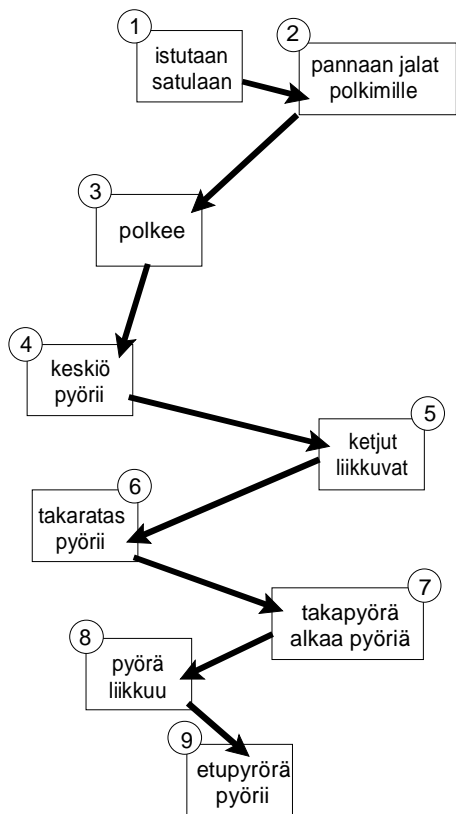
Ohjattavaksi laitteeksi voisi tehdä sähkömagneetin, jolla saataisiin aikaan lisää konkreettisia aikaan moottorin lisäksi.

Liite 13. Opetusjaksojen 1 ja 2 alku- ja loppuhaastatteluissa käytetty polkupyörän kuva.

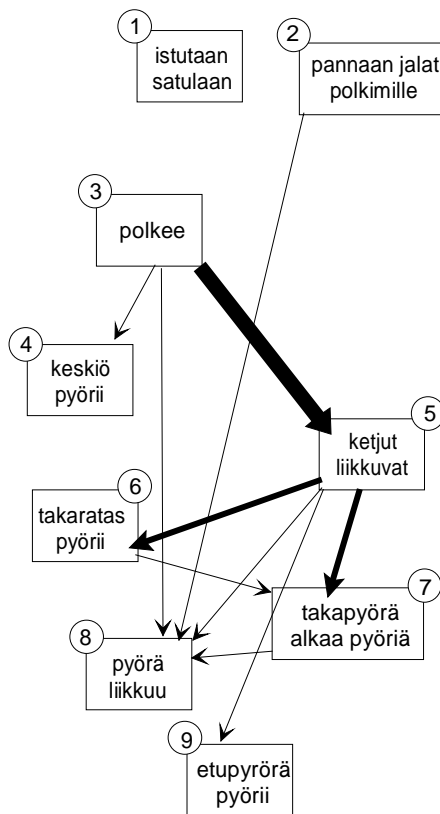


Liite 14. Polkupyörän todellinen toiminta (kuvio A) sekä toiminnan selittäminen opetusjaksojen 1 ja 2 alku- (kuvio B) ja loppuhaastatteluissa (kuvio C).

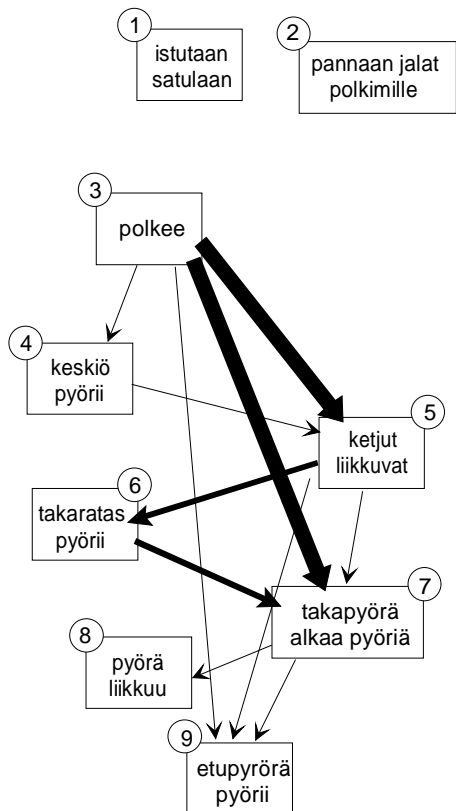
Kuvio A:



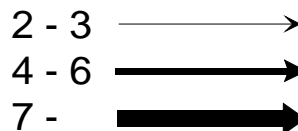
Kuvio B:



Kuvio C:

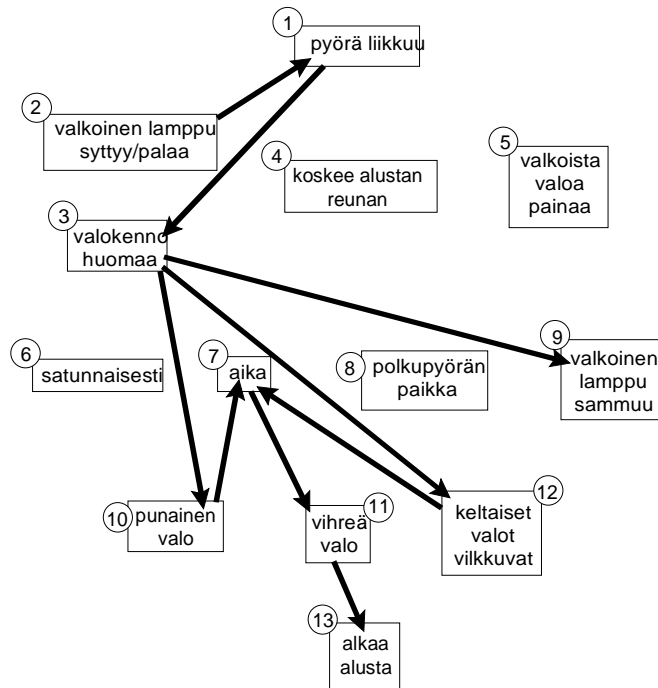


Yhteyksien lukumääri

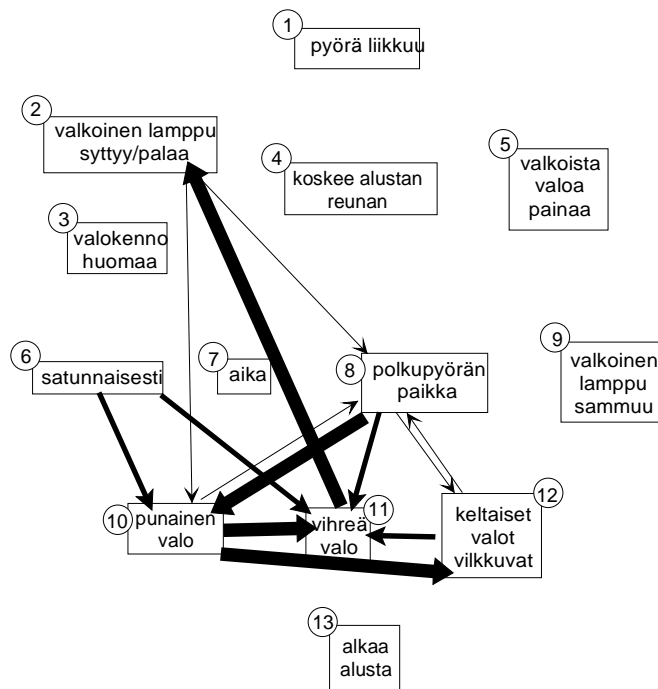


Liite 15. Liikennevalojen todellinen toiminta (kuvio A) sekä toiminnan selittäminen opetusjaksojen 1 ja 2 alkuhaastatteluissa (kuvio B).

Kuvio A:



Kuvio B:

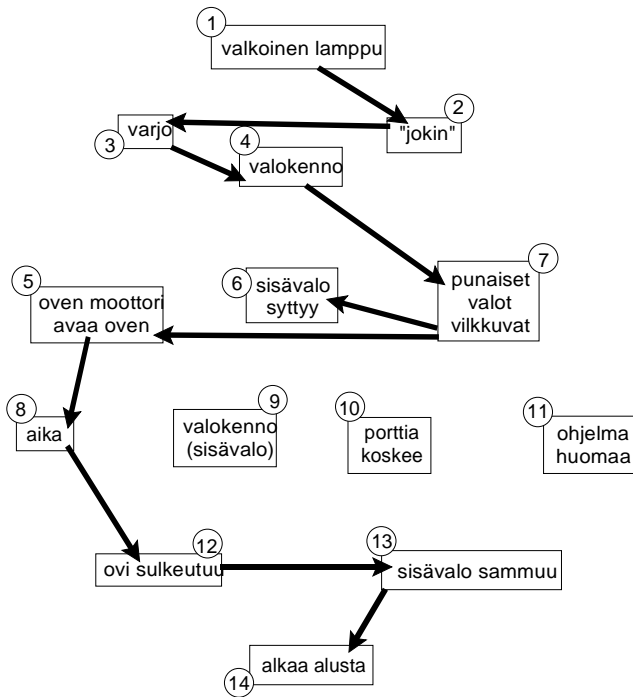


Yhteyksien lukumääri

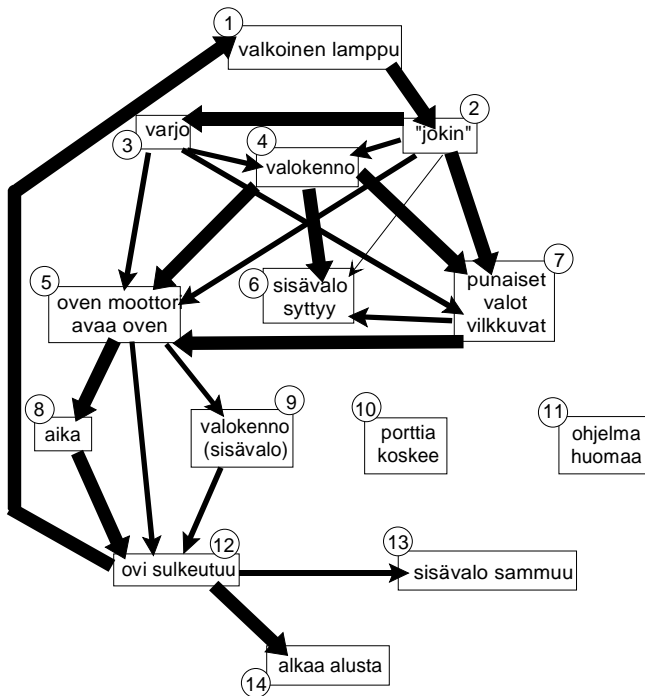
- 2 —————>
- 3 - 4 —————>
- 5 - —————>

Liite 16. Liukuoven todellinen toiminta (kuvio A) sekä toiminnan selittäminen opetusjaksojen 1 ja 2 loppuhaastatteluissa (kuvio B).

Kuvio A:



Kuvio B:

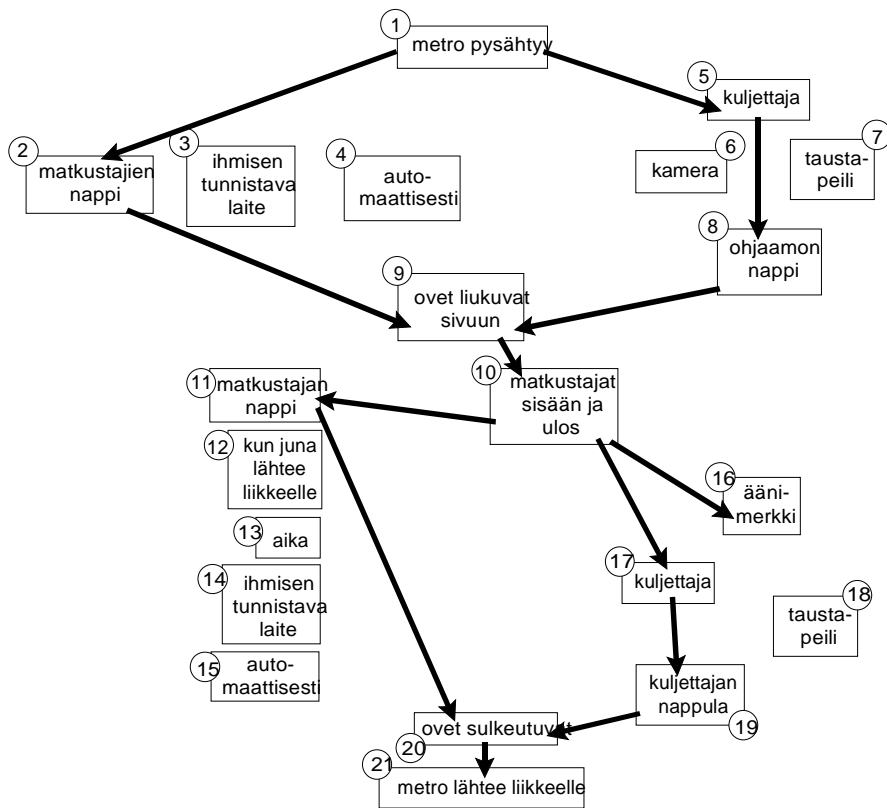


Yhteyksien lukumääri

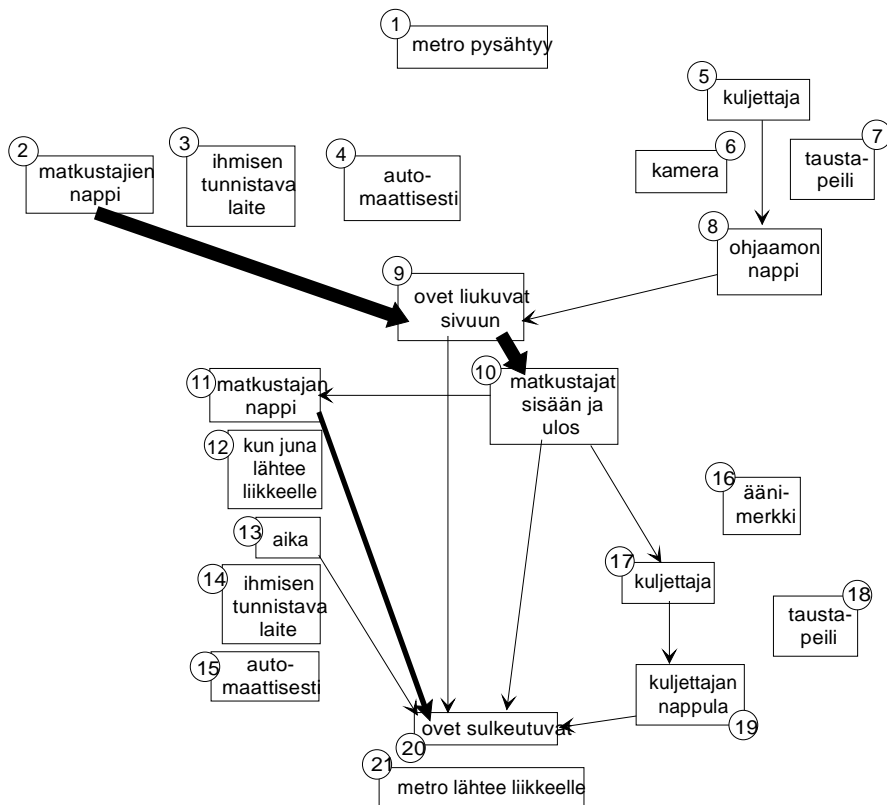
- 2
- 3 - 4
- 5 -

Liite 17. Metron ovien toiminnan todellinen toiminta (kuvio A) sekä selittäminen opetusjaksojen 3 ja 4 alku- (kuvio B) ja loppuhaastatteluissa (kuvio C).

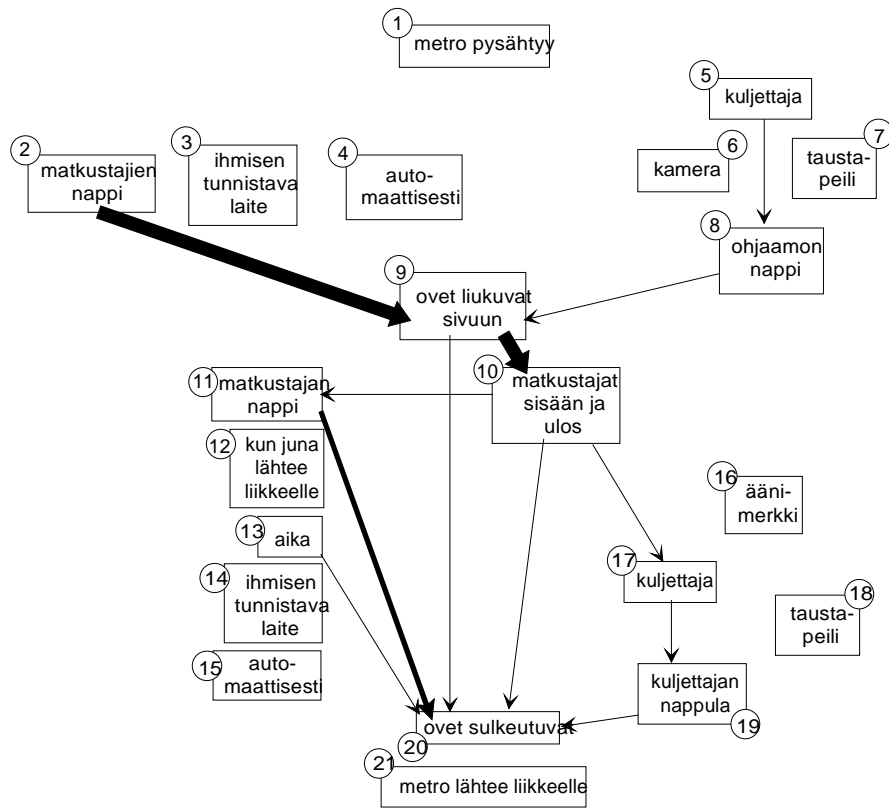
Kuvio A:



Kuvio B:



Kuvio C:

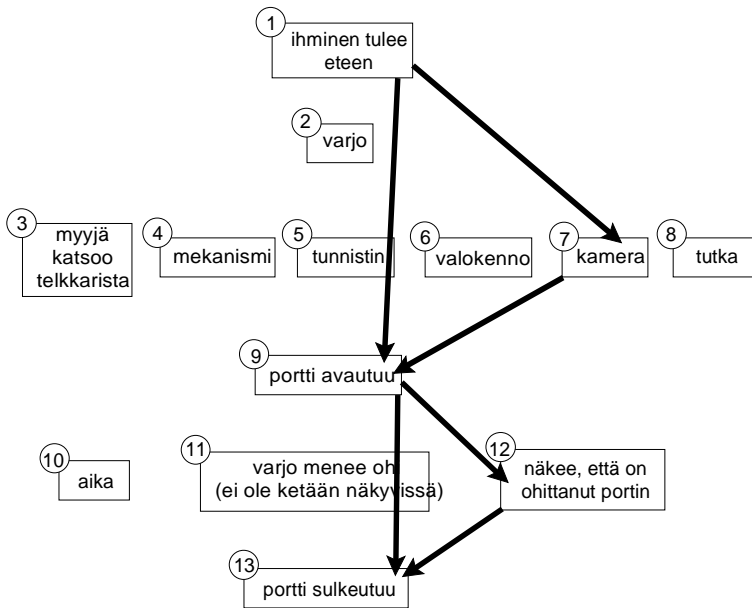


Yhteyksien lukumää

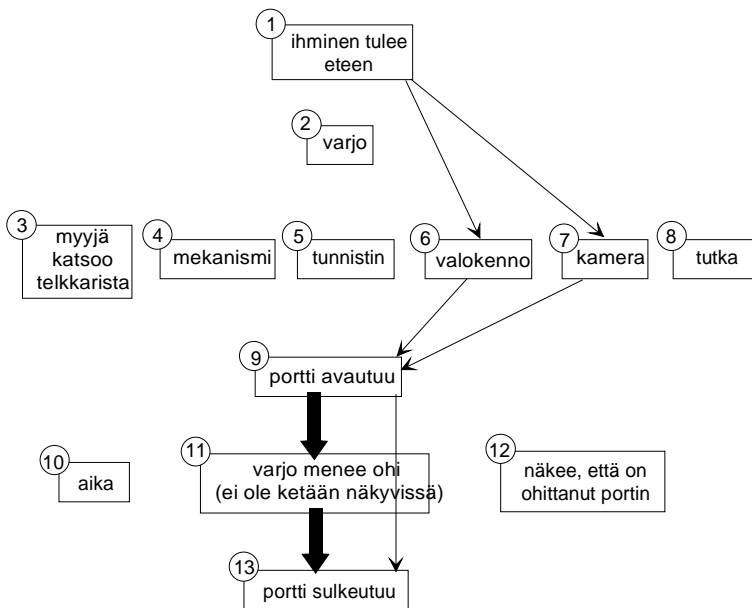
- 2 - 3
- 4 - 5
- 6 -

Liite 18. Kaupan porttien todellinen toiminta (kuvio A) sekä toiminnan selittäminen opetusjaksojen 3 ja 4 alku- (kuvio B) ja loppuhaastatteluissa (kuvio C).

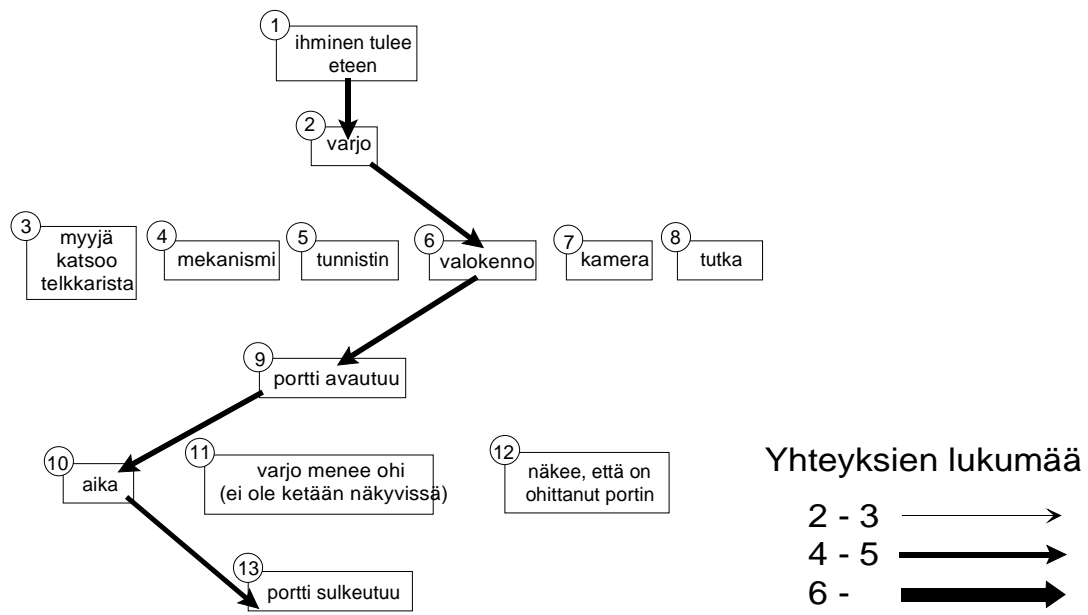
Kuvio A:



Kuvio B:



Kuvio C:



Liite 19. Haastatteluissa käytettyjen yhteyksien lukumäärien keskiarvot ja niiden erojen tilastollinen merkitsevyys.

Taulukko A (polkupyörä): t-tests for Paired Samples

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
PP_ALK pp-lkm	16	,395	,130	2,5000	1,033	,258
PP_LOP pp-lkm				3,0000	,816	,204
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	
-,5000	1,033	,258	-1,94	15	,072	
95% CI (-1,050; ,050)						

Taulukko B (metron ovet): t-test for Independent Samples of OJAKSO

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean	
A4_L3					
OJAKSO 4	10	3,2000	1,033	,327	
OJAKSO 3	10	3,8000	1,033	,327	
t-test for Equality of Means					
VariANCES	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	95% CI for Diff
Equal	-1,30	18	,210	,462	(-1,570; ,370)
Unequal	-1,30	18,00	,210	,462	(-1,570; ,370)

Taulukko C (kaupan portit): t-test for Independent Samples of OJAKSO

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean	
A3_L4					
OJAKSO 4	10	3,8000	1,619	,512	
OJAKSO 3	10	4,8000	3,084	,975	
t-test for Equality of Means					
VariANCES	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	95% CI for Diff
Equal	-,91	18	,376	1,102	(-3,314; 1,314)
Unequal	-,91	13,61	,380	1,102	(-3,369; 1,369)