

Katsaus

TIETOKONEAVUSTEISEN
YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN
mahdollisuuksiin

ERNO LEHTINEN, KAI HAKKARAINEN, LASSE LIPPONEN, MARJAANA RAHIKAINEN,
HANNI MUUKKONEN, MINNA LAKKALA & PIIALIISA LAINE

ISBN 951-718-510-3
ISSN 1237-1009
HELSINKI 2000
HELSINGFORS 2000

Helsingin kaupunki
opetusvirasto
PL 109
000531 Helsinki

KUVAILELULEHTI

Tekijä(t) ERNO LEHTINEN, KAI HAKKARAINEN, LASSE LIPPONEN, MARJAANA RAHIKAINEN, HANNI MUUKKONEN, MINNA LAKKALA & PIIALIISA LAINE

Nimike KATSAUS TIETOKONEAVUSTEISEN YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN MAHDOLLISUUKSIIN

JULKAISIJA	JULKAISUAIKA	SIVUMÄÄRÄ
------------	--------------	-----------

Helsingin kaupungin opetusvirasto	2000	82 s.
-----------------------------------	------	-------

SARJAN NIMIKE	OSANUMERO
---------------	-----------

Helsingin kaupungin opetusviraston julkaisusarja	A13:2000
Hesingsfors stads utbildningsverks publikationsserie	A13:2000

ISSN-NUMERO	ISBN-NUMERO	KIELI
-------------	-------------	-------

1237-1009	951-718-510-3	fin
-----------	---------------	-----

Tiivistelmä Tulevaisuudessa yksi suurimmista koulutukselle asetettavista haasteista on oppilaiden tukeminen niiden tietojen ja taitojen hankkimisessa, joita tarvitaan tulevaisuuden tietopainotteisessa yhteiskunnassa. Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen (Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) vaikuttaa lupaavalta menetelmältä oppimisen ja opetuksen kehittämiseen modernin tieto- ja viestintätekniiikan avulla. Oppimisen yhteisöllisyyttä käsittelevä tutkimus on viime vuosina pyrkinyt löytämään aikaisempaa syvällisemmän teoreettisen viitekehyksen teknologiapohjaisten oppimisympäristöjen kehittämiseksi. Tässä katsauksessa tarkastellaan niitä historiallisia ja teoreettisia lähtökohtia, jotka ovat varteenotettavia tulevaisuuden oppimisympäristöjä kehitettäessä, kuten yhteistoiminnallisen oppimisen traditio, tietokoneavusteisen ryhmätyön tutkimus sekä tietokoneavusteista yhteisöllistä oppimista koskevat tutkimustulokset.

Yhteistoiminnallisen oppimisen tutkimuksella on ollut suuri merkitys opetusikäntöjen muuttamisessa. Yhteistoiminnallisuuden (cooperation) ja yhteisöllisyyden (collaboration) käsitteiden erottaminen on yksi tärkeä näkökulma, joka tässä katsauksessa nostetaan esiin. Ero perustuu erilaisiin ajatuksiin yksittäisen jäsenen roolista ja osallistumisesta oppimisyhteisössä. Yhteistoiminnallinen työskentely perustuu työn jakamiseen osallistujien kesken, kun taas yhteisöllisen työskentelyn periaate korostaa osallistujien paneutumista vastavuoroiseen yhteisten ongelmien ratkomiseen.

Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen on saanut vaikutteita myös tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn (Computer-Supported Collaborative Work, CSCW) tutkimuksesta. Tutkimus on tuonut esiin monia seikkoja tietokoneympäristössä tehtävän työn yhteisöllisestä luonteesta. Tietokoneavusteinen ryhmätyöskentely perustuu

pääasiassa ryhmäohjelmistojen käyttöön. Nämä ovat sovelluksia, joiden avulla voi tehokkaasti koordinoita yrityksissä työskentelevien henkilöiden yhteistoimintaa. Kirjallisuudessa on innostuneesti puhuttu ryhmäohjelmistojen mahdollisuuksista lisätä yhteisöllisiä työtapoja, mutta empiiriset tutkimustulokset eivät täysin tue tällaisia odotuksia. Tietokoneavusteista ryhmätyötä koskevat haasteet ovat tärkeitä ottaa huomioon myös tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen työvälineitä suunniteltaessa.

Teknisesti hienostunut, kognitiivisten periaatteiden mukaan suunniteltu yhteisöllisen oppimisen ympäristö voi tukea sekä koko oppimisyhteisön tiedon tason kehittymistä että yksittäisen jäsenen ymmärryksen syvenemistä sosiaalisesti jaetussa päättelyprosessissa. Kaikki tutkivan työskentelyn elementit, kuten tavoitteiden asettaminen, kysymysten määrittely, selitysten tuottaminen ja tieteellisen tiedon etsintä voidaan jakaa osallistujien kesken. Sosiaalisesti jaettu prosessi tukee vahvasti osallistujien metakognitiivisten taitojen kehittymistä. Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen näyttäisi innostavan opiskelijoita osallistumaan pitkänkin aikaa syvenevään ongelman-ratkaisuprosessiin ja tarjoavan yhteisiä kognitiivisia resursseja ymmärtämisen arviointiin ja metakognitiivisiin toimintoihin.

Monet tutkimukset ovat osoittaneet, että hyvinkin erilaisia teknisiä sovelluksia voidaan käyttää yhteisöllisen ja jaetun oppimisen tukemiseen, kuten varsinaisia tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen verkkosovelluksia, erilaisia multimedia/hypermedia-sovelluksia tai kokeellisia simulaatioita. Tutkimus-kirjallisuudessa on paljon kuvauksia opetuskäyttöön suunnitelluista järjestelmistä. Myös paikallisverkot, yleiset tietoverkot ja globaali internet-verkko mahdollistavat lukuisten yhteisöllisyyttä tukevien välineiden käytön (mm. sähköposti, elektroniset ilmoitustaulut, neuvottelujärjestelmät tai ryhmäohjelmistot). Yhteisöllisyyden tukemisessa ei ole kuitenkaan ratkaisevaa pelkästään käytetty teknologia, vaan koko työskentelyn pedagoginen organisointi.

Laajat tietokoneiden käytön oppimisvaikutuksia käsitelleet meta-analyysit ovat osoittaneet, että useimmissa tutkimuksissa tekniikka on parantanut oppimistuloksia. Tutkimuksissa ei kuitenkaan ole eritelty sitä, miten tietokoneita on koululuokassa käytetty. Siksi on mahdollista tehdä johtopäätöksiä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tehokkuudesta näiden yleisten vaikutustutkimusten perusteella. Lukuisat empiiriset kokeet antavat kuitenkin viitteellistä evidenssiä sille, että tunnetut tietokoneavusteiset yhteisöllisen oppimisen ympäristöt, kuten CSILE tai Belvedere, ovat edistäneet korkeammantasoisia sosiaalista vuoro-vaikutusta ja siten johtaneet parempaan oppimiseen syvemmän ymmärryksen kautta.

Vaikka muutamana viime vuotena on julkaistu lukuisia artikkeleita koskien tietokoneavusteista yhteisöllistä oppimista, katsauksemme osoittaa, että kovin paljon ei löydy hyvin kontrolloituja kokeita, jotka voisivat vastata kysymykseen tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen laajemmasta käytettävyydestä tavallisessa koululuokassa tai tietokoneiden ja verkkojen antamasta lisäarvosta verrattuna yhteisölliseen oppimiseen ilman teknologiaa. Useimmat julkaisut kuvaavat tarkasti kokeiluissa käytettyjä järjestelmiä ja olosuhteita sekä oppilaiden keskusteluprosesseja, mutta eivät anna tietoa oppimistuloksista. Tämä johtuu osittain tämän alan tutkimustraditiossa vallitsevasta erilaisesta oppimista koskevasta teoreettisesta lähestymistavasta.

Vaikka tiedeyhteisössä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen periaatteita pidetään lupaavina tulevaisuuden oppimisympäristöjä suunniteltaessa, näin ei vielä ole kouluissa toimivien opettajien keskuudessa. Tämä johtuu osittain käsitteen uutuudesta, mutta se kuvaa

myös sitä, että tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen teoreettiset ja käytännölliset periaatteet ovat vielä liian kehittymättömiä, jotta niitä voisi laajasti käyttää konkreettisesti koulun uudistamisessa. Tarvitaan vielä paljon teoreettisesti perusteltua käytäntöjen ja välineiden kehitystyötä. Aikaisempien tutkimustulosten perusteella on syytä korostaa myös sitä, että on tarkkaan analysoitava, millä edellytyksillä teknologiapohjaisia pedagogisia innovaatioita voidaan soveltaa tavallisissa luokkatilanteissa.

Avainsanat tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen, yhteistoiminnallinen oppiminen, tietokoneavusteinen ryhmätyöskentely

Myynti Helsingin kaupungin opetusvirasto
Hämeentie 11 A, 00530 Helsinki, puh. (09) 310 86400

Hinta 100 mk + alv

Helsingfors stad
utbildningsverket
PB 109
000531 Helsingfors

Författare ERNO LEHTINEN, KAI HAKKARAINEN, LASSE LIPPONEN,
MARJAANA RAHIKAINEN, HANNI MUUKKONEN, MINNA LAKKALA &
PIIALIISA LAINE

Titel KATSAUS TIETOKONEAVUSTEISEN YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN MAH-
DOLLISUUKSIIN (ÖVERSIKT ÖVER MÖJLIGHETERNA FÖR DATORSTÖDD
INLÄRNING I GRUPP)

UTGIVARE	UTGIVNINGÅR	SIDANTAL
Helsingfors stads utbildningsverks	2000	82

SERIEN TITEL	DELNUMMER
Helsingin kaupungin opetusviraston julkaisusarja	A13: 2000
Helsingfors stads utbildningsverks publikationsserie	A13:2000

ISSN-NUMMER	ISBN-NUMMER	SPRÅK
1237-1009	951-718-510-3	fin

Sammandrag En av de största framtida utmaningarna är att stöda eleverna i att inhämta de kunskaper och färdigheter som behövs i framtidens datorinriktade samhälle. Datorstödd inläring i grupp (Computer Supported Collaborative Learning, CSCL) verkar vara en lovande metod för att utveckla inläring och undervisning med hjälp av modern data- och kommunikationsteknik. Den forskning som behandlar inläring i grupp har under de senaste åren strävat efter att finna en djupare teoretisk referensram för utvecklingen av teknologibaserade inlärningsmiljöer. Denna översikt granskar de historiska och teoretiska utgångspunkter som bör beaktas då framtidens inlärningsmiljöer utvecklas, som t.ex. traditionen att lära sig i samarbete, studier av datorstött grupparbete samt forskningsresultat gällande datorstödd inläring i grupp.

Studiet av inläring i samarbete har varit av stor betydelse då undervisningsförfarandena förändrats. Distinktionerna mellan begreppen samarbete (cooperation) och grupparbete (collaboration) är en viktig synvinkel som lyfts fram i denna översikt. Skillnaden baserar sig på olikartade tankar om den enskilda medlemmens roll och deltagande i inläringsgemenskapen. Samarbete baserar sig på att arbetet fördelas mellan deltagarna, medan principen för arbete i grupp betonar att deltagarna koncentrerar sig på att i inbördes växelverkan lösa gemensamma problem.

Datorstödd inläring i grupp har också fått influenser av forskningen om datorstött grupparbete (Computer-Supported Collaborative Work, CSCW). Forskningen har lyft fram många aspekter på gruppkaraktern hos det arbete som görs i datormiljö. Datorstött grupparbete baserar sig huvudsakligen på användningen av grupprogramvara. Dessa är

tillämpningar med vars hjälp man effektivt kan koordinera samarbetet mellan personer som arbetar i olika företag. Litteraturen har med entusiasm talat om att grupprogramvaran kan medföra nya metoder för arbete i grupp, men empiriska forskningsresultat stöder inte helt dessa förväntningar. Det är viktigt utmaningarna för datorstött grupparbete beaktas också då man planerar redskap för datorstödd inläring i grupp.

En tekniskt högtstående enligt kognitiva principer planerad miljö för inläring i grupp kan stöda både en utveckling av hela inläringsgemenskapens kunskapsnivå och en fördjupning av den enskilda medlemmens förståelse i den socialt indelade slutledningsprocessen. Alla element i det undersökande arbetet, som t.ex. att uppställa mål, definiera frågor, producera förklaringar och söka vetenskaplig information kan delas mellan deltagarna. Den socialt indelade processen ger ett stabilt stöd för utvecklingen av deltagarnas metakognitiva färdigheter. Datorstödd inläring i grupp verkar att entusiasmera eleverna att t.o.m. över en lång tid delta i allt mer fördjupade problemlösningsprocesser och erbjuda gemensamma kognitiva resurser för utvärderingen av förståelse och för metakognitiva funktioner.

Många studier har visat att mycket olikartade tekniska tillämpningar kan användas för stöd av inläring i grupp och delad inläring, som t.ex. egentliga nätverkstillämpningar för datorstödd inläring i grupp, olika multimedia/hypermediatillämpningar eller experimentella simulationer. Också lokala nätverk, allmänna nätverk och det globala nätverket Internet möjliggör användningen av ett flertal redskap som stöder samverkan (t.ex. e-post, elektroniska anslagstavlor, konferenssystem och program för arbete i grupp). Då inläringen i grupp understöds är det inte enbart teknologin som är avgörande utan hela den pedagogiska organiseringen av arbetet.

Omfattande metaanalyser av inlärningsverkningsarna av datoranvändning har visat att tekniken, enligt de flesta undersökningar, har förbättrat inlärningsresultaten. Undersökningarna har emellertid inte särskilt hur datorer har använts i skolklassen. Därför är det omöjligt att utgående från dessa allmänna undersökningar dra slutsatser om effektiviteten av datorstödd inläring i grupp. Otaliga empiriska undersökningar har emellertid gett riktgivande tecken på att kända datorstödda miljöer för inläring i grupp, t.ex. CSILE eller Belvedere, har främjat social växelverkan på högre nivå och sålunda via en djupare förståelse lett till en bättre inläring.

Också om det under de senaste åren har publicerats ett flertal artiklar om datorstödd inläring i grupp visar vår översikt att det inte finns så många välgjorda kontrollerade försök som kunde ge svar på frågan om mera omfattande användning av datorstödd inläring i grupp i en vanlig skolklass, eller om det tilläggsvärde som datorer och nätverk ger i jämförelse med inläring i en grupp utan teknologi. De flesta publikationer beskriver noggrant de system som använts och de förhållanden som har rått under försöken samt elevernas diskussionsprocesser, men de ger inte information om inlärningsresultaten. Detta beror delvis på de inläringsteoretiska metoder som råder i forskningstraditionen på detta område.

Fastän forskarna anser att principerna för datorstödd inläring i grupp är lovande då framtidens inläringsmiljöer planeras, är de lärare som arbetar i skolorna ännu inte av samma åsikt. Detta beror delvis på att begreppet är så nytt, men det avspeglar också det faktum att de teoretiska och praktiska principerna för datorstödd inläring i grupp fortfarande är för outvecklade för att man skall kunna använda dem på ett omfattande och

konkret sätt då skolan reformeras. Det behövs fortfarande mycket teoretiskt utvecklingsarbete gällande praktik och redskap. Utgående från tidigare forskningsresultat är det skäl att betona att man noggrant måste analysera förutsättningarna för hur teknologibaserade pedagogiska innovationer kan tillämpas i vanliga klassituationer.

Sisällysluettelo

JOHDANTO.....	10
TIETOKONEAVUSTEISEN RYHMÄTYÖSKENTELYN TUTKIMUS.....	12
YHTEISTOIMINNALLISEN OPPIMISEN TUTKIMUS	16
<i>Motivationale selitysmalli</i>	17
<i>Sosiaalisen kiinteyden selitysmalli.....</i>	17
<i>Kehityksellinen selitysmalli.....</i>	19
<i>Kognitiivisen ponnistelun selitysmalli</i>	19
YHTEISTOIMINNALLISESTA OPPIMISESTA YHTEISÖLLISEEN TUTKIVAAN OPPIMISEEN JA TIEDONRAKENTELUUN	20
TIETOKONEAVUSTEISEN YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN TUTKIMUS: KATSAUS UUSIMPAAN KIRJALLISUUTEEN	29
YHTEISÖLLISEN TYÖSKENTELYN VÄLINEET	29
<i>Paikalliset työasemasovellukset ilman tietoverkkoa (vuorovaikutus tietokoneen ääressä).....</i>	30
<i>Verkkopohjaiset yhteisöllisen oppimisen työvälineet (tietokoneen välityksellä työskentely).....</i>	34
TIETOKONEAVUSTEISEN YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN VAIKUTUS OPPIMISTULOKSIIN..	41
TIETOKONEAVUSTEISEN YHTEISÖLLISEN OPPIMISEN KEHITTYMINEN: KATSAUS HYVIIN KÄYTÄNTÖIHIN.....	47
COMPUTER-SUPPORTED INTENTIONAL LEARNING - CSILE.....	47
BELVEDERE.....	51
COVIS.....	55
FLE - FUTURE LEARNING ENVIRONMENT	57
WORKMATES	60
JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
LÄHTEET	66

Johdanto

Tulevaisuudessa yksi suurimmista koulutukselle asetettavista haasteista on tukea oppijoita niiden tietojen ja taitojen hankkimisessa, joita tarvitaan verkottuneessa tietoyhteiskunnassa, jossa tieto on sosiaalisen ja taloudellisen kehityksen tärkein edellytys. Koulutusjärjestelmän on löydettävä uusia pedagogisia menetelmiä, jotta se pystyisi vastaamaan näihin haasteisiin. Yleisesti ajatellaan, että tietokoneilla on merkittävä rooli tulevaisuuden pedagogisia ratkaisuja suunniteltaessa. Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen (Computer Supported Collaborative Learning; CSCL) on yksi lupaavimmista menetelmistä oppimisen ja opettamisen kehittämiseen modernin tieto- ja viestintätekniiikan avulla. Tässä katsauksessa, joka on käännetty ja osittain muokattu vastaavasta englanninkielisestä julkaisusta (Lehtinen ja kumpp., 1999), tarkastellaan tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen lähtökohtia ja tutkimustuloksia.

Vielä 80-luvun loppupuolella suurin osa tietokoneavusteisen oppimisen tutkimuksista perustui ns. yksilöoppimisen malliin, jossa keskeisimpänä syynä tietokoneiden käyttöön nähtiin mahdollisuus oppimisprosessin yksilöllistämiseen. Erityisesti ohjelmoidun opetuksen ideaan pohjautuva tietokoneavusteinen opetus (Computer Aided Instruction, CAI), mutta myös monet konstruktivistiseen ajatteluun perustuvat oppimisympäristöt painottivat oppimisen yksilöllisyyttä (Crook, 1994). Sosiaalisen vuorovaikutuksen huomiotta jättäminen tietokoneavusteisten oppimisympäristöjen suunnittelussa oli seikka, joka jo tuolloin askarrutti monia tutkijoita (Baker, 1985; Cuban, 1986; Hawkins, Sheingold, Gearhart & Berger, 1982; Isenberg, 1992; Kreuger, Karger & Barwick, 1989; Turkle, 1984).

Viimeisen kymmenen vuoden aikana tilanne on muuttunut ratkaisevasti. Suurin osa uusimmasta tieto- ja viestintätekniiikan opetuskäyttöä koskevasta tutkimuksesta käsittelee ainakin jollain tavalla tekniikan mahdollisuuksia sosiaalisen vuorovaikutuksen edistämiseen opettajan ja oppilaiden välillä sekä oppilaiden kesken. Sosiaalista vuorovaikutusta on alettu yhä enemmän huomioida kehiteltäessä järjestelmiä, joissa useat henkilöt työskentelevät samanaikaisesti eri työpisteissä (ks. Vosniadou ja kumpp., 1996).

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen taustalla on historiallisesti kaksi tutkimustraditiota. Ensinnäkin yhteistoiminnallisen oppimisen (co-operative learning) tutkimuksella on ollut voimakas vaikutus oppimiskäytäntöjen muuttumiseen jo vuosisadan alusta lähtien. Slavinin (1997; ks. myös Damon & Phelps, 1989) mukaan yhteistoiminnallisen oppimisen tutkimusta voidaan pitää yhtenä suurimmista menestystarinoista koko oppimistutkimuksen historiassa. Aiheen tutkimus kehittyi sekä määrällisesti että laadullisesti 1970-luvun alussa, ja nykyään se on yksi nopeimmin kasvavista oppimistutkimuksen alueista. Lukuisissa tutkimuksissa on verrattu yhteistoiminnallista oppimista perinteiseen opettajakeskeiseen opiskeluun, ja havaittujen oppimistulosten taustalla vaikuttavista mekanismeista on esitetty useita teorioita.

Monet tutkijat ovat kuitenkin yhtä mieltä siitä, että on mielekästä erottaa toisistaan yhteistoiminnan (cooperation) ja yhteisöllisyyden (collaboration) käsitteet (Dillenbourg ja kumpp., 1996; Roschelle & Teasley, painossa). Ero liittyy käsitteiden erilaisuuteen koskien yksittäisen jäsenen roolia ja osallistumista oppimisyhteisössä. Yhteistoiminnallisessa ryhmässä tehtävät jaetaan osallistujien kesken ja jokainen jäsen on vastuussa vain omasta osuudestaan ongelmanratkaisuprosessissa. Yhteisöllisyys puolestaan edellyttää jokaisen osallistujan vastavuoroista panostusta ryhmän yhteiseen pyrkimykseen ratkaista ongelma.

Toinen alue, josta tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen kehittyminen on saanut vaikutteita, on tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn (Computer-Supported Collaborative Work, CSCW) tutkimus. Tämä tutkimus on tuonut esiin monia seikkoja tietokoneympäristössä tehtävän työn yhteisöllisestä luonteesta (Baskerville & al. 1995; Tuomisto, 1994). Jotkut tietokoneavusteisissa yhteisöllisissä oppimisympäristöissä käytettävistä teoreettisista ideoista ja välineistä on alun perin kehitetty modernin työelämän tarpeisiin.

Seuraavaksi on lyhyt yhteenveto niistä yhteisöllistä ryhmätyöskentelyä ja yhteistoiminnallista oppimista koskevista tutkimustuloksista, jotka ovat osoittautuneet merkityksellisiksi tietokoneavusteisia yhteisöllisiä oppimisympäristöjä kehitettäessä.

Tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn tutkimus

Yleisesti uskotaan, että yrityksissä tehtävä työ on yhä enenevässä määrin luonteeltaan ryhmissä tapahtuvaa tiimityöskentelyä. Ainakin kahdentyypisiä väitteitä on esitetty yhteisöllisen työskentelyn puolesta. Organisaatioteorian näkökulmasta yhteisöllisyys "on periaatteellista yhdessä työskentelyä, joka synnyttää luottamusta, yhtenäisyyttä ja läpimurtotuloksia todellisen yksimielisyyden, sitoutumisen ja ryhmäytymisen kautta" (Marshall, 1995). Jaetun asiantuntijuuden näkökulma puolestaan painottaa enemmän modernin työn asettamia kognitiivisia vaatimuksia, jotka edellyttävät eri alojen asiantuntijoiden verkostoitumista, jotta ongelmien ratkominen onnistuisi (Engeström ja kumpp., 1997). Schrage (1990) esimerkiksi määrittelee yhteisöllisyyden "yhteisen luomisen prosessina: kaksi tai useampi yksilö, joilla on toinen toistaan täydentävää osaamista, työskentelee saavuttaakseen yhteisen ymmärryksen" (s. 40). Hajautetun ja jaetun asiantuntijuuden näkökulmat painottavat, että yhteisen ymmärryksen syntyminen edellyttää yhteistä työskentelyavaruutta. Yhteinen työskentelyavaruus toimii viitekehystenä, joka tarjoaa ympäristön yhteisölliselle toiminnalle. Onnistunut yhteisöllinen työskentely edellyttää myös yhteisöllistä kulttuuria, tukena olevaa johtoa, yhteistä visiota, ryhmäprosesseja ja tiedonhallintajärjestelmiä.

Tietokoneavusteinen ryhmätyöskentely (Computer-Supported Collaborative Work, CSCW) perustuu pääasiassa ryhmäohjelmistojen ("groupware") käyttöön. Nämä ovat sovelluksia, joiden avulla voi tehokkaasti koordinoita yrityksissä yhdessä työskentelevien henkilöiden yhteistoimintaa. On esitetty, että ryhmäohjelmiston käyttö lisää yksilöiden yhteistyötä osaksi sen vuoksi, että se tarjoaa verkotetun työskentelyavaruuden yhteisen ymmärryksen kehittämiseksi ja mahdollistaa avainkäsitteiden ja ydinasioiden hahmottelun yhteisesti. Groupware-käsite on melko uusi, se on ensimmäisen kerran esiintynyt vuonna 1978. Colemanin (1997) mukaan termistä on käytetty seuraavia määritelmiä:

- Suunnitelmalliset ryhmäprosessit ja niitä tukeva ohjelmisto (Peter ja Trudy Johnson-Lenz)
- Rinnakkain kehittyvä ihminen-väline-järjestelmä (Doug Englebart)
- Tietokonevälitteinen yhteistyö, joka lisää yksilöidenvälisen prosessien tuottavuutta ja toimivuutta (David Coleman)

Useimmissa ryhmäohjelmistoissa (esim. Lotus Notes®, Teamware®, Teamfocus®) on toisaalta keskustelutietokanta, toisaalta ne toimivat sovelluskehittiminä, joilla voi rakentaa kehittyneempiä tietokanta- tai asianhallintasovelluksia. Ne mahdollistavat saman- ja eriaikaisen (synkronisen ja asynkronisen) yhteistyöskentelyn vuorovaikutteisessa elektronisessa tilassa, jonka rakenne edesauttaa tiedon jakamista, organisoimista ja etsimistä (Vandenbosch & Ginzberg, 1996/97). Pääteuvottelu, videoneuvottelu, yhteisten asiakirjojen käsittelymahdollisuus, sähköposti ja sähköiset ilmoitustaulut, neuvottelujärjestelmät, äänisovellukset, asianhallintajärjestelmät ja ryhmäkalenterisovellukset ovat tyypillisiä esimerkkejä ryhmätyöohjelmista (Grudin, 1991). Tyypillisten ominaisuuksien lisäksi eri sovellukset tarjoavat käyttäjilleen muita lisätyövälineitä ja toimintoja:

Esimerkiksi Lotus Notes® mahdollistaa tekstiasiakirjojen muuntamisen tietokannoiksi liittämällä eri aiheet kokonaisuuksiksi, joita voidaan etsiä ja indeksoida ilman tavallisiin tietokantoihin liittyviä kenttäpituuksien rajoituksia. Tämän lisäksi Lotus Notes® integroi asiakirjatietokannat sähköpostiin: sähköpostiviestit voidaan lähettää edelleen tietokantaan, ja tietokannassa oleva teksti voidaan lähettää sähköpostiviestinä. Tällaiset perusominaisuudet tukevat yksilöiden ja ryhmien välisen sujuvan vuorovaikutuksen muodostumista. Tietokanta-aineisto on Notesissa organisoitu luokittelemalla aiheet hierarkkisesti. Keskusteluaiheilla voi olla myös osaihteita, mikä näkyy tietokannassa otsikoina ja alaotsikoina (Schlack, 1991).

Toinen esimerkki ryhmäohjelmista on ICL:n Teamware®, joka koostuu erilaisista moduleista:

- Teamware Mail, sähköposti, joka mahdollistaa erilaisten sähkö-postiprotokollien ja joustavien postikansiorakenteiden käytön sekä tarjoaa ohjelmitavan käyttöliittymän postipalveluihin.
- Forum, sähköinen ilmoitustaulu. Keskusteluja voidaan jatkaa, jäsenellä ja lopettaa.
- Library, asiakirjojen hallintajärjestelmä sähköisten dokumenttien tallentamiseen ja hakemiseen.
- Calendar, ajanhallinnan työkalu, joka auttaa käyttäjiä ajankäytön organisoimisessa, tapaamisten suunnittelussa ja yhteisten resurssien varaamisessa. (Coleman, 1997)

Kirjallisuudessa on innostuneesti puhuttu ryhmäohjelmistojen mahdollisuuksista lisätä yhteisöllisiä työtapoja yrityksissä avoimeen ideoiden vaihtoon rohkaisevien yhteisten tietokantojen kautta (ks. Vandenbosch, Ginzberg, 1996/97; Coleman, 1997; Hiltz &

Turoff, 1993). Hiltz ja Turoff (1993) havaitsivat tutkimuksissaan, että tietokoneväli-
teisen viestintäjärjestelmän käyttäjien sosiaalinen verkottuminen lisääntyi huomatta-
vasti. He havaitsivat käyttäjissä myös taipumusta tasapuolisempaan osallistumiseen ja
runsaampaan mielipiteiden vaihtoon.

Empiiriset tutkimustulokset eivät kuitenkaan täysin tue edellä mainittuja odotuksia
(Davenport, 1996). Orlikowski (1992) havaitsi tutkimuksissaan, että yrityskulttuurilla
ja työntekijöiden teknologisen tietämyksen tasolla on vaikutusta siihen, miten ryhmä-
ohjelmisto vaikuttaa ryhmän jäsenten väliseen yhteistyöhön. Jos käyttäjillä ei ole riit-
tävää näkemystä siitä, miten ryhmäohjelmisto eroaa perinteisistä työvälineohjelmista
(esim. taulukkolaskennasta tai sähköpostista), se estää heitä hyödyntämästä uuden
teknologian todellisia mahdollisuuksia. Jonathan Grudin (1991) esittää joukon haas-
teita, joihin ryhmäohjelmien suunnittelijoiden olisi kyettävä vastaamaan. Alla esitetyt
haasteet ovat olennaisia myös tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen työvälinei-
tä suunniteltaessa:

- (a) *Ristiriita sen välillä, kuka tekee työn ja kuka siitä hyötyy.* Ryhmän jäsenet eivät voi koskaan hyötyä täysin tasapuolisesti ryhmäohjelmistosta. Hyödyt ja haitat riippuvat mieltymyksistä, aikaisemmasta kokemuksesta, rooleista ja sitoumuksista. Vaikka ryhmäohjelmiston oletetaan olevan yleishyödyllinen, täytyy joidenkin ryhmän jäsenten sopeutua enemmän kuin toisten. Ihannetilanteessa jokainen hyötyy, vaikka toiset hyötyvät enemmän. Tätä ihannetta harvoin kuitenkaan saavutetaan. Useimmat ryhmäohjelmistot edellyttävät, että jotkut tekevät ylimääräistä työtä tuottaakseen ja käyttäkkeen tietoa, jota järjestelmä vaatii tai tarjoaa.
- (b) *Kriittinen käyttäjien määrä.* Ryhmäohjelmistot ovat käyttökelpoisia vain, jos suurin osa ryhmän jäsenistä käyttää sitä. Eri henkilöt voivat valita käytettäväkseen eri tekstinkäsittelyohjelman, mutta samaa asiakirjaa kirjoittavien on valittava sama asiakirjojen yhteiskäyttötyökalu. "Kriittisen" käyttäjämäärän saavuttaminen on välttämätöntä vuorovaikutusjärjestelmille. Jopa yhden tai kahden henkilön poisjääminen voi aiheuttaa ongelmia tapaamisten suunnittelussa, päätöksenteossa tai projektienhallinnassa. Jopa ihannetilanteessa, jossa jokainen ryhmän jäsen hyötyisi kun kriittinen käyttäjämäärä on saavutettu, nopeat käyttöönottajat saattavat luopua järjestelmän käytöstä ennen kuin kriittinen käyttäjämäärä on saavutettu.
- (c) *Sosiaaliset ja motivationaaliset tekijät.* Ryhmäohjelmiston käyttöönottoa voidaan vastustaa, jos se häiritsee ryhmälle tyypillistä herkkää ja monimutkaista sosiaalista dynamiikkaa. Tietokone sopii parhaiten eksplisiittisen, konkreetin tiedon käsittelyyn. Ryhmätyöskentelylle ovat kuitenkin tyypillisiä sosiaaliset, motivationaaliset, poliittiset ja taloudelliset piirteet,

jotka ovat harvoin selkeitä tai pysyviä. Tekomme ovat usein tiedostamattomasti sosiaalisten tottumusten ohjaamia ja riippuvaisia niistä käsityksistä, joita meillä on ympärillämme olevien ihmisten persoonallisuuksista. Tällaista tietoa ei voi välittää tietokoneella.

- (d) *Poikkeustapausten käsittely.* Työprosesseja voidaan tavallisesti kuvailla kahdella tavalla: se, miten asioiden oletetaan sujuvan ja se, miten ne todellisuudessa sujuvat. Ohjelmisto, joka on suunniteltu malliprosessien tukemiseen, voi olla käytännössä joustamaton. Tämä voi johtaa toiminnan hamaantumiseen, kun "toimitaan ohjeiden mukaan" tai "noudatetaan sääntöjä kirjaimellisesti"; tämä pitäisi ottaa huomioon ryhmäohjelmistoissa. Ihmisen toiminnalle on tyypillistä monipuolinen virhetilanteiden ja poikkeustapausten hallinta sekä improvisointi. Ihmiset tietävät, milloin "lain henki" menee "lain kirjaimen" edelle.
- (e) *Harvoin käytettävien toimintojen suunnittelu.* Yleensä liioittemme niiden asioiden ja tapahtumien merkitystä ja yleisyyttä, joihin itse keskitymme. Itse asiassa useiden organisaatioiden rakenne on järjestetty ja velvollisuudet jaettu niin, että vuorovaikutustarpeet ja sosiaaliset riippuvuus-suhteet voitaisiin *minimoida*. Kuten yleisesti tiedetään, koon kasvu voi johtaa tehokkuuden vähenemiseen, koska se lisää kommunikaation ja koordinoinnin kustannuksia. Työnteolle tärkeitä sosiaalisia elementtejä pitäisi tukea, mutta tosiasiasa näitä ryhmäohjelmiston ominaisuuksia saatetaan käyttää harvemmin kuin monia yksilöllistä toimintaa tukevia ominaisuuksia.

Tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn toteuttamisessa ilmenevät ongelmat eivät aina ole lähtöisin käytetyn ryhmätyöohjelmiston puutteista. Orlikowski (1992) väittää, että yrityskulttuurien pohjimmiltaan kilpailuhenkinen luonne rajoittaa kiinnostusta hyödyntää teknologiaa yhteistoimintaan. Katsauksessaan tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn kenttätutkimuksista Kiely (1993) päätteli, että ryhmäohjelmistojen käyttö edistää yhteistyötä vain yrityksissä, joilla on jo valmiiksi yhteisöllisyyttä tukeva kulttuuri.

Katsauksessaan ryhmäohjelmien vaikuttavuudesta Vandenbosch ja Ginzberg (1996/97) tulivat siihen johtopäätökseen, että tämä teknologia voi edistää yhteisöllisyyttä yrityksissä jos: (1) organisaation jäsenillä on tarve tehdä yhteistyötä; (2) käyttäjät osaavat käyttää teknologiaa ja ymmärtävät, miten se voi edistää yhteistyötä; (3) yritys tarjoaa asianmukaista tukea teknologian käytön oppimiseen ja jatkuvaan käyttöön sekä (4) yrityskulttuuri tukee yhteisöllisyyttä. Lotus Notes® ja vastaavat järjestelmät tulevat todennäköisesti kehittymään tärkeäksi osaksi ryhmätyöteknologiaa. Tämä ei kuitenkaan taianomaisesti johda siihen, että organisaatiot muuttuvat kilpailu-

henkisten yksinäisten toimijoiden muodostamasta kokonaisuudesta yhteistyötä tekevien jäsenten ryhmiksi. Ilman huolellista käyttöönoton ja sen aiheuttamien muutosten suunnittelua tietokoneavusteisen yhteisöllisen järjestelmän vaikutukset jäävät todennäköisesti vähäisiksi. Yhteisöllisen teknologian onnistunut käyttöönotto edellyttää ensinnäkin, että sen soveltuvuus organisaatioon arvioidaan huolellisesti, ja toiseksi hyvin suunniteltua koulutusohjelmaa, jonka kautta uusi tekniikka ja sen mahdollisuudet esitellään yhteisön jäsenille (Vandenbosch & Ginzberg, 1996/97).

Yhteistoiminnallisen oppimisen tutkimus

Kuten johdannossa mainittiin, yhteistoiminnallisen oppimisen (co-operative learning) tutkimus on vaikuttanut voimakkaasti oppimiskäytäntöihin 1900-luvulla. Yhteistoiminnallisella tai ryhmäoppimisella tarkoitetaan opetusmenetelmiä, joissa oppilaita rohkaistaan työskentelemään yhdessä oppimistehtävien suorittamiseksi.

Sekä kenttä- että laboratoriotutkimuksia yhteistoiminnallisen oppimisen vaikutuksista oppimistuloksiin on tehty lähes kaikilla sisältöalueilla ja luokka-asteilla. Näiden tutkimusten perusteella tutkijat ovat entistä yksimielisempiä yhteistoiminnallisen oppimisen positiivisista vaikutuksista oppilaiden suoriutumiseen (Slavin, 1997; 1995). Edelleen on kuitenkin paljon avoimia kysymyksiä ja eriäviä mielipiteitä siitä, miksi yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmät vaikuttavat oppimiseen ja erityisesti, millä ehdoilla nämä vaikutukset toteutuvat (Slavin, 1997; Webb & Palincsar, 1996).

Tutkijat ovat laajasti samaa mieltä siitä, että on tärkeää tehdä ero yhteistoiminnallisen oppimisen ja perinteisen ”suoran tiedonsiirron” mallien välillä. Jälkimmäisessä opettajan oletetaan toimivan tietojen ja taitojen jakajana. Päinvastoin kuin opettajakeskeiset mallit, yhteistoiminnallisen oppimisen periaatteet pohjautuvat oppilaskeskeisyyden ideaan, jossa oppilas nähdään aktiivisena tiedon tuottamisen osapuolena. Yhteistoiminnallisissa ryhmissä tapahtuva keskustelu, erilaisten näkökulmien esiin tuominen ja argumentointi saattavat osaltaan selittää sitä, miksi yhteistoiminnalliset ryhmät tukevat kognitiivista kehitystä paremmin kuin yksilöllinen työskentely (Harasim, 1997).

Tutkijat eivät ole kuitenkaan täysin yksimielisiä yhteistoiminnallisen oppimisen erilaisista käytännöllisistä ja teoreettisista tulkinnoista (Damon & Phelps, 1989; Slavin, 1992). Jotkut tutkijat esimerkiksi painottavat yhteistoiminnallisen oppimisen vaikutuksia oppilaan motivaatioon, toiset taas ovat sitä mieltä, että muutokset tehtävien rakenteessa riittävät sinällään tehostamaan oppimista. Koska yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmien käyttö muuttaa monia asioita sekä motivaation että tehtäväraakenteen osalta, on vaikeaa löytää yhtä ainoaa teoreettista selitystä oppimistuloksissa havaittuihin muutoksiin.

Slavin (1997) on esittänyt neljä teoreettista lähestymistapaa selittämään yhteistoiminnallisen oppimisen vaikutuksia oppimistuloksiin: motivationaalisen (motivational), sosiaalisen yhteenkuuluvuuden (social cohesion), kehityksellisen (developmental) ja kognitiivisen ponnistelun (cognitive elaboration) selitysmallit.

Motivatioaalinen selitysmalli

Motivatioaaliset selitykset keskittyvät ensisijaisesti oppilaiden työskentelyä ohjaviin palkkioihin ja tavoitteisiin. Lähestymistavan mukaan yhteistoiminnallinen kannustusjärjestelmä luo tilanteen, jossa yksilölliset päämäärät on mahdollista saavuttaa vain, jos myös ryhmän muut jäsenet onnistuvat. Näin ollen ryhmän jäsenten on sekä autettava toisiaan kaikessa, mikä edesauttaa ryhmän onnistumista, että rohkaistava tovereitaan yrittämään parhaansa. Yhteistoiminnallisen oppimisen käytännön sovellukset peruskoulun ala- ja yläasteella tukevat motivationaalisen selitysmallin ajatusta siitä, että koko ryhmälle kohdistuvat palkkiot ovat olennaisia yhteistoiminnallisen oppimisen vaikuttavuuden kannalta. 64:stä yhteistoiminnallisen oppimisen menetelmiin kohdistuneesta tutkimuksesta, joissa käytettiin ryhmäpalkintoja, 50:ssä (78%) havaittiin merkitsevästi positiivisia vaikutuksia oppimistuloksiin, ja yhdessäkään ei negatiivisia (Slavin, 1995).

Sosiaalisen kiinteyden selitysmalli

Tämä teoreettinen selitysmalli liittyy osittain motivationaalisiin näkemyksiin. Sen mukaan yhteistoiminnallisen oppimisen vaikutusta suoriutumiseen säätelee ensisijai-

sesti ryhmän kiinteyden aste. Myös tämä lähestymistapa painottaa ensisijaisesti motivationaalisia eikä kognitiivisia selityksiä yhteistoiminnallisen oppimisen opetuksellista tehokkuutta selitettäessä. Ero motivationaaliseen selitysmalliin on kuitenkin oleellinen. Motivationaalinen teoria painottaa ulkoista palkitsevuutta: oppilaat auttavat tovereitaan, koska se on heidän omien etujensa mukaista. Sosiaalisen kiinteyden teoreetikot sitä vastoin painottavat sitä, että oppilaat auttavat toisiaan oppimisessa, koska he välittävät ryhmästä (Slavin, 1997).

Sosiaalisen kiinteyden selityksissä painotetaan yhteistoimintaa valmistelevia ryhmänmuodostuksen toimenpiteitä sekä ryhmän itsearviointia ulkoisten kannustinten ja yksilönvastuun sijaan. Tunnettu sovellus tästä teoriasta on Aronsonin (Aronson ja kumpp., 1978) palapelitekniikka, jossa oppilaat keskittyvät eri aihekokonaisuuksiin ns. asiantuntijaryhmissä, minkä jälkeen he opettavat toisiaan ryhmissä, joissa on asiantuntija kultakin aihealueelta. Teoreettinen idea palapelitekniikan taustalla on riippuvuuden luominen ryhmän jäsenten välille sosiaalisen yhteenkuuluvuuden syntymistä edesauttavalla tavalla. Samanlaisen menetelmän ovat kehittäneet myös Johnson ja Johnson (1992), joiden ideoita on sovellettu Brownin ja Campionen (1994; 1996) Fostering community of learners (FCL) -nimisessä opetusohjelmassa. Brownin ja Campionen menetelmä, joka sisältää palapelitekniikan lisäksi monia muita innovatiiviselle oppimisympäristölle tyypillisiä piirteitä, on osoittautunut tehokkaaksi erityisesti yrityksissä edistää oppilaiden korkeammantasoisista oppimista.

Samoin ei kuitenkaan ole käynyt kaikissa muissa sosiaalisen kiinteyden teoriaan perustuvissa tutkimuksissa. Slavinin (1995) tekemän katsauksen mukaan palapelitekniikan soveltamista koskevissa tutkimuksissa ei yleensä ole havaittu positiivisia vaikutuksia oppilaiden suorituksiin. Palapelitekniikan tyypilliseksi ongelmaksi on osoittautunut se, että oppilaat eivät välttämättä kuitenkaan perehdy muuta kuin siihen materiaaliin, jonka opiskelevat itse. Tosin jotkut erittäin hyvin toteutetut menetelmän sovellukset osoittavat, että tämä ongelma on mahdollista välttää (Sharan & Shachar, 1988; Sharan & Sharan, 1992; Johnson & Johnson, 1994).

Kehityksellinen selitysmalli

Kolmas yhteistoiminnallisen oppimisen mekanismeja selittävä lähestymistapa on Slavinin (1997) mukaan kehityksellinen teoria (esim. Murray, 1983). Sen lähtöoletuksena on, että lasten keskinäinen vuorovaikutus sopivien tehtävien parissa edesauttaa kriittisten käsitteiden hallintaa (Damon, 1984). Molemmat kehityspsykologian keskeisistä traditioista, piagetlainen ja vygotskylainen, ovat vahvasti vaikuttaneet yhteistoiminnallisen oppimisen teorian kehittymiseen. Vaikka Vygotsky (esim. 1934/1994; 1935/1994) ei yleisesti uskonutkaan ikätovereiden keskinäisen spontaanin vuorovaikutuksen hyödyllisyyteen, hänen ajatuksiaan on laajalti sovellettu myöhemmissä yhteistoiminnallisen oppimisen teorioissa. Erityisesti Vygotskyn (1978) ajatus lähikehityksen vyöhykkeestä (Zone of Proximal Development) on ollut hyödyllinen pyrittäessä selittämään yhteisöllisen oppimisen mekanismeja. Tämän näkemyksen mukaan yhteisöllinen toiminta samanikäisten lasten kesken edistää kehitystä ja kasvua olettaen, että lapset ovat eri kehitysvaiheissa. Taidoiltaan eritasoiset lapset todennäköisesti operoivat toinen toistensa lähikehityksen vyöhykkeillä, jolloin he pystyvät ryhmässä mallintamaan vaativampia asioita, kuin mihin he yksin kykenisivät.

Piaget'n (1926) mielestä sosiaalisesti määräytynyt tieto – kieli, arvot, säännöt, moraalit ja symbolijärjestelmät – voidaan oppia vain vuorovaikutuksessa yhteisön toisten jäsenten kanssa. Ikätovereiden välinen vuorovaikutus on tärkeä myös loogis-matemaattisessa ajattelussa, koska se asettaa kyseenalaiseksi lapsen itsekeskeiset käsitykset ja antaa palautetta omien loogisten tulkintojen pätevyydestä (Slavin, 1997). Piaget'n teoriaan perustuen ryhmä psykologeja teki systemaattista empiiristä tutkimusta sosiaalisen vuorovaikutuksen vaikutuksista yksilön kognitiiviseen kehitykseen (Doise & Mugny, 1984). Tutkijat lainasivat piagetlaisesta traditiosta viitekehityksen ja keskeisimmät käsitteet selittäessään kehitystä: ristiriita ja näkemysten yhtensovittaminen (Dillenbourg ja kumpp., 1996).

Kognitiivisen ponnistelun selitysmalli

Kognitiivinen ponnistelu tarkoittaa teoreettista lähestymistapaa, jossa yhteistoiminnallinen oppiminen nähdään tehokkaana, koska se vaatii osallistujia kehittämään kognitiivista toimintaansa sosiaalisissa yhteyksissä. Yksi tehokkaimmista menetelmistä on

oppimateriaalin selittäminen jollekin toiselle. Useissa ikätoverien keskinäiseen ohjaukseen kohdistuvissa tutkimuksissa on havaittu sekä ohjaajan että ohjattavan suorituksen paranevan (Devin-Sheehan, Feldman & Allen, 1976). Webb (1989, 1992) puolestaan havaitsi, että oppilaat, jotka eniten hyötyivät yhteistoiminnallisista työtaivoista, olivat niitä, jotka esittivät kehittelemiään selityksiä toisille.

Yhteistoiminnalliseen oppimiseen liittyvää kognitiivisen ponnistelun ideaa on onnistuneesti sovellettu prosessikirjoitusmalleissa (Graves, 1983), joissa oppilaat työskentelevät ryhmissä tai pareittain auttaen toinen toistaan luonnostelevaan, korjaamaan ja muokkaamaan kirjoitelmiaan. Hyvin tunnettua Palincsar ja Brownin (1984) kehittämää vastavuoroisen opettamisen mallia (Reciprocal Teaching model) voidaan myös pitää esimerkkinä kognitiivisen ponnistelun lähestymistavasta. Vastavuoroisessa opettamisessa yhteistoiminnallista oppimista käytetään menetelmänä opettaessa luetun ymmärtämisen taitoja. Oppilaita opetetaan muotoilemaan luettavasta tekstistä kysymyksiä toisilleen. Heidän täytyy itse käydä materiaali läpi ja oppia kohdistamaan huomionsa tekstikappaleiden olennaisiin osiin, ennen kuin he kykenevät mallintamaan ymmärrystään. Vastavuoroisesta opettamisesta tehdyt tutkimukset tukevat menetelmän oletettuja vaikutuksia oppimistuloksiin (Järvelä, 1996).

Kaikki neljä edellä kuvattua selitysmallia on jollakin tavoin huomioitu viimeaikaisissa tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen sovelluksissa. Yhteistoiminnallisen oppimisen tutkimustraditio on kuitenkin ollut melko empiirisesti orientoitunutta. Uusimmissa tutkimuksissa yhteistoiminnan vaikutuksesta oppimiseen on yritetty muodostaa syvällisempiä teoreettisia selityksiä, jotka voisivat paremmin tukea teknologiaperustaisten oppimisympäristöjen kehittämistä.

Yhteistoiminnallisesta oppimisesta yhteisölliseen tutkivaan oppimiseen ja tiedonrakenteluun

Yhteistoiminnan (cooperation) käsitteestä on vähitellen siirrytty yhteisöllisyyden (collaboration) käsitteeseen. Yhteisöllisyydessä korostetaan sitä, että jokainen ryhmän jäsen osallistuu oman oppimisensa lisäksi myös koko ryhmän yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen (Dillenbourg ja kumpp., 1996; Roschelle & Teasley, painossa).

Perinteisesti kognitiivisissa teorioissa pidetään päättelyä (inquiry) yksilöllisenä mentaalisenä prosessina. Siksi teorioissa on keskitytty analysoimaan yksittäisen toimijan ajatteluprosesseja. Myös tieteellinen ajattelu on perinteisesti nähty yksilölle ominaisena toimintana. Viimeaikaisissa kognitiivisissa ja tieteenfilosofisissa teorioissa ihmisen älyllistä toimintaa on kuitenkin alettu yhä enemmän kuvata sosiaalisesti hajautettuna (tai jaettuna) kognitiona (Hutchins, 1991; 1995; Oatley, 1991; Pea, 1993; Perkins, 1993; Resnick, 1991; Salomon, 1993; katso myös Kitcher, 1990; 1993). Hajautettu kognitio tarkoittaa prosessia, jossa kognitiiviset resurssit on jaettu sosiaalisesti yksilön kognitiivisten mahdollisuuksien laajentamiseksi tai jonkin sellaisen saavuttamiseksi, mihin yksittäinen toimija ei kykene yksinään. Ihmisten kognitiiviset saavutukset perustuvat prosessiin, jossa yksittäisen toimijan kognitiiviset prosessit ja ympäristön asettamat haasteet ja rajoitukset vaikuttavat vastavuoroisesti toisiinsa. Kognitiivisia prosesseja voidaan hajauttaa ihmisten ja koneiden kesken (fyysisesti hajautettu kognitio, Norman 1993; Perkins, 1993) tai usean kognitiivisen toimijan kesken (sosiaalisesti hajautettu kognitio). Salomon (1993, s. 112) on esittänyt, että hajautettu kognitio muodostaa järjestelmiä, jotka koostuvat yksittäisestä toimijasta, hänen tovereistaan, opettajista ja sosio-kultuurallisesti muodostuneista kognitiivisista työvälineistä.

Hajautetun kognition merkitys perustuu siihen tosiasiaan, että ihmisillä on käytössään vain rajallinen määrä kognitiivisia resursseja, kuten aikaa, muistia tai tiedonkäsittelykapasiteettia (Cherniak, 1986; Harman, 1986). Norman (1993, s. 43) on väittänyt, että ihmisen kognitiiviset resurssit on huomattavasti yliarvioitu; ilman ulkoista tukea ihmisen muisti- ja päättelykapasiteetti on melko rajallinen. Vaativat kognitiiviset saavutukset edellyttävät, että toimija käyttää ulkoista maailmaa ja muita toimijoita tietolähteinä ja toiminnan jäsentäjinä tai yleisesti laajentamaan omaa ajatteluaan. Onnistuneen tutkimusprosessin välttämätön ehto onkin sosiokulttuurisesti kehittyneiden kognitiivisten työvälineiden ja tietorakenteiden omaksuminen (Resnick ja kumpp., 1997). Käyttämällä kognitiivisia työvälineitä ja erilaisia esitystapoja tutkijat voivat vähentää kognitiivista kuormitusta ja ratkoa monimutkaisempia ongelmia kuin muuten olisi mahdollista (Pea, 1993; Salomon, Perkins & Globerson, 1991). Tieteellinen päättely ei tapahdu pelkästään ajattelun tasolla, vaan vaatii erilaisia ulkoistamisen välineitä, kuten antropologiset tutkimukset tieteellisten laboratorioiden työtavoista ovat osoittaneet (esim. Latour & Woolgar, 1979; Latour, 1988).

Sosiaalisesti hajautetun kognition teoriat perustuvat havaintoihin, joiden mukaan monet kognitiiviset ongelmat, joita yksittäinen henkilö ei pysty ratkaisemaan, voidaan selvittää yhdistämällä usean yksilön rajalliset tiedot ja taidot (Forman & Cazden, 1985; Hatano & Inagaki, 1991; Hutchins, 1995; Miyake, 1986; Norman, 1993; Oatley, 1991; Roschelle, 1992; Scardamalia & Bereiter, 1989). Monimutkaisen ongelman ratkaisemisessa edistyminen edellyttää sosiaalista kommunikointia, tieteellisissä yhteyksissä tieteellistä argumentointia. Mead (1932/1977) ja Vygotsky (1934/1978) ovat väittäneet, että kognitiivisen kasvun taustalta löytyvä perusmekanismi on kommunikatiivinen luonteeltaan. Meadin mukaan kyseessä on tulos kommunikatiivisesta teosta ('resultant' of a communicative act), Vygotsky puhuu lähikehityksen vyöhykkeestä (Zone of Proximal Development). Sosiaalisessa vuorovaikutuksessa yksilön selitysten ristiriitaisuus, epäjohdonmukaisuus ja rajoittuneisuus tulevat esille, koska vuorovaikutus pakottaa tarkastelemaan omia käsityksiä eri näkökulmista. Kognitiivisten resurssien rajoitukset voidaan ylittää jakamalla kognitiivista kuormitusta usean toimijan kesken, joilla on jokaisella rajallinen ajattelukapasiteetti. Ulkoistaminen on tärkeä edellytys sosiaalisesti hajautetuille kognitiivisille saavutuksille: omia ulkoistettuja käsityksiä voidaan verrata muiden käsityksiin, jolloin päästään yksilön lähikehityksen vyöhykkeelle (Vygotsky, 1978).

Oppilaiden keskinäisen vuorovaikutuksen kognitiivinen tutkimus osoittaa, että vuorovaikutustilanteissa ilmenevät sosiokognitiiviset ristiriidat kehittävät kognitiivisia kykyjä enemmän kuin yksilötason tiedolliset ristiriidat (Mugny & Doise, 1978; Piaget, 1980). Oppilasparit työskentelevät tehokkaammin kuin yksinään työskentelevät oppilaat. Yhteisöllisyys myös edistää sekä heikkojen että hyvien oppilaiden oppimista. Doise ja Mugny (1984) väittävät, että oppimisprosessi etenee paremmin, jos erilaisia kognitiivisia strategioita käyttävät lapset työskentelevät keskenään ja käsittelevät yhdessä ristiriitoja.

Vaikka yleisesti ollaan sitä mieltä, että yhteisöllisyys on kognitiivisesti ja motivaationalisesti tärkeä käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä tukeva voima (katso esim. Miyake, 1986; Forman & Cazden, 1985; Roschelle, 1992), ristiriitojen merkityksestä vuorovaikutuksessa on esitetty eriäviä mielipiteitä. Hewson ja Hewson (1984) väittivät, että tiedollinen ristiriita ei takaa käsitteellistä muutosta, koska oppija voi tulkita ristiriidan paradoksiksi ja ratkaista se hylkäämällä jonkin ristiriitaisista elementeistä.

Lehtinen (1984) osoitti sosiokognitiivisia ristiriitoja käsitelleessä tutkimuksessaan, että sosiaalisten ristiriitojen motivationaaliset ja kognitiiviset vaikutukset välittyvät hyvin monimutkaisen tilannesidonnaisista ja yksilöllisistä tekijöistä koostuvan järjestelmän kautta. Chanin, Burtisin ja Bereiterin (1997) tutkimuksessa osoitettiin, että kognitiivinen ristiriita tuki käsitteellistä muutosta vain, jos se yhdistyi aktiiviseen tiedon kehittelyyn. Tällaiselle tiedonrakentelulle tyypillistä oli se, että ristiriitainen informaatio nähtiin ongelmana, joka piti selvittää (Bereiter & Scardamalia, 1993). Lisäksi voidaan olettaa, että pelkkä tiedollinen uteliaisuus tai ihmettely voi edistää tarvetta tiedolliseen muutokseen.

Miyake (1986) ja Hutchins (1995) ovat väittäneet, että sosiaalinen vuorovaikutus (ja vuorovaikutus teknisen kulttuurin välineiden kanssa) tarjoaa lisää kognitiivisia resursseja ihmisen tiedonkäsittelylle. Miyaken mukaan ymmärtäminen on iteratiivista luonteeltaan, ts. se saavutetaan peräkkäisten tutkittavaan ilmiöön kohdistuvien selitys- ja ymmärtämissyrkimysten kautta. Jaetussa ongelmanratkaisuprosessissa sosiaalinen vuorovaikutus näyttäisi tukevan ymmärryksen kehittymistä osallistujilla, joilla on vain osittaiset mutta erilaiset tiedot käsiteltävästä ongelmasta (katso myös Oatley, 1991; Brown & Palincsar, 1989). Miyake (1986) ja Hutchins (1995) väittävät, että vuorovaikutuksen kognitiivinen arvo perustuu siihen, että ihminen ei kykene pitämään mielessään aktivoituneena kuin yhden monimutkaisen hypoteesia kerrallaan. Vaikka yksittäisellä toimijalla ei ole käytettävissään helppoja kognitiivisia mekanismeja omien hypoteesien testaamiseen, parityöskentelyssä tämä testaaminen tapahtuu luonnostaan.

Myös itselle selittämisen vaikutuksiin kohdistuneet tutkimukset ovat osoittanut, että ongelmien selittäminen itselle parantaa kognitiivisia suorituksia. Hatano ja Inakagi (1986, 1987; Holyoak, 1991; Hatano & Inakagi, 1992) sekä Brown ja Palincsar (1989; Bielaczyc, Brown & Pirolli, 1994) ovat edelleen esittäneet, että ongelmien selittäminen muille saman ongelman parissa työskenteleville edistää käsitteellisen ymmärryksen syvenemistä. Voidakseen välittää näkemyksensä toisille yksittäisen toimijan täytyy saattaa ajattelunsa ymmärrettävään muotoon, tarkentaa käsityksiään ja jäsentää tietonsa uudelleen (Hatano & Inakagi, 1992). Tämän prosessin kautta ajattelussa esiintyvät epäjohdonmukaisuudet tulevat ilmeisemmiksi. Lisäksi sosiaalinen vuorovaikutus edistää tehokkaammin kuin yksilötyöskentely abstraktien käsitysten muodos-

tumista (D.L. Schwartz, 1995). Tehtävän jakamisella usean toimijan kesken on siis perustavanlaatuinen tiedollinen merkitys.

Ulkoistamisen kognitiivinen merkitys sosiaalisessa vuorovaikutuksessa perustuu sisäisten ajatteluprosessien tekemiseen näkyviksi (Collins, Brown & Holum, 1991; Lehtinen & Rui, 1996; Lehtinen & Repo, 1996; Scardamalia & Bereiter, 1989). Tiedollisesti on erittäin tärkeää muuttaa sisäiset ja näkymättömät päättelyprosessit julkisiksi, jolloin niitä voidaan tutkia ja jäljitellä. Ajattelun kehittymistä voidaan tukea tekemällä ”näkyviä, avoimia ja konkreettisia” niistä metakognitiivisista toiminnoista (esim. ymmärtämisen arviointi), joita normaalisti ei voida havainnoida (Brown & Palincsar, 1989, s. 417; Brown & Campione, 1996). Onkin oletettavaa, että hyvien kognitiivisten käytäntöjen ja kehittyneiden päättelyprosessien oppimista voidaan tukea luomalla oppimisympäristöjä, jotka vaikuttavat koko oppimisprosessiin eikä vain lopputulokseen. Tämä puolestaan mahdollistaa sen, että oppilaat tulevat tietoisemmiksi sekä käsitteellisestä kehitymisestään että ajattelutaidoissaan tapahtuvista muutoksista.

Pea (1994) esittää, että käyttämällä opetuksessa tietokoneavusteista yhteisöllistä vuorovaikutusta voidaan tukea uudenlaisten ajattelun ja päättelyn muotojen oppimista. Näyttää siltä, että pyrittäessä uutta luovaan kommunikaatioon on tehokkaampaa yhdistää kirjoittamalla kommunikointi kasvokkain työskentelyyn, koska se vaatii monipuolisempia ajatteluprosesseja kuin pelkkä kasvokkain työskentely (Woodruff & Brett, 1993; Lamon, 1992; Cohen, 1994).

Hajautetun kognition teoriat viittaavat siihen, että kognitiivista kasvua tapahtuu pikemminkin oppijayhteisöissä tai sosio-kulttuurisissa järjestelmissä kuin yksittäisissä oppijoissa. Vuorovaikutus ympäristön ominaispiirteiden ja yksilön kognitiivisten ominaisuuksien välillä näyttää melko suuresti määrävän yksilön ajatteluprosesseja. Ihmisen ajattelutoiminta on adaptiivisia luonteeltaan (katso Anderson, 1990; Hutchins, 1995; Perkins, 1993; Scardamalia & Bereiter, 1996): Älykkäillä toimijoilla on kyky sopeutua ympäristöönsä, joten monia kognitiivisen toiminnan ominaispiirteitä voidaan selittää analysoimalla ympäristön rakennetta ja toimintoja, sen sijaan että analysoitaisiin yksittäisen toimijan mentaalista suorituskkyä. Toimintaympäristön luonne ja sitä vastaavat kulttuuriset käytännöt rakentavat ja muovaavat ajattelutoimintoja.

Tiedonkäsittelyn rajoitukset aiheuttavat sen, että ihmisen on pyrittävä sopeutumaan ympäristöönsä rajallisilla kognitiivisilla resursseilla varustettuna. Toiminnan tavoitteet ja viitekehys määräävät sen, miten näitä resursseja jaetaan eri tehtävien kesken. Kaikki kognitiiviset toimenpiteet vaativat osansa, ja erityisesti syventyminen monimutkaista päättelyä vaativaan työskentelyyn edellyttää paljon kognitiivista ponnistelua (Perkins, 1993). Ei siis ole rationaalista ponnistella enempää kuin ”riittävästi” kulloisestakin tehtävästä suoriutumiseksi. Tämän ”ajattelun ekonomian” ("economy of inquiry") tutkimuksella on ollut keskeinen rooli C. S. Peircen (1955; 1957; katso myös Delaney, 1993; Misak, 1990; Rescher, 1978) pragmatismissa.

Sopeutuva ajattelu (adaptive cognition) tarjoaa taloudellisen selityksen sellaisten ajattelustrategioiden yleisyydelle, jotka eivät ole välttämättä kognitiivisessa mielessä optimaalisia, mutta jotka ovat tarkoituksenmukaisia ja hyödyllisiä vallitseviin ympäristöolosuhteisiin sopeutumisen kannalta (Perkins, 1993; Scardamalia & Bereiter, 1996). Nykyiset opetuskäytännöt eivät välttämättä tarjoa käsitteellisen ymmärryksen syvenemistä ”tiedollisesti tavoiteltavana” vaihtoehtona (Cherniak, 1986). Perinteisissä oppimisympäristöissä opiskelijan on mahdollista pärjätä ja jopa menestyä ilman, että hän sitoutuu vaativiin ajatteluprosesseihin. Korkeatasoiseen tutkivan oppimisen prosessiin osallistuminen vaatii huomattavasti enemmän ponnistelua kuin mitä vaaditaan hyvään koulumenestykseen perinteisessä oppimisympäristössä (katso Scardamalia & Bereiter, 1996). Voidaan olettaa, että nykyisiin oppimisympäristöihin sopeutuminen ei välttämättä synnytä monimutkaisia päättelytoimintoja tai korkeamman tason oppimista (katso Norman, 1993; Perkins, 1992; Scardamalia & Bereiter, 1996).

On todisteita siitä, että jotkut ympäristöt tukevat sellaisten sopeutumiskeinojen kehittymistä, jotka perustuvat uudenlaisiin kognitiivisiin taitoihin ja korkeatasoiseen osamiseen (Bereiter & Scardamalia, 1993). Oppimisympäristöt voidaan jakaa ensimmäisen ja toisen asteen ympäristöihin. Ensimmäisen asteen ympäristöt ovat luonteeltaan staattisia, ja sopeutuminen näihin ympäristöihin edellyttää niiden tarkasti rajattujen olosuhteiden omaksumista. Toisen asteen ympäristöissä sitä vastoin sopeutumista vaativat olosuhteet muuttuvat jatkuvasti muiden osallistujien edistymisen myötä (Bereiter & Scardamalia, 1993). Tutkijayhteisö edustaa tällaista toisen asteen ympäristöä, jonka asettamat vaatimukset muuttuvat ja kehittyvät koko ajan. Yhteisö, joka paitsi asettaa asteittain vaikeutuvia vaatimuksia toimijalle, mutta myös tarjoaa tarvittaessa

tukea haastavista tehtävistä suoriutumiseen, edistää joustavan asiantuntemuksen kehittymistä.

Erittäin tärkeä asiantuntijuuden kehittymisen ehto on se, että pyrkii ylittämään suorituskynsä rajoitukset ottamalla selvitettyväkseen jatkuvasti vaikeampia ongelmia. Kokemuksen karttumisen yhä haastavammista ongelmista lisää pitkällä aikavälillä yksilön kognitiivista suorituskapasiteettia (Bereiter & Scardamalia, 1993). Sosiaalinen yhteisö voi tarjota tukea progressiiviseen ongelmanratkaisuun, ts. edistää toimijan valmiutta työskennellä jatkuvasti osaamisensa ylärajoilla, mikä on tärkeää adaptiivisen asiantuntijuuden kehittymisen kannalta.

On olemassa paljon näyttöä siitä, että kognitiivinen monimuotoisuus ja asiantuntijuuden hajauttaminen tukevat tiedollista edistymistä ja kognitiivista kasvua. Kitcher (1989; 1993; katso myös Dunbar, 1995) esitti, että työn kognitiivinen jakaminen on tieteellisen tutkimuksen edistymisen olennainen edellytys. Kognitiivisten ponnistelujen jakaminen tekee yhteisön joustavammaksi ja mahdollistaa parempien tulosten saavuttamisen kuin muuten olisi mahdollista. Lisäksi Hutchkins (1991; 1995) ja Dunbar (1995) osoittivat, että sellaiset ryhmät, joiden jäsenten osaaminen oli erilaista, mutta osittain päällekkäistä, olivat tehokkaampia ja innovatiivisempia kuin homogeeniset asiantuntijaryhmät.

Uusia hajautetulle asiantuntijuudelle ja kognitiiviselle monimuotoisuudelle perustuvia pedagogisia malleja ja teknologiapohjaisia oppimisympäristöjä onkin alkanut ilmesyä. Brownin ja Campionen oppimisyhteisöjen tukemisen lähestymistapa (Fostering Community of Learning, 1994; 1996) on pedagoginen malli, joka on kehitetty tiedeyhteisöille tyypillisen jaetun asiantuntijuuden ja kognitiivisen monimuotoisuuden ideoiden pohjalta. Malli tähtää tiedeyhteisöille tyypillisten vuoropuhelun päämäärien, arvojen, uskomusten ja muotojen omaksumiseen. Käsitteellistä ajattelua edistetään tukemalla jokaisen opiskelijan oman asiantuntijuuden kehittymistä. Opiskelijat osallistuvat itseohjautuvaan yhteisölliseen tutkimusprosessiin, ja kantavat ryhmänä vastuun tehtävän suorittamisesta. Opiskelijoita myös ohjataan arvioimaan tutkimusprosessia itse. Sosiaalista tukea syvenevälle oppimiselle antavat ryhmän jäsenten osittain päällekkäiset lähikehityksen vyöhykkeet (Vygotsky, 1978), mikä mahdollistaa oppijoiden työskentelyn osaamisensa ylärajoilla (Brown & Campione, 1996). Yhteisölli-

sen toiminnan ja tehokkaiden kognitiivisten apuvälineiden käytön myötä opiskelijoiden on mahdollista ylittää nykyinen kognitiivinen suoritustasonsa.

Hajautetun kognition teorit viittaavat siihen, että sosio-kulttuurisilla kognitiivisilla järjestelmillä on tiedollisia ominaispiirteitä, jotka poikkeavat yksittäisten toimijoiden ominaispiirteistä (Hutchins, 1995). Jos pyritään edistämään oppilaiden korkeamman tasoisia, tieteellistä ajattelua muistuttavia ajatteluprosesseja, opetuksessa tulisi käyttää menetelmiä, jotka jäljittelevät tiedeyhteisön toimintaa pikemminkin kuin yrittää opettaa tieteellisen ajattelun taitoja sellaisenaan (Bereiter & Scardamalia, 1989, 1994; Brown & Campione, 1996; Carey & Smith, 1995). Kaikki tieteellisen päättelyn osatekijät, kuten päämäärien ja tutkimuskysymysten asettaminen, sekä tieteellisen tiedon ja selitysten etsiminen, voidaan jakaa tai hajauttaa useampien oppijoiden kesken. Edistykseellinen teknologiapohjainen yhteisöllinen oppimisympäristö tarjoaa tukea edellä kuvatun kaltaiselle tutkivalle oppimiselle, mikä edistää oppimisyhteisön tietämyksen kasvua ja osallistujien tietotason muuttumista sosiaalisesti jaetun prosessin kautta. Yhteisöllinen tutkiva oppiminen uudenlaista oppimisympäristöä käyttäen näyttää nostavan esiin joitakin toisen asteen ympäristöjen piirteitä. Erityisesti se rohkaisee oppilaita työskentelemään kykyjensä ylärajoilla pikemminkin kuin turvautumaan rutiinimomaisiin ratkaisuvaihtoehtoihin, ja täten luo uusia ehtoja tiedolliselle sopeutumiselle koulussa.

Tarkastelussa on tähän mennessä pohdittu ihmisen ajattelun sosiaalisesti jakautunutta luonnetta. Ihmisen kognitiivisen kehittymisen selittämiseen tähtäävässä teoriassa on kuitenkin otettava huomioon myös yksilön ajattelussa tapahtuvat muutokset. Dynaamisen vuorovaikutuksen teorian mukaan yksilöllinen ja sosiaalisesti jaettu tiedollinen toiminta ovat vuorovaikutuksessa keskenään ja vaikuttavat vastavuoroisesti toinen toisiinsa (Salomon, 1993; Salomon ja kumpp., 1991). Salomon ja kumppanit esittivät, että jaetut tiedolliset prosessit tuottavat ”kognitiivista ylijäämää” tukemalla yksilön tiedonkäsittelytaitoja, mikä taas vaikuttaa jaettujen prosessien etenemiseen.

Perkins (1993) on painottanut yksilön tiedonkäsittelyn merkitystä hajautetun kognition prosesseissa, sillä epistemologisen tai korkeammantasoisien tiedon ei voida katsoa sijaitsevan missään paikassa hajautettua kognitiivista järjestelmää. Hän esitti, että epistemologista tietoa, kuten tietoa päättelystrategioista, selitystavoista tai tiedon to-

dentamisen muodoista ei voida hajauttaa, sillä tätä tietoa tarvitaan jatkuvasti monimutkaisissa päättelyprosesseissa. Monilla heikoilla oppilailta ei ole riittävästi sellaista korkean tason tietämystä, jota tarvitaan eri tiedonaloilla päättelytoimintojen säätelyyn (Perkins, 1993; Perkins & Simmons, 1988). Perkinsin (1993) mukaan epistemologisen tiedon on oltava yksilön hallussa eikä ulkoapäin annettua, jotta yksilön olisi mahdollista ylittää tiedonkäsittelyn rajoitukset ja osallistua tulokselliseen tiedolliseen työskentelyyn. Optimaalinen ratkaisu olisi se, että epistemologista tietoa olisi sekä yksilön hallussa että ulkoapäin saatavilla. Olennaisilta osin tällaista tietoa voidaan liittää teknologiapohjaisen oppimisympäristön toteutukseen ja sen käyttöön liittyviin kognitiivisiin toimintatapoihin.

Tutkiva oppiminen ei voi perustua mihinkään ehdottoman totuuden pyrkimykseen (Rescher, 1978; Harman, 1986), mutta voidaan arvioida, miten oppijan luoma teoria kehittyy aikaisempiin verrattuna. Lisäksi sosiaalisesti jaettu päättely tukee voimakkaasti osallistujien metakognitiivisten taitojen kehittymistä. Vuorovaikutus pakottaa osallistujat arvioimaan käsityksiään myös muiden näkökulmasta, mikä parantaa tietoisuutta omista tiedoista ja uskomuksista. Yhteisöllinen oppiminen, jossa ajatteluprosessit ulkoistetaan julkisessa keskustelussa, tarjoaa oppijalle mahdollisuuden tutustua myös muiden osallistujien ajatteluprosesseihin, mikä vahvistaa metakognitiivisiä taitoja. Tällainen metakognitiivinen toimintaympäristö tarjoaa rakenteita ja toimintatapoja oman ja toisten osallistujien ajattelun seuraamiseen ja päättelyprosessin etenemisen arviointiin (Brown & Campione, 1996). Lisäksi tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen näyttää innostavan oppilaita osallistumaan syvälliseen tutkimistoimintaan huomattavan pitkänkin aikaa ja näyttää tarjoavan sosiaalisesti jaettuja kognitiivisiä resursseja ymmärtämisen arviointiin ja muihin metakognitiivisiin toimintoihin. Aktiivinen osallistuminen ymmärtämiseen tähtäävään työskentelyyn ei ainoastaan edistä käsitteellistä ymmärrystä opittavasta ilmiöstä, vaan edesauttaa myös uusien tietämiseen ja erityisesti ymmärtämisen tärkeyteen liittyvien metakognitiivisten uskomusten muodostumista (Hatano & Inagaki, 1992).

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tutkimus: Katsaus uusimpaan kirjallisuuteen

Yhteisöllisen työskentelyn välineet

Yhteisöllinen oppiminen ei automaattisesti kehitä korkean tason ajattelutaitoja tai monimutkaisia tietorakenteita. Jotta mahdollisuudet toisten ymmärtämiseen ja tehtävään liittyvään sosiaaliseen vuorovaikutukseen kasvaisivat, tarvitaan vuorovaikutusvälineitä, joiden avulla voi käsitellä sekä oppimisen kohteena olevia uusia käsitteitä että oppilaiden aikaisempia tietoja ja kokemuksia (Katz & Lesgold, 1993). Oppilaiden käytössä pitäisi olla joustavia menetelmiä, jotka auttavat heitä ennakkokäsitystensä ulkoistamisessa ja ajatteluprosessien saattamisessa toisia varten näkyvään muotoon. Työskentely-ympäristön työkalujen avulla oppilaiden pitäisi pystyä seuraamaan toistensa ajatusprosesseja jopa tilanteissa, joissa suullinen vuorovaikutus ei ole mahdollista. Ympäristön ja työskentelymenetelmien tulisi lisäksi rohkaista oppilaita toistensa arviointiin.

Lukuisissa hankkeissa on kehitetty erilaisia välineitä helpottamaan yhteistoiminnallista ja yhteisöllistä oppimista. Jotkut tietokonesovellukset on jo alun perin suunniteltu yhteisölliseen työskentelyyn, mutta on myös paljon ohjelmia, jotka on alun perin suunniteltu yksilöoppimiseen, mutta jotka ovat osoittautuneet hyviksi sosiaalisen vuorovaikutuksen välineiksi. Ei ole mitään vakiintunutta tapaa luokitella erilaisia tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen välineitä. Tässä katsauksessa olemme tehneet jonkinlaista perusjaottelua välineiden teknisten ja pedagogisten ratkaisujen perusteella. Monet tutkijat (esim. Dede, 1996) ovat osoittaneet, miten hyvinkin erilaisia teknisiä sovelluksia voi käyttää helpottamaan yhteisöllistä ja hajautettua oppimista ja opettamista, kuten erityisiä yhteisöllisiä verkko-oppimisympäristöjä, erilaisia multimedia/hypermedia-sovelluksia sekä kokeellisia simulaatio-ohjelmia. Ratkaiseva tekijä yhteisöllisyyden tukemisessa ei ole teknologia vaan sen käyttötapa.

Crook (1996) on analysoinut laajasti sitä, miten tietokoneet voivat tehostaa yhteisöllistä oppimista kouluissa. Hän erottaa toisistaan tietokoneen *ääressä* ja sen *välityksellä* tapahtuvan vuorovaikutuksen. Ensin mainittu näkökulma painottaa tietokoneen käyttöä välineenä, joka helpottaa kasvokkain tapahtuvaa vuorovaikutusta parityöskent-

telyssä tai pienissä ryhmissä. Crookin (1996, 189-193) mukaan teknologia voi näissä tilanteissa tukea yhteistyötä tarjoamalla oppilaille ”yhteisiä viittauskohteita” (points of shared reference). Hän väittää, että perinteisessä luokkatilanteessa on liian niukat resurssit yhteisölliseen työskentelyyn; tarjolla ei ole tarpeeksi kiinnekohtia toiminnan ja tarkkaavaisuuden ohjailuun. Tietokoneiden mahdollisuuksia voidaan käyttää välittävänä työkaluina, jotka auttavat oppilaita kohdentamaan tarkkaavaisuutensa yhteisiin jaettuihin tehtäviin (Järvelä ja kumpp., 1998). Crookin (1996) erottelussa tietokoneiden välityksellä tapahtuva vuorovaikutus viittaa tietoverkkojen käyttöön. Paikalliset verkot (local area networks, LAN), yleiset tietoverkot (wide area networks, WAN) ja edellisten globaali versio (internet) tuottavat koulutuksen tarpeisiin lukuisia yhteisöllistä työskentelyä tukevia välineitä (sähköposti, sähköiset ilmoitustaulut, neuvottelujärjestelmät ja ryhmätyöohjelmat).

Paikalliset työasemasovellukset ilman tietoverkkoa (vuorovaikutus tietokoneen ääressä)

Perinteiset yksilöohjelmat käytettynä yhteisöllisessä työskentelyssä

Monissa kasvatustieteellisissä tutkimuksissa tietokoneita on käytetty tehostamaan oppilaiden kasvokkain tapahtuvaa yhteistyötä. Vaikka Papertin (1980) kehittämän LOGO-ohjelman alkuperäisenä tarkoituksena oli tarjota mahdollisuuksia yksittäisen oppilaan spontaanille tiedonrakentelulle, monissa kenttätutkimuksissa on painotettu oppilaiden välisen yhteistyön merkitystä tässä ympäristössä (Crook, 1994; Hawkins, Scheingold, Geahart & Berger, 1982). Hoyles ja kumppanit väittävät, että juuri LOGOn kyky rohkaista ja tehostaa opiskelijoiden välistä yhteistyötä tekee siitä pedagogisesti merkittävän työvälineen (Hoyles & Sutherland, 1989; Hoyles, Healey & Sutherland, 1991). Perinteisen LOGO-ohjelman tekninen laajennus, Lego-LOGO, jossa Lego-rakenteisia robotteja voidaan kontrolloida LOGO-ohjelmalla, on osoittautunut erityisen lupaavaksi välineeksi luoda yhteisöllisen oppimisen ympäristöjä (esim. Eraut, 1995; Järvelä, 1996).

Monia eri ohjelmatyyppejä, kuten tietokantoja, taulukkolaskentaa, matematiikkaohjelmia, ohjelmointikieliä, simulaatioita ja multimedian teko-ohjelmia jne. on käytet-

ty menestyksekkäästi edistämään yhteisöllistä ja yhteistoiminnallista oppimista (Amigues & Agostinelli, 1992; Brush, 1997; Eraut, 1995; Lehtinen & Repo, 1996).

Sovellukset, jotka on suunniteltu tukemaan yhteisöllisyyttä

Useita sellaisia oppimisympäristöjä on kehitetty, joissa työkalut ja ohjelman käyttöliittymä on erityisesti suunniteltu tukemaan oppilaiden sosiaalista vuorovaikutusta. Collins ja Brown (1988) väittävät, että on mahdollista tehostaa oppilaan itsearviointia sellaisen ohjelman avulla (esim. ALGEBRALAND ja GEOMETRY TUTOR), joka esittää oppilaan päättely- ja oppimispolun tietokoneen kuvaruudulla. Tätä ideaa on hyödynnetty monissa myöhemmissä sovelluksissa, joissa on pyritty tukemaan oppilaan itsearviointia ja oppilaiden välistä vuorovaikutusta. Esimerkiksi TAPS (Derry, 1990); HERON (Reusser, 1996); ja ALEL (Lehtinen & Rui, 1996; Lehtinen, Hämäläinen & Mälkönen, 1998) ovat ohjelmia, joihin on liitetty tällaisia piirteitä. TAPS ja HERON ovat matemaattisen ongelmanratkaisutaidon oppimiseen ja opettamiseen tarkoitettuja ohjelmia. Yksi ohjelmien pääpiirteistä on graafinen käyttöliittymä, jonka avulla ongelmanratkaisuprosessi esitetään diagrammin muodossa. HERON-ohjelman käyttöliittymä on osoittautunut hyödylliseksi sekä yksilöllisen itsearvioinnin että yhteisöllisen ongelmanratkaisun kannalta.

Lehtinen, Hämäläinen & Mälkönen (1998) raportoivat hyvin samantyyppisiä tuloksia tutkimuksistaan ALEL-ohjelmalla, joka on kehitetty kokeellisten tutkimusmenetelmien ja tilastollisen päättelyn opettamiseen korkeakouluopiskelijoille. ALEL on tarkoitettu käytettäväksi perus- ja syventävillä tutkimusmetodologian ja tilastotieteen kursseilla yliopistossa. ALEL-ohjelman avulla opiskelijat suunnittelevat ja toteuttavat omia koeasetelmiaan simuloitussa ympäristössä. Prosessin aikana järjestelmä tuottaa askel askeleelta ulkoisen kuvauksen opiskelijan ajattelun kulusta ja sen rakenteesta. Kuvaus esitetään kuvaruudulla hierarkkisenä puumallina. Opiskelijat luovat koeasetelmia määrittelemällä toimenpidesarjoja. Jokainen toimenpide muodostaa yhden haaran puudiagrammiin, joka kuvaa opiskelijan toiminnan rakennetta hänen suunnitellessaan ja toteuttaessaan koeasetelmaa. ALEL on osoittautunut erittäin tehokkaaksi työvälineeksi metodologian kursseilla.

Opiskelijoiden vuorovaikutuksen havainnoinnin perusteella Lehtinen ja kumppanit (Lehtinen & Rui, 1996; Lehtinen, Hämäläinen & Mälkönen, 1998) päättelivät, että ALELin tehokkuus perustuu ainakin osittain ohjelman kykyyn tukea tehtävään liittyvää sosiaalista vuorovaikutusta käsitteellisesti vaativalla aihealueella. Oppilaan ajattelupolun graafista kuvausta voidaan käyttää yhteisöllisen reflektoinnin välineenä. Enyedy, Vahey ja Gifford (1997) puolestaan tutkivat Propability Inquiry -ympäristöä (PIE) käyttämällä, miten ulkoiset kuvaukset (sekä kuvalliset että tekstuaaliset) toimivat välittäjinä opiskelijoiden kasvokkaisessa keskustelussa ja tukivat rakentavan keskustelun syntymistä.

Yhteisöllisen ajattelun ideaa on sovellettu myös SHERLOCK-ohjelmassa, joka on suunniteltu työvälineeksi sähkömekaanikoille heidän harjoitellessaan sähköistä viannääritystä F16-lentokoneille yhdysvaltain ilmavoimissa. SHERLOCK II on edellisen ohjelman yhteisöllisillä ominaisuuksilla laajennettu versio. Kun opiskelija on ratkaissut sähkövikaan liittyvän diagnosointiongelman, järjestelmä antaa mahdollisuuden tarkastella omaa suoritustaan jälkikäteen reflektiivisen seurantajakson (reflective follow up) aikana. SHERLOCK II ohjaa opiskelijaa kehittämään ongelmanratkaisumenetelmiään ja arvioimaan kriittisesti, miksi oma ratkaisu ehkä oli soveltumaton tai epätäydellinen, ja miettimään uusia vaihtoehtoja (Katz & Lesgold, 1993).

Monissa tietokoneohjelmissa on työvälineitä, jotka on tarkoitettu yhteistoiminnallisen oppimisen teorioiden mukaiseen roolijakojen ja kommunikaatiotapojen organisointiin. Alavi (1994) on kehittänyt tietokonevälitteisen yhteistoiminnallisen oppimisen ympäristön, jossa oppilaat työskentelevät ryhmissä. Neljän opiskelijan ryhmät tekivät ryhmäanalyysia liike-elämän tapauksista. Ryhmät noudattivat Slavinin (1987) yhteisöllisen oppimisen STAD-proseduureja ja työskentelivät Vision Quest -ohjelmalla varustetussa opetusteatterissa. Vision Quest -ohjelman työvälineiden pääpiirteet on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Vision Quest -ohjelman työvälineet.

Ohjelman työkalu	Työkalun käyttömahdollisuus
Brainstorming	Ideoiden ja vaihtoehtojen synnyttäminen
Comment card	Tietojen (kommenttien) hankkiminen aihealueesta ja vaihtoehtoista
Compactor	Ideoiden ja vaihtoehtojen luokittelu
Point Allocation	Pisteiden jakaminen listassa oleville vaihtoehtoilta
Ranking	Listassa olevien ideoiden ja vaihtoehtojen järjestäminen tärkeysjärjestykseen
Rating	Yksittäisten vaihtoehtojen arviointi kriteereihin nähden
Scoring	Vaihtoehtojen arviointi usean painotetun kriteerin mukaan
Sub-group Selection	Etukäteen sovitun vaihtoehtomäärän valinta listasta
Voting	Kyllä/Ei-äänestys vaihtoehtoista

Wang ja Johnson (1994) ovat kehittäneet yhteisöllisen oppimis- ja tutkimusympäristö CLAREN, joka on suunniteltu yhteisölliseen tiedonrakenteluun tutkimuskirjallisuuden pohjalta. CLARE koostuu kahdesta eri työkalusta: (1) tiedon esittämisen kieli RESRA, joka tarjoaa metakognitiivisen viitekehyksen tieteellisen tutkimuskirjallisuuden ja opiskelijan näkökulmien ymmärtämiseen, (2) prosessimalli SECAI, joka neuvoo oppijaa tietorakenteiden tulkinnessa kuvaamalla siihen tarvittavan systemaattisen menettelytavan. RESRA ja SECAI integroituvat CLAREssa hypertexti-pohjaiseksi käyttöjärjestelmäksi.

Samanlaisia ideoita on sovellettu monissa eri aihealueiden tarpeisiin kehitetyissä ohjelmissa. AlgoArena (Kato & Ide, 1995; Suzuki & Hiroshi, 1997) ja Design Studio (Shaffer, 1997) ovat esimerkkejä kahdelta erilaiselta alueelta. AlgoArena on työkalu, jolla aloittelevat opiskelijat voivat opiskella yhteisöllisesti ohjelmointia. Ohjelmiston tarkoituksena on kehittää ohjelmointitaitoja sellaisten yhteisöllisten ohjelmointitehtävien kautta, joissa oppilaita rohkaistaan joko toimimaan yhteistyössä tai kilpailemaan keskenään. The Design Studio puolestaan on matematiikan opetukseen tarkoitettu

tietokoneavusteisen yhteistoiminnan työväline. Molemmissa sovelluksissa tietokonetta hyödynnetään luokkatilanteessa tapahtuvan yhteisöllisen toiminnan organisoimiseen ja tukemiseen.

Aivan erityisiä ympäristöjä yhteisöllisen oppimisen tarpeisiin ovat kehittäneet Dillenbourg ja kumppanit. Näissä ympäristöissä oppilaille on mahdollisuus olla sosiaalisessa vuorovaikutuksessa keinotekoisten toverien kanssa. Hyödyntäen tekoälyteknologiaa Pierre Dillenbourg ja John A. Self (1992) kehittivät ihmisen ja koneen yhteistointaan perustuvan oppimisjärjestelmän (PEOPLE POWER), jossa oppija yrittää ratkaista ongelmia yhdessä ohjelmoidun työparin kanssa. Järjestelmä mahdollistaa vuorovaikutuksen pohjalta syntyneen argumentaatio-rakennelman uudelleentarkastelun, ja tarjoaa siten työvälineitä reflektioon. Tavoiteltu oppimistulos on päättelyssä käytettyjen tietojen tai sääntöjen jäsentyminen tilannesidonnaisiksi malleiksi. Samanlaisia ideoita on sovellettu Dillenbourgin, Mendelsohnin ja Schneiderin (1994) kehittämässä MEMOLAB-ohjelmassa, jossa oppilas työskentelee erilaisten yhteistyökumppaneiden (valmentaja, tutor, asiantuntija) kanssa. Suorittaessaan simuloituja psykologisia kokeita opiskelijat voivat tehdä yhteistyötä näiden keinotekoisten toimijoiden kanssa.

Verkkopohjaiset yhteisöllisen oppimisen työvälineet (tietokoneen välityksellä työskentely)

Tietoverkkoteknologian nopealla kehityksellä ja levittäytymisellä on ollut voimakas vaikutus tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen työvälineisiin ja menetelmiin. Tietoverkot mahdollistavat opiskelijoiden yhteistyöskentelyn myös tilanteissa, joissa mahdollisuuksia kasvokkaiseen vuorovaikutukseen ei ole. Tietoverkkojen välityksellä tapahtuva vuorovaikutus avaa oppimiselle uusia mahdollisuuksia, mutta aiheuttaa myös ongelmia, joita ei ilmene kasvokkain tapahtuvassa kommunikaatiossa. Verkko-ympäristössä opiskelijat ja opettajat voivat tehdä tietokoneen välityksellä yhteistyötä riippumatta ajasta ja paikasta. Nämä yhteistoiminnan uudet piirteet, eriaikaisuus ja etäkommunikaatio, asettavat haasteita pedagogiselle ajattelullemme. Ne antavat mahdollisuuden kiinteään vuorovaikutukseen koulun ulkopuolisten asiantuntijoiden sekä muiden koulujen oppilaiden kanssa ja luovat tehokkaita työkaluja yhteisölliseen kir-

joittamiseen ja tiedon jakamiseen. Verkkoympäristön yhteisölliselle työskentelylle tarjoama tuki voi kuitenkin olla monen tasoista.

Sarjasta tutkimuksia Bonk ja King (1995) päättelivät, että tietoverkot voivat: (1) muuttaa tapaa, jolla opiskelijat ja ohjaajat ovat vuorovaikutuksessa; (2) edesauttaa yhteisöllisen oppimisen mahdollisuutta; (3) helpottaa luokassa tapahtuvaa keskustelua ja (4) muuttaa kirjoittamisen yksilötyöskentelystä sosiaalisemmaksi ja aktiivisemmaksi oppimiseksi. Tutkijat esittävät myös luokittelujärjestelmän erilaisille verkkooppimisympäristöille yksinkertaisista sähköpostijärjestelmistä monipuolisiin yhteisöllisiin hypermediaverkkoihin.

Paikallisverkossa toimivat työasema-palvelin -järjestelmät

Tiedeyhteisössä CSILE-järjestelmää pidetään verkkopohjaisten yhteisöllisten oppimisympäristöjen prototyypinä. CSILEn lisäksi on olemassa muitakin tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ohjelmistoja, jotka perustuvat paikallisiin tietoverkkoihin ja työasema-palvelin -arkkitehtuuriin. Monet järjestelmistä ovat useaan käyttötarkoitukseen soveltuvia ja sisältöriippumattomia ympäristöjä, jotka tarjoavat opiskelijoille ja opettajille työvälineitä kommunikointiin, yhteisten dokumenttien tuottamiseen jne. (Barker & Kemp, 1990; Bump, 1990; Butler & Kinneavy, 1991; Faigley, 1990; Havwisher & Selfe, 1991; Newman ja kumpp., 1997). Butlerin (1995) tutkimuksessa, joka käsitteli historian oppimista kirjoittamalla, lukio-opiskelijat vaihtoivat ajatuksia historiallisista aiheista ja hahmoista luokan paikallisverkossa toimivan sähköpostijärjestelmän (Daedalus mail) ja reaaliaikaisen neuvottelujärjestelmän (Daedalus InterChange) välityksellä. McConnellin (1994) käyttämä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristö koostui ensisijaisesti neuvottelujärjestelmästä ja sähköpostista (Caucus system), joista oli suora yhteys online-tietokantoihin ja kirjasto-luetteloihin.

Erityistarkoituksiin ja rajatuille sisältöalueille on myös suunniteltu erilaisia työvälineitä. Esim. Fredriksenin ja Whiten kehittämä ThinkerTools-ohjelma on suunnattu tieteellisen tutkimustyön menetelmien ja taitojen kehittämiseen ja niiden käyttämiseen tiedeopetuksessa. Graves ja Klawe (1997) loivat ohjelman Multimedia Activity Builder, jossa kahden pelaajan tehtävänä on rakentaa talo yhdessä siten, että kumpikin

suorittaa tehtävää omalta koneeltaan. Työvälinettä on kehitetty British Columbia -yliopiston E-GEMS-suunnitteluryhmässä (Electronic Games for Education in Maths and Science).

Sähköposti yhteisöllisen oppimisen välineenä

Sähköpostia on käytetty tavallisena kommunikaatiovälineenä yliopistoissa ja monissa kouluissa jo usean vuoden ajan. Opetuksessa sähköposti on tarjonnut käytännöllisen tavan tiedon välittämiseen ja henkilökohtaisen ohjauksen antamiseen opiskelijoille. Sitä on käytetty myös kansallisen ja kansainvälisen viestinnän tehostamiseen etäällä toisistaan sijaitsevien koulujen välillä. Vaikka sähköpostin perusideana on toimia kahdensivulisen viestinnän välineenä, sitä voidaan käyttää myös laajemmassa yhteisössä. Postituslistojen avulla suurempikin ryhmä opiskelijoita voi käyttää sähköpostia yhteisten tekstien lukemiseen ja toinen toistensa töiden kommentointiin. Sähköpostin käyttö oppimisen välineenä on dramaattisesti lisääntynyt erityisesti yliopisto-opiskelijoiden keskuudessa (Steeple, Goodyear & Mellar, 1994). Sähköpostia voidaan käyttää erittäin avoimena oppimisympäristönä spontaanissa yhteistoiminnassa tai sen käyttö voi olla enemmän organisoitua, kontrolloitua ja ohjattua (Ahern, Peck & Laycock, 1992).

Marttunen (1994; painossa a; painossa b) on käyttänyt tavallista sähköpostijärjestelmää kokeiluissaan, joiden tarkoituksena on korkeakouluopiskelijoiden argumentaatio-taitojen kehittymisen tukeminen. Näissä kokeissa sähköpostikeskustelu oli yhdistetty jokaisen yksilölliseen lukemisprosessiin. Tekstikirjoja lukiessaan opiskelijat osallistuivat jatkuvasti spontaaniin, ohjattuun sähköpostineuvotteluun opiskelutovereidensa kanssa.

Tavallisten sähköpostiohjelmien lisäksi on olemassa monia sellaisia sovelluksia, joissa sähköpostijärjestelmää on eri tavoin laajennettu vastaamaan paremmin opetuksen tarpeita. Bakerin, Levy Cohenin ja Moellerin (1997) sähköpostipohjainen ohjelmisto KidCode on suunniteltu vastaamaan kansallisen matematiikan opettajien liiton (National Council of Teachers of Mathematics, NCTM) perusopetus suunnitelman standardeja. Siinä on erityisesti pyritty huomioimaan se, miten tärkeää on käsitteellisen

yhteyden syntyminen matemaattisen kielen ja konkreettisten matemaattisten operaatioiden välille.

Yhteisöllinen oppiminen internetissä ja WWW:ssä

Ero kehiteltyjen sähköpostijärjestelmien ja internet-pohjaisten neuvottelujärjestelmien välillä ei ole kovin suuri. Neuvottelujärjestelmä on ollut internetissä käytössä jo vuosia Usenet-uutisryhmien muodossa. Lomake-ominaisuuden tulo HTML-kieleen mahdollisti neuvottelujärjestelmän luomisen myös www:hen. Tietokoneneuvottelut vuorovaikutteisena välineenä ovat olleet käytössä ensimmäisistä tietoverkoista alkaen (Rheingold, 1993), mutta vasta viime aikoina ne ovat tulleet tyypilliseksi osaksi oppimisympäristöjä. Muista tietokonevälitteisen kommunikaation muodoista – kuten postituslistoista – tietokoneneuvottelu poikkeaa tiettyjen erityispiirteidensä suhteen: käyttäjän kontrolli, dokumenttien järjestäminen, jaetut tietokannat ja vuorovaikutuksen tyyli tekevät siitä erityisen toimivan vuorovaikutustavan opetuskäyttöön (Bates, 1995; Harasim ja kumpp., 1995; Malikowski, 1998). Yksi www-pohjaisen neuvottelun opetukselliselta kannalta tärkeä piirre on keskustelujen tehokas hallinta. Muita opetuskäyttöä tukevia piirteitä ovat ajallinen ja paikallinen riippumattomuus, mikä sallii saman- ja eriaikaisten keskustelujen yhdistämisen (Bates, 1995; Malikowski, 1998; Phelps ja kumpp., 1991).

Www-pohjaisia ympäristöjä voidaan rakentaa monin eri tavoin. Monissa interaktiivisissa www-sovelluksissa käyttäjien on mahdollista kirjoittaa omia kommenttejaan tietokantaan, mutta lähetettävien viestien järjestämistä ei ole juuri huomioitu. Jokainen uusi viesti yksinkertaisesti lisätään edellisten perään. ”Tässä suhteessa nämä web-sivut muistuttavat varhaisia sähköisiä ilmoitustauluja, joita alkoi ilmaantua 70- ja 80-lukujen vaihteessa. On mahdollista kirjoittaa vastaus edelliseen viestiin, mutta koska nämä viestit vain heitetään toisiinsa liittymättömien viestien 'isoon pataan' siten, että alkuperäisen viestin ja sen vastauksen välille ei synny yhteyttä, etenevien keskustelujen ylläpitäminen on vaikeaa.” (Woolley, 1995).

Woolleyn (1995) mukaan jonkinlainen rakenteisuus on olennainen osa todellista neuvottelujärjestelmää. Erityisesti järjestelmän täytyy mahdollistaa viestien lukeminen niin, että keskusteluketjuja voi seurata oikeassa järjestyksessä. Tällainen mahdolli-

suus tarjotaan useissa äskettäin kehitetyissä www-pohjaisissa neuvottelujärjestelmissä. Mutta on myös esimerkkejä järjestelmistä, joita suuri osa käyttäjistä ei hyväksy liian tiukan strukturoinnin vuoksi. Tiukan struktuurin omaavista järjestelmistä Woolley mainitsee Ari Luotosen kehittämän WIT-järjestelmän, joka oli aivan ensimmäisiä neuvottelujärjestelmiä www:ssä. WIT-ympäristössä keskustelu esitetään pysyvän, jatkuvasti laajenevan hierarkkisen puumallin muodossa. Puumalli voi haarautua loputtomasti, mutta hierarkian kolmella ylimmällä tasolla on hyvin spesifit tarkoituksensa, ja ne on nimetty seuraavasti:

- Aihe - ratkaistava ongelma
- Ehdotus - keskustelun avauslause, joka liittyy aiheeseen
- Argumentti - väite ehdotuksen puolesta tai vastaan

Kuka tahansa voi avata keskustelua uusista aiheista sekä kirjoittaa ehdotuksia ja argumentteja. Kun käyttäjä saapuu WIT-ympäristöön, hän näkee ensin tervetuliaisiviestin (keskustelualueen kuvaus), jota seuraa valittavien aihe-alueiden lista. Aiheen valinta vie käyttäjän kyseisen aihealueen sivuille. "Aihe-, ehdotus- ja argumenttisivuilla on joitakin yhteisiä piirteitä, kuten otsikko, päivämäärä, tekijän nimi ja teksti, mutta ne eroavat tekstin jälkeisen osan suhteen. Aihe- ja ehdotussivuilla on listattu vain aiheeseen liittyvät ehdotukset. Ehdotussivulla puolestaan näkyy koko argumenttipuu, joka on haarautunut ehdotuksista. Kunkin argumentin vieressä oleva kuvake kertoo joko myönteisestä (valkoinen merkki) tai kielteisestä (punainen merkki) kannasta. Argumenttisivu on muuten ehdotussivun kaltainen, mutta rajoittuu vain tietystä argumentista haarautuneen puun osan esittämiseen" (Woolley, 1995).

Yksi ongelmista, johon WIT:n käyttäjät kiinnittivät huomiota, oli joko myönteiseen tai kielteiseen argumentointiin "pakottaminen". Entä jos käyttäjä vain haluaakin lisätä asiaankuuluvan, mutta selkeästi puolueettoman kommentin? Samanlainen ongelma syntyy, jos käyttäjä on yhtä mieltä vain osasta ehdotusta. (Woolley, 1995.)

Useita erilaisia tapoja strukturoida keskustelua puu-, tähti- jne. -malleiksi on ehdotettu monissa viime vuosina kehitetyissä internet- ja www-pohjaisissa neuvottelujärjestelmissä. 5.3.1998 päivitettyillä web-sivuilla Woolley listasi n. 150 käytettävissä olevaa neuvottelujärjestelmää. Vain muutamat niistä, kuten Virtual-U (Harasim, 1994;

Harasim & kumpp., 1995), WebCT (Goldberg & Salari, 1997) ja Interactive Learning Network (<http://courses.lightlink.com/web/index.htm>) on alun perin luotu opetuskäyttöön. Toisaalta monia yleisiä tietokoneneuvotteluun kehitettyjä järjestelmiä, kuten COW-ohjelmaa (<http://thecity.sfsu.edu/COW2/>), on sovellettu menestyksekkäästi opetuksessa.

Virtuaaliyliopisto, Virtual-U, on ensimmäisiä laajalti käytettyjä www-pohjaisia oppimisympäristöjä. Sen tarkoituksena on ollut kehittää www:ssä olevaa online-ympäristöä tukemaan yhteisöllistä oppimista painottamalla erityisesti arkkitehtuuria, yliopistomaista ympäristöä ja työkaluja. Se on suunniteltu ns. avaruudellisen metaforan idean mukaisesti, eli käyttäjät suunnistavat käyttäen apunaan mielikuvia yliopistorakennuksista, toimistoista ja opiskelutiloista (Harasim, 1994; Harasim, Hiltz, Teles & Turoff, 1995).

Tutkimuskirjallisuudessa on kuvauksia monista erityisesti opetuksellisia päämääriä palvelevista järjestelmistä. Bell (1997) on kehittänyt järjestelmän, jossa argumenttien kuvaamista käyttäen yritetään tehdä ajattelua näkyväksi. Argumentaatioväline on yksi komponentti KIE-ohjelmaa (Knowledge Integration Environment), joka on internet-pohjainen (luonnon)tieteen opetusohjelma. Siinä tehdään oppilaiden ajattelu näkyväksi yksilöllisen ja yhteisöllisen luokkatyöskentelyn aikana.

Shabon ja kumppanien (1997) JavaCap on www-pohjainen ohjelmisto, jossa oppilaat voivat julkaista tuotoksiaan ja tutustua muiden teksteihin ratkaistessaan ongelmia. Puntambekarin ja kumppanien (1997) Web-SMILE puolestaan tarjoaa keinot suunnittelemaan oppimisen (Learning by Design -curriculum) toteuttamiseen. Ohjelmalla voidaan yhdistää samanaikaisesti ja eriaikaisesti tapahtuva yhteistyö ja etenevä keskustelu.

Yhteisten tietokantojen luominen ja käyttö on mahdollista monissa verkkopohjaisissa yhteisöllisen oppimisen ympäristöissä. Erityisesti tietopalveluiden laaja tarjonta www:ssä tekee jaettujen tietokantojen käytön houkuttelevaksi mahdollisuudeksi. Esimerkiksi Kupperman, Wallace ja Bos (1997) kehittivät oppimisympäristön, jossa oppilaat voivat luoda ja käyttää www-sivuilta löytyviä yhteiskäyttöisiä bibliografisia

tietokantoja. Tutkimuksessa 9. luokan oppilaat käyttivät tätä yhteistä internet-tietokantaa yhteisöllisen tutkimuksen ja tiedonrakentelun välineenä.

Yhdistetyt monivälinejärjestelmät

Monissa sovelluksissa opiskelijoille tarjotaan mahdollisuus käyttää samanaikaisesti useita yhteistöllistä oppimista tukevia työvälineitä. Fishmanin ja Gomezin (1997) tutkimuksessa luokkahuoneet varustettiin nopeilla internet-yhteyksillä ja tietokonevälitteisillä kommunikaatiotyökaluilla (computer-mediated communication, CMC). Työvälineisiin sisältyivät sähköposti, Usenet-utisryhmät ja asynkroninen multimedialine nimeltä CoVis Collaboratory Notebook, joka on suunniteltu erityisesti tukemaan tutkivaa oppimista. Sutton (1996) on suunnitellut 2000-luvun luokkahuoneen DELTA-projektissa (Direct Electronic Learning Teaching Alternative), jossa on kolme tavoitetta: parantaa ohjauksen laatua ja tehokkuutta, edesauttaa luontevan yhteyden syntymistä koulu- ja korkeakouluopetuksen välille sekä edistää julkisen rahoituksen tuottavaa käyttöä. DELTA-projektissa koulut varustetaan CalREN-välineistöllä (California Research and Educational Network), joka piti sisällään leveäkaistaisen verkko-sovelluksen, erilaisia opetustietokoneita, videon, diaprojektorin sekä esityskameran. Työasemat on lisäksi varustettu videoneuvotteluoimainaisuuksilla, jotta etäällä toisistaan asuvat oppilaat voisivat tehdä täysimittaista yhteistyötä.

Myös Miller ja Castellanos (1996) ovat yhdistäneet erilaisia työvälineitä – The Virtual Notebook System Trademark (VNS) -ohjelma ja MATLAB-ohjelma – tutkimukseensa, joka koskee teknologian käyttöä luonnontieteen ja matematiikan yhteisöllisessä oppimisessa. VNS Trademark on hajautettu multimedia- ja hypertekstijärjestelmä, jossa käyttäjät voivat luoda ja jakaa muistikirjasivuja. Tieto on organisoitu objekteiksi, kuten teksti-, kuva-, ääni- ja videosegmenteiksi, animoiduiksi kuviksi tai reaaliaikaisiksi videoneuvottelulinkeiksi. MATLAB on korkeatasoinen ohjelmointikieli tieteen ja tekniikan laskennallisiin tarpeisiin.

Italialaisessa projektissa TELECOMUNICANDO ti presento i miei tesori (Telekommunikaatio aikaansaannosteni esittämisen välineenä) oppilaat (3.-12. luokilta) opiskelivat kulttuuri-ilmiöitä kehittämällä yhteistä hypermediaa. Koulut tekivät yhteistyötä telekommunikaation ja videoneuvottelun avulla. Opettajat osallistuivat projektiin tut-

kijoina, ja päätavoite oli arvioida yhteisöllisen oppimisen metakognitiivisia, motivaationaalaisia ja sosiaalisia vaikutuksia.

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen vaikutus oppimistuloksiin

Pitkä tutkimustraditio osoittaa, että yhteistoiminnalliset ja yhteisölliset työtavat ovat eduksi oppimiselle (Slavin, 1997). Näin on etenkin tilanteissa, joissa ryhmän jäsenten välinen työnjako ja yhteiset kannustimet tähtäävät kaikkien ryhmän jäsenten hyvään suoritumiseen. Suurin osa todisteista yhteistoiminnallisen oppimisen vaikuttavuudesta on saatu kuitenkin lyhytkestoisista kokeiluista, ja ne perustuvat melko mekanistiseen kognitiiviseen suoritumiseen. Eräs tunnetuimmista yhteistoiminnallisen oppimisen menestystarinoista on Palincsarin ja Brownin (1984) kehittämä vastavuoroisen oppimisen malli. Ko. malli on osoittautunut menestyksekkääksi myös monissa myöhemmissä samankaltaisissa olosuhteissa toteutetuissa koeasetelmissa (Järvelä, 1996). Yhteisöllisen oppimisen teorit puolestaan perustuvat ajatukseen, että tiedonmuodostus on perimmältään sosiaalinen tapahtuma ja että yhteistyö on erityisen tärkeää vaativan tietoaineksen ja korkeamman tason kognitiivisten taitojen oppimisessa. Mikä sitten on tietokoneiden tuottama lisäarvo yhteisöllisen oppimisen ympäristöissä?

Laajat meta-analyysit tietokoneiden opetuskäytön vaikuttavuudesta ovat osoittaneet, että useimmissa tutkimuksissa teknologian käyttö on huomattavasti parantanut oppimistuloksia (esim. Fletcher-Flinn & Gravatt, 1995; Khaili & Shashaani, 1994; Kulik & Kulik, 1991; Kulik & Kulik, 1994). Nämä tutkimukset eivät kuitenkaan erittele sitä, minkälaisiin pedagogisiin ideoihin tietokoneiden käyttö luokkatilanteessa on perustunut. Näiden yleisluontoisten tutkimusten perusteella ei näin ollen ole mahdollista tehdä mitään varmoja johtopäätöksiä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen vaikuttavuudesta.

Muutamit empiiriset tutkimukset tarjoavat evidenssiä sille, että tunnetut tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristöt, kuten CSILE ja Belvedere, olisivat hyödyllisiä korkeamman tason sosiaalisen vuorovaikutuksessa ja siten parantaisivat oppimista ymmärryksen syvenemisen kautta (Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994;

Suthers, 1998). Todistusaineisto vastaavien tulosten saavuttamisesta normaalissa luokkaympäristössä kuitenkin edelleen puuttuu. On esimerkiksi mahdollista, että samanlaisia positiivisia vaikutuksia voitaisiin luokkatilanteissa saada aikaan myös ilman tietokoneita, pelkkien yhteisöllisten työtapojen avulla.

Vaikka muutaman viime vuoden aikana on julkaistu satoja artikkeleja tietokoneavusteisesta yhteisöllisestä oppimisesta, hyvin kontrolloidut tutkimukset menetelmän soveltuvuudesta normaaliin luokkaympäristöön ja tietokoneiden lisäarvosta verrattuna yhteisöllisen työskentelyyn ilman tietokoneita ovat vielä vähäisiä. Suurin osa tätä katsausta varten lukemistamme julkaisuista kuvailivat kylläkin käytettyä järjestelmää, olosuhteita ja oppilaiden välisiä keskusteluprosesseja, mutta eivät esittäneet mitään aineistoa saavutetuista oppimistuloksista. Toisaalta tämän voidaan väittää johtuvan tutkimuksissa käytetystä erilaisesta oppimista koskevasta lähestymistavasta.

Sfard (1998) jakaa oppimisen metaforat seuraavasti: tiedon hankinnan metafora ja osallistumisen metafora. Kysymykset oppimistuloksista kuuluvat perinteisemmän tiedon hankinnan lähestymistavan alueelle, jossa oppiminen nähdään yksilötason toimiona ja tieto yksilön omaisuutena. Yhteisöllisen oppimisen ideat liittyvät ainakin osittain uuteen osallistumisen metaforaan. Tämän lähestymistavan kannalta ei ole mielekäästä kysyä, kuinka paljon tai kuinka hyvin organisoitunutta tietoa yksittäinen oppilas on hankkinut. Sen sijaan oppiminen nähdään osallistumisena ja tieto harjoituksen, keskustelun ja toiminnan osana (Sfard, 1998, 7).

On olemassa lukuisia tutkimuksia, joissa tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristön käytöllä on osoitettu olevan lupaavia vaikutuksia sosiaalisen vuorovaikutuksen määrään ja laatuun sekä muihin opetus-oppimisprosessin piirteisiin (esim. Amigues & Agostinelli, 1992; Crook, 1994; Davis & Huttenlocher, 1995; Fishman J. & Gomez, 1997; Lamon ja kumpp. 1996; McConnell, 1994; Rysavy & Sales, 1991; Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994; Suzuki & Hiroshi, 1997). Näiden optimististen ”valtavirta”-artikkelien lisäksi on olemassa muutama sellainen tutkimusraportti, jossa on yritetty analysoida myös niitä ongelmia, joita oppilaat ovat kohdanneet työskentellessään yhteisöllisessä ympäristöissä. Erityisesti yleinen passiivisuus ja osallistumisaktiivisuuden epätasainen jakautuminen ovat tavallisia, mutta harvoin perusteellisesti tutkittuja ongelmia yhteisöllisen oppimisen ympäristöissä (esim. Eraut, 1995;

Lehtinen ja kumpp., 1997). Kun on kyse tietokonevälitteisestä kommunikaatiosta, sosiaalisen vuorovaikutuksen rajoitukset ovat erilaisia kuin kasvokkaisessa vuorovaikutuksessa (Lea, 1992; Walther, Anderson & Park, 1994). Näitä kommunikaatiomuutoksia ei ole riittävästi analysoitu uusimmassa tietokoneavusteisten yhteisöllisten oppimisympäristöjen vuorovaikutusprosesseja koskevassa tutkimuksessa.

Olemme yhtä mieltä Sfardin (1998) kanssa siitä, että molemmat oppimisen metaforat (tiedon hankinta ja osallistuminen) ovat hyödyllisiä, ja että edellistä ei tulisi täysin korvata jälkimmäisellä. Tämä tarkoittaa sitä, että keskusteluprosessien ja toimintojen kuvaamisen lisäksi meidän tulisi kiinnittää huomiota myös oppilaiden yksilölliseen tiedon hankkimiseen tietokoneavusteisessa yhteisöllisessä oppimisympäristössä. Kuitenkin on tärkeää huomata, että suorien syy-seuraussuhteiden johtaminen tietyn tietokonesovelluksen ja oppimistulosten välille voi olla harhaanjohtavaa. Salomon (1994; 1996) on erityisesti korostanut tätä ongelmaa. Hän ehdottaa systemaattisempaa lähestymistapaa, jossa yksinkertaisten riippumattomien ja riippuvien muuttujien välisten kausaalisten vaikutusten sijaan analysoitaisiin muutoksen muotoja.

Rysavy ja Sales (1991) julkaisivat katsauksen, jossa he esittivät yhteenvedon 13:sta yhteistoiminnallisen tietokoneavusteisen oppimisen tutkimuksesta (julkaistu välillä 1982-1988). Katsauksessaan he arvioivat oppimistuloksia ja motivaatiota koskevia tutkimustuloksia. Kymmenen kolmestatoista tutkimuksesta oli kohdistunut opiskelijoiden oppimistuloksiin. Kuudessa näistä tutkimuksista tietokoneavusteiset yhteistoiminnalliset olosuhteet johtivat parempiin oppimistuloksiin kuin vastaavat kontrolliolosuhteet, neljässä ei havaittu merkitseviä vaikutuksia. Kahdessa tutkimuksessa tarkasteltiin motivaatiota, ja molemmissa raportoitiin positiivisia vaikutuksia. Hooperin ja Hannafinin (1988) tutkimuksessa oppimistuloksia arvioitiin suhteessa oppilaiden taitotasoon ja ryhmittelyyn. Tällöin todettiin, että heikot oppilaat suoriutuivat paremmin heterogeenisissä kuin homogeenisissä ryhmissä. Sukupuoleen liittyviä seikkoja käsiteltiin kuudessa tutkimuksessa. Kolmessa näistä tutkimuksesta (Carrier & Sales, 1987; Dalton, Hannafin & Hooper, 1987; Johnson, Johnson & Stanne, 1985) saatiin jonkinlaista tukea sille, että naisopiskelijat hyötyivät miesopiskelijoita enemmän tietokoneavusteisesta yhteistoiminnallisesta oppimisesta. Muissa kolmessa tutkimuksessa sukupuolten väliset erot eivät olleet merkitseviä.

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tutkimusten määrä on voimakkaasti lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana. Lukuisten tutkimusten tarkoituksena on ollut selvittää ympäristöjen vaikutuksia oppimistuloksiin. Useat tietokonepohjaisen pienryhmäopetuksen tutkimuksista 80-luvun lopulla ja 90-luvun alussa osoittavat tällaisella työskentelyllä olevan ainakin joitakin positiivisia vaikutuksia oppimiseen (esim. Hativa, 1988; Hooper, 1992; Mevarech, Silber & Fine, 1991; Shlechter, 1990).

Lightin ja kumppanien tutkimusryhmä toteutti kokeellisen tutkimuksen (Littleton ja kumpp. 1992; Blaye & Light, 1995), jossa 120 11—12-vuotiaasta oppilasta suorittivat tietokonepohjaista ongelmanratkaisutehtävää, joka oli laadittu seikkailupelin muotoon. Peli oli laadittu Macintosh-tietokoneen HyperCard 2 -ohjelmalla. Pelin juoni koostui tutun lastensadun tai -laulun osista ja kyseisenä aikana lapsille suunnatusta TV-mainoksesta. Tehtävä oli tutkimustarkoituksiin suunniteltu tietokonepohjainen reitinvalintatehtävä. Tutkimuksen tuloksena oli, että parityöskentely oli yksilötyöskentelyä tehokkaampaa keskimmaisessä pelin kolmesta osasta. Yksilötasolla loppu-testissä ei kuitenkaan ollut mitään eroja ryhmien välillä. Poikien tulokset olivat vähän parempia. Kolmen eri tyyppisen työparin (poika-poika, tyttö-tyttö ja poika-tyttö) suorituksissa oli seuraavanlainen paremmuusjärjestys: poika-poika > poika-tyttö > tyttö-tyttö. Tämä suuntaus oli samanlainen kaikissa kolmessa osiossa.

Sama tutkimusryhmä on raportoinut myös oppilasvuorovaikutusta käsitelleitä tutkimuksia (Joiner ja kumppanit, 1995). Ensimmäisessä tutkimuksessa oli mukana 39 lasta (13 paria samaa sukupuolta ja 13 yksin työskentelevää). Tehtävässä työskenneltiin kuvitteelliseen maahan sijoitetulla seikkailupelillä. Suurin osa etenemissuunnitelman tekemisessä tarvittavasta tiedosta piti päätellä pelin tietokannasta. Etukäteistietoja, jotka kaikilla osallistujilla edellytettiin olevan ennestään, tarvittiin hyvin vähän. Toinen tutkimus oli pilottikoe, johon osallistui 15 aikuista (5 yksin työskentelevää ja 5 paria). Molemmissa tutkimuksissa työparit tekivät enemmän etukäteissuunnittelua kuin yksin työskentelevät keräämällä enemmän informaatiota ennen pelisuorituksen aloitusta. Työparit näyttivät pystyvän tehokkaammin käyttämään hyväkseen ohjelman vihjeitä (prompts) ja muuttamaan työskentelystrategiaansa järjestelmän antaman tiedon, kuten virheilmoitusten, perusteella.

Kaikki edellä mainitut vaikuttavuustutkimukset käsitelivät tietokoneen ääressä tapahtuvaa kasvokkaista vuorovaikutusta. Taulukossa 1 on yhteenveto tutkimuksista, joista osassa tietokoneet ovat olleet myös eriaikaisen kommunikaation ja etävuorovaikutuksen välineinä (tietokoneiden välityksellä tapahtuva vuorovaikutus).

Taulukko 2. Viimeaikaisissa tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tutkimuksissa esitettyjä oppimisvaikutuksia.

Tekijät	Välineet	Aihe	Osallistujat	Vaikutukset
Alavi, M., 1994	Vision Quest - ohjelmisto: yhteistyön ja yhteisöllisen tiedonrakentelun väline (WS)	Tietojärjestelmien hallinta	127 MBA - opiskelijaa	Merkittäviä kokeellisia vaikutuksia aiheen oppimiseen, tunnereaktioihin, havaittuihin taitoihin ja itseraportoituun oppimiseen ja kiinnostukseen
Baker, Levy Cohen & Muller, 1997	(KidCode) sähköposti-pohjainen ohjelmisto/ maattisen representaation välineet (WAN)	Matematiikka	20 lasta (5-10 v.)	Lasten symbolienkäsittely-taitojen ja -kyvyn paraneminen*
Bell, P. 1997	(KIE) internet-pohjainen oppimissovellus: argumentaation välineet (WAN)	Fysiikka	180 keskiasteen oppilasta	Edistymistä käsitteellisen mallin käytössä*
Bruckman & De Bonte, 1997	Tekstipohjainen virtuaalisen maailman ympäristö (WS)	Lukeminen, kirjoittaminen, ohjelmointi	3-6-luokkalaisten, n=?	Positiivinen vaikutus ilmapäiriin
Brush, 1997	ILS (Integrated Learning Systems) yksilöille ja ryhmille (WS)	Matematiikka	65 5-luokkalaista	Ryhmässä työskennelleillä oppilailla oli merkittävästi positiivisemmat asenteet ja he esittivät korkeammantasoisia kysymyksiä kuin yksin työskennelleet
Butler, 1995	Daedalus Mail and Interchange, neuvottelujärjestelmä (LAN)	Historia	45 lukio-opiskelijaa ja tutoria (yliopisto-opiskelijoita)	Oppiminen ja asenteet kirjoittamista ja historian opiskelua kohtaan paranivat*
Chyung, Repman & Lan (1995)	Akateeminen riskinotto (ART) matematiikan laskuissa (WS)	Matematiikka	75 3-luokkalaista ja 62 4-luokkalaista	CSCL-oppilaat ottivat merkittävästi enemmän riskejä (valitsivat vaikeampia tehtäviä)
Enyedy, Vahey & Gifford (1997)	Propability Inquiry Environment (PIE) (WS)	Matematiikka	7-luokkalaista (PIE-luokka n=45, kntrl. luokka n=54)	Merkittäviä vaikutuksia matematiikan tehtävissä
Graves, D. & Klawe, M. (1997)	Multimedia-väline (Builder) oppilaspareille (WS)	Matematiikka	134 peruskoulu-laista, 10-12 -vuotiaita	Merkittäviä vaikutuksia matematiikan tehtävissä/positiivisissa asenteissa
Hmelo, Vane-gas, Realff, Bras, Mulhol-land, Shikano & Guzdial (1995)	Collaborative Multimedia Interactive Learning Environment (CaMILE) ongelma-pohjaiseen oppimiseen (WAN)	Insinööritaito	Insinööri-opiskelijoita n=?	CSCL-oppilaat parempia eettisten, ympäristö- ja talous-asioiden tutkimisessa, mutta ei tietojen soveltamisessa*
Hooper & Temiyakarn (1993)	Kokeellisiin tarkoituksiin suunniteltu tietokoneohjelma	Keinotekoinen symbolijärjestelmä	175 4-luokkalaista	Hyvät ja keskitasoiset CSCL-oppilaat merkittävästi parempia korkeamman tason oppimis- ja yleistämistehtävissä
Kupperman, Wallace & Bos (1997)	WWW-tietokanta (WAN)	Yhteiskunta tieteet	82 lukio-opiskelijaa	Ei oletettuja vaikutuksia
McDonnel, D. (1994)	Tietokoneneuvottelu ja sähköposti (Caucus system) (LAN)	Johtaminen	Toisen vuoden osa-aikaiset yliopisto-opisk.	Havaintona tehokas ryhmädynamiikka*
Newman, Johnson, Webb &	Network Telepathy tietokone-neuvottelujärjestelmä (WAN)	Tiedonhallinta	Yliopisto-opiskelijat	Normaalit seminaarit parempia luovassa ongelmanratkaisussa

Cochrane (1997)				ja tietokoneuuvottelut tietojen kehittämisessä ja yhdistämisessä
Repman, J. 1993	Strukturoimaton ja strukturoitu sekä strukturoitu yhteisöllinen opetus tietokone-ympäristössä (WS)	Yhteiskuntaoppi	190 7-luokkalaista	Ajattelun taso merkittävästi parempi yhteisöllistä opetusta saaneessa ryhmässä
Shabo, Nagel, Guzdial & Kolodner (1997)	JavaCap, työväline ongelmalähtöiseen oppimiseen	Maantiede ja biologia	7 8-luokkalaista, 14 7-luokkalaista	Vain prosessin seuraamista: pääosin positiivisia tuloksia*
Seymour (1994)	Piirto-ohjelma	Tietokoneavusteinen suunnittelu	57 yliopistopiskelijää	Ei merkittäviä eroja yhteistoiminnallisen ja yksilöllisen työsk. välillä
Silverman, Barry G. (1995)	Konstruktivistinen palapeli tietokoneen tuella ja ilman (LAN)	Johtaminen	Aikuisopiskelijat	Tietokoneavusteinen yhteisöllinen ryhmä parempi kuin pelkkä yhteistoiminnallinen ryhmä

*ei kontrolloitua kokeellista mallia

WAN = wide area networkbased system (yleiseen tietoverkkoon perustuva järjestelmä)

LAN = local area networkbased system (paikallisverkkoon perustuva järjestelmä)

WS = workstation system (yksittäinen työasema ilman tietoverkkoa)

Taulukossa 1 esitetyt tutkimukset tukevat teoreettisia oletuksia siitä, että yhteistyö tieto- ja viestintätekniikkaa käyttäen voisi parantaa oppimista. Useimmat tutkimukset ovat kuitenkin lyhyen aikavälin kokeita, jotka ovat kohdistuneet vain pieneen joukkoon oppilaita. Jotkut tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen projekteista, kuten CoVis (Pea, Edelson & Gomez, 1994a), ovat hyvin laajalle levinneitä, mutta menetelmien tehokkuudesta ei edelleenkään ole kontrolloituja seurantaloksia. On myös tärkeää huomioida vaikuttavuustutkimusten yleiset ongelmat. Positiivisia tuloksia sisältävät oppimisympäristötutkimukset julkaistaan suuremmalla todennäköisyydellä kuin yhtä laadukkaat vastaavat tutkimukset, joiden tulokset eivät ole merkitseviä tai ovat negatiivisia. Lisäksi kontrolliolosuhteita ei useinkaan suunnitella yhtä huolellisesti kuin varsinaisia koeryhmän olosuhteita (ks. Kulik & Kulik, 1987). Huolimatta yllä mainituista tutkimuksellisista rajoituksista voidaan olettaa, että oppimisen laatua on mahdollista parantaa käyttämällä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen menetelmiä.

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen kehittyminen: Katsaus hyviin käytäntöihin

Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tarpeisiin on kehitetty useita erilaisia työvälineitä. Jotkut näistä ovat melko laajasti tunnettuja järjestelmiä, joilla on ollut merkittävä rooli tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen teorian ja käytäntöjen kehittämisessä. Tässä luvussa esitellään joitakin teoreettisesti kiinnostavia järjestelmiä, joiden periaatteet ja käytännöt osittain täydentävät toisiaan. Kaikkien oppimisympäristöjen suunnitteluratkaisujen taustalla on vankka teoreettinen perusta.

Computer-Supported Intentional Learning - CSILE

Useimmat ongelma-keskeiselle oppimiselle tärkeät piirteet, jotka ovat tyypillisiä tiede- ja tutkimustyölle, on sisällytetty CSILE-järjestelmän (Computer-supported Intentional Learning Environment) rakenteeseen ja siihen liittyviin kognitiivisiin käytäntöihin. CSILE, joka kehitettiin alun perin 80-luvun lopulla (Scardamalia ja kumpp., 1989), on verkkopohjainen oppimisympäristö, joka on tarkoitettu perusopetukseen tukemaan oppilaiden korkeammantasoisista ongelma-keskeistä oppimista. CSILE:n uusi kaupallinen versio on nimeltään Knowledge Forum.

CSILE on tiedon rakentelemisen, kehittelemisen, tutkimisen ja jäsentelemisen ympäristö (Scardamalia & Bereiter, 1989; 1990; 1991; 1992, 1993; 1994; 1996; Bereiter & Scardamalia, 1991). CSILE-järjestelmän suunnittelussa on nerokkaasti sovellettu uusinta tutkimustietoa asiantuntijuuden ja lukutaidon kehittymisestä, hajautetusta kognitiosta ja monimutkaisesta ongelmanratkaisusta. Järjestelmässä on työkalut tekstin ja kuvien käsittelyyn. Järjestelmän ytimenä on yhteinen tietokanta, jossa tietoa voidaan tuottaa, etsiä, luokitella ja yhdistellä. Korkeatasoisen tiedonkäsittelyn edistämiseksi oppilaat ovat itse vastuussa kaiken tiedon tuottamisesta tietokantaan. Järjestelmä helpottaa tiedonkäsittelyn saavutusten jakamista siten, että kaikilla oppilailla on pääsy kaikkiin tekstimuistiinpanoihin eli nootteihin, kommentteihin ja kuviin, joita oppilastoverit ovat tuottaneet. CSILE on tarkoitettu edistämään yhteisöllistä oppimista kehittyneiden tiedon etsintää ja kommentointia helpottavien ominaisuuksiensa avulla. Oppilaat työskentelevät CSILE-ympäristössä kirjoittamalla nootteja, luomalla kuvia sekä

lukemalla ja kommentoimalla toistensa tuotoksia erilaisilla sisältöalueilla kuten matematiikassa, fysiikassa, biologiassa ja historiassa. CSILE on suunniteltu tarjoamaan oppimista helpottavia rakenteita ja työkaluja, eli toiminnallista tukea, joka antaa oppilaille mahdollisuuden käyttää omaa ajatteluaan ja tietämystään (Scardamalia ja kumpp., 1989).

CSILE:n ajatustyypit (Thinking Types) edustavat tietoteoreettista käsitystä siitä, minäkalaiset seikat ongelmakeskeisessä oppimisessä ovat kriittisiä ajattelutoimintojen jäsentämisessä, ilman että oletetaan oppilaille itsellään olevan teoreettista ymmärrystä näistä peruseriaateista.

CSILE tukee tiedon kehittelyn käytäntöjä tarjoamalla ympäristön, jossa oppilaat voivat yhdessä käsitellä tieto-objekteja (Scardamalia & Bereiter, 1994). Popperin termein ilmaistuna (katso Bereiter, 1994) CSILE-oppilaita ohjataan luomaan kulttuuritiedon maailman (maailman 3) objekteja omia intuitiivisia teorioitaan rakentelemalla. CSILE:n avoin tietokanta toimii tavallaan luokan omana Popperin kulttuuritiedon maailmana, jossa oppilaat voivat työskennellä yhdessä yhteisen tietämyksen edistämiseksi. Oppilaat paneutuvat tieto-objektien tuottamiseen samaan tapaan kuin tieteellinen yhteisö keskittyy teorioiden kehittelyyn. Scardamalia & Bereiter (1994) väittävät, että erittäin tehokas tapa oppia ymmärtämään ja selittämään jokin tieto-objekti on luoda toinen objekti (esim. oletus, teoria), joka perustuu tähän objektiin.

CSILE-ympäristön antaman tuen tarkoitus on saada oppilasryhmä toimimaan yhteisöllisen tiedeyhteisöä tavoin. Jotta voitaisiin selvittää, kuinka tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen tukee oppilaiden yhteistyötä, on tärkeää analysoida, missä määrin oppilaat pystyvät luomaan tutkimuskulttuurin, jossa tiedonrakentelu on toteutettu yhteisöllisesti ja jokaisen oppilaan kognitiivisia ponnisteluja tiedon kehittämisiksi tuetaan sosiaalisesti. Kriittisiä kysymyksiä ovat esimerkiksi, missä määrin oppilaat pystyvät edistämään toistensa käsitteellistä ymmärrystä ja auttaako oppijoiden keskinäinen vuorovaikutteinen keskustelu heitä syventämään tutkimusprosessiaan, etsimään ja jakamaan uutta tietoa sekä tuottamaan vastauksia tutkimuskysymyksiin (Scardamalia & Bereiter, 1989).

CSILE:n tarkoituksena on saada oppilaat sitoutumaan vaativaan prosessiin, jossa luodaan tutkimuskysymyksiä, tuotetaan ja kehitellään omia intuitiivisia selityksiä sekä etsitään tieteellistä tietoa. Tukea ongelmanratkaisuprosessiin osallistumiselle tarjoaa CSILE:n ajatustyyppien käyttö, joita on esimerkiksi New learning, Problem ja My theory. Lisäksi erityinen ajatustyyppi (INTU) tukee uusien tarkempien tutkimuskysymysten asettamista ja ohjaa ongelmanratkaisuprosessin syventämiseen. Lisäksi CSILE edistää sosiaalisesti jaettua ongelmanratkaisua tarjoamalla välineitä kognitiivisten saavutusten jakamiseen. Järjestelmän tietokanta helpottaa tiedon objektivointia eli yhteisöllistä työskentelyä yhteisten tieto-objektien kehittämiselle. Tietämyksen kehittyminen on koko CSILE-oppilaista muodostuvan oppimisyhteisön vastuulla. Järjestelmä tarjoaa käyttäjille kehittyneitä välineitä oppimisyhteisön muiden jäsenten kanssa kommunikointiin. Näyttää siis siltä, että CSILE-ympäristöllä on mahdollisuudet edistää osallistumista korkeammantasoiseen ongelmanratkaisuun ja luoda kouluun uudenlaiset olosuhteet oppimiselle.

Vuonna 1996 kehitettiin WebCSILE, joka mahdollisti pääsyn CSILE-tietokantoihin tavallisen www-selaimen, kuten Netscapen tai Microsoft Explorerin avulla. Web-ohjelmistossa ei ole kaikkia niitä ominaisuuksia, joita on Macintosh-koneiden työasemaohjelmassa. WWW-käyttäjien on mahdollista lukea kaikkia tietokantanootteja, luoda uusia nootteja ja tehdä yhteistyötä muiden kanssa käyttämällä CSILE:n kommentointi- ja keskustelutyökaluja (<http://csile.oise.on.ca/intro.html>).

Kaupallinen versio CSILE-ympäristöstä, nimeltään Knowledge Forum, julkistettiin elokuussa 1997. Knowledge Forum on täysin komponenttipohjainen tiedonrakentelu-ympäristö. Se pohjautuu CSILE:n teknologiaan, johon on lisätty graafista toiminnallisuutta kuten muokattavia näkymiä ja erilaisia tietojen rakentelua ja yhdistelyä tukevia työkaluja. Knowledge Forumissa muistiinpanot eli nootit edustavat oppilaiden ideoita ja kysymyksiä. Ympäristössä oppilaat voivat kehittää ('build on') noottien ajatuksia eteenpäin, viitata ('reference') muiden oppilaiden töihin, antaa apua toisilleen ('contributions'), luoda uusia synteesejä aikaisempien noottien pohjalta ('rise-above') tai muodostaa kokonaisuuksia ('collections') toisiinsa liittyvistä nooteista. 'Scaffolds' tarkoittaa järjestelmään sisäänrakennettuja työkaluja sellaisten toimintojen tukemiseen kuten tekstianalyysi, teorianmuodostus ja väittely. Knowledge Forum on ainutlaatuinen siinä, että se tarjoaa mahdollisuuden tarkastella kasvavaa tietomäärää erilaisina näkymi-

nä ('Views'). Näkymät antavat mahdollisuuden noottien graafiseen järjestämiseen. Nootteja voidaan lisätä yhteen tai useampaan näkymään, linkittää, sijoittaa ryhmiin ja siirrellä edustamaan erilaisia tapoja käsitteellistää kehittyvää tietomäärää. Järjestelmä tarjoaa dynaamiset tiedon strukturoinnin mahdollisuudet, jotka ovat paljon kehittyneemmät kuin tyyppillinen listarakenne. Näiden ominaisuuksien on tarkoitus edistää uusien tavoitteiden muodostumista ja käsitteellistä muutosta (<http://csile.oise.on.ca/intro.html>).

Vaikka useat kognitiiviset tutkijat (esim. De Corte, 1993; Salomon, painossa; Salomon & Perkins, painossa) ovat huomauttaneet, että monet opetusteknologiasovellukset tukevat vain alemmantasoista tiedonkäsittelyä, tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen muodostaa poikkeuksen. On näyttöä siitä, että CSILE todella edistää korkeammantasoisia kognitiivisia prosesseja ja yhteisöllistä tiedonrakentelua (katso Lamon ja kumpp., 1996). Vertailu kahden ala-asteen luokan välillä, joista toisessa käytettiin CSILE:ä ja toisessa ei, osoitti CSILE:n käytöllä olevan merkittäviä vaikutuksia:

- lukemisen ymmärtämistä, sanastoa ja tavutusta mittaavien standarditestien tuloksiin,
- taitoihin lukea vaativia tekstejä,
- tuotettujen kysymysten laatuun,
- selitysten syvyyteen,
- matemaattiseen ongelmanratkaisuun,
- portfolio-kommentteihin sekä
- kuvalliseen lukutaitoon.

Hakkarainen (1998) analysoi oppilaiden keskinäisen vuorovaikutuksen laadullisia vaikutuksia ongelmanratkaisuprosessiin CSILE-ympäristössä. Analyysi osoitti, että CSILE:ä käyttävät oppilaat jakoivat luomiaan selittäviä teorioita sosiaalisesti. Ehkä vielä tärkeämpää, jokaisen oppilaan ongelmanratkaisuprosessin syvenemiseen vaikuttanut vuorovaikutusmuoto CSILE-oppilaiden kesken oli vaatimusten esittäminen siitä, että väitteet piti perustella selkeästi. Tällaisissa kommentteissa oppilaat huomauttivat kirjoittajalle, että esitetty ajatus tai teoria ei ollut selkeä, ja vaativat, että selitys pitää tehdä ymmärrettävämmäksi tai ilmaista paremmin. Kaikki CSILE:llä yhdessä työs-

kennelleet oppilaat ja opettaja tuottivat paljon kommentteja, joissa vaadittiin väitteiden selkeää perustelemista.

Hakkarainen ja Lipponen (1998) vertasivat oppilaiden tutkimis- ja oppimisprosesseja CSILE:ä käyttäneissä luokissa Kanadassa ja Suomessa. Tulokset osoittivat, että oppimiskulttuureissa olevat erot vaikuttavat voimakkaasti siihen, miten CSILE-ympäristö liitettiin luokan työskentelyyn. Tutkijat löysivät kaksi erilaista luokkaperinnettä, joita he kutsuvat yhteisölliseksi (collaborative) ja perinteiseksi (traditional). Analyysi osoitti, että yhteisöllisen ja perinteisen CSILE-ryhmän tutkiva työskentely oli tiedollisesti hyvin erilaista. Kun yhteisöllisessä ryhmässä esiintyi vuosi vuodelta yhä enemmän selittämiseen tähtäviä tutkivan oppimisen käytäntöjä, perinteinen ryhmä keskittyi jatkuvasti faktatiedon käsittelyyn. Kummankin CSILE-ryhmän tuottaman tiedon ja tutkimuskysymysten analysointi paljasti, että yhteisöllisen ryhmän oppilaiden työskentely keskittyi yhä enemmän ja enemmän selitystä etsivien tutkimuskysymysten tuottamiseen, omien intuitiivisten selitysten muodostamiseen ja selittävän tieteellisen tiedon etsimiseen. Aineiston tarkastelu viittaa siihen, että yhteisöllisen ryhmän tiedolliset saavutukset edellyttivät opettajan voimakasta panosta; käsitteellisesti haastavan tutkimusprojektin toteuttaminen ei olisi ollut mahdollista ilman opettajan ohjausta. Yhteisöllisen ryhmän opettaja näytti antaneen oppilaille paljon tiedollista tukea tarjoamalla asiantuntijamallin korkeammantasoisesta tutkimusprosessista.

Belvedere

Belvedere-järjestelmä perustuu pitkäaikaiseen tietokoneavusteisten oppimisympäristöjen tutkimukseen Pittsburgin yliopiston oppimisen ja kehityksen tutkimuskeskuksessa (Learning Research and Development Center; LRDC) (Lesgold, Weiner & Suthers, 1995; Suthers, 1998; Suthers & Jones, 1997; Suthers ja kumpp., 1995). Belvedere suuntaa ja ohjaa oppilaiden kognitiivista toimintaa tarjoamalla graafisen kielen, jonka avulla voi ilmaista hypoteesimuodostuksen, tiedonkeruun ja tiedon arvioinnin vaiheita. Järjestelmä toimii tieteellisenä asiantuntijatukena tekemällä ehdotuksia seuraavasta mahdollisesta toimenpiteestä sekä jäsentämällä aineistoa ja toimintoja kognitiivisesti motivoivalla tavalla. Se tukee yhteisöllisyyttä mahdollistamalla oppilaiden tuottamien kaavioiden jakamisen kaikille samanaikaisesti tai eriaikaisesti, samassa tai

eri paikassa työskenteleville sekä tekstipohjaisten keskusteluikkunoiden (chat) avulla. Belvedere perustuu työasema-palvelin-ratkaisuun, joka mahdollistaa kehittyneen opeusteknologian käytön monentyyppisissä teknisissä alustoissa, jos niissä vain toimii Java ja niissä on joitakin perusohjelmia kuten www-selain, tekstinkäsittely ja taulukkolaskenta.

Belvedere-sovelluksen käyttötarkoitus on kriittisten tutkimustaitojen oppiminen etenkin luonnontieteissä. Suthers ja Jones (1997) ovat listanneet näitä taitoja seuraavasti:

- Tutkimusalueeseen tutustuminen
- Tutkimusongelman määrittely
- Hypoteesien (tai ratkaisuehdotusten) asettaminen
- Hypoteeseja (tai ratkaisuehdotusta) tukevan evidenssin etsiminen ja tunnistaminen
- Johtopäätösten esittäminen evidenssin perusteella
- Yhteenvedon tekeminen tutkimuksesta ja raportointi muille
- Tutkimuksen merkityksen arviointi edellisiä vaiheita toistaen
- Tutkimuksesta keskusteleminen ja tehtävien koordinointi muiden kanssa
- Ohjauksen saaminen kriittisen tutkimuksen tekemisestä

Belvederen ydinosana on yhteinen työskentelyavaruus, jossa rakennetaan tutkimuskaavioita ("inquiry diagrams"), jotka yhdistävät aineiston ja hypoteesit todistussuhteiden avulla. Kaavioikkunassa opiskelija voi luoda tutkimuskaavion, joka on graafinen kuvaus teoreettisia oletuksia puolustavista ja vastustavista väitteistä. Kun opiskelija työskentelee ympäristössä, käytössä on ikkuna, josta voi saada neuvoja ohjaajalta.

Ympäristön toteutusratkaisu perustuu malliin, joka määrittelee peruserottelut, jotka opiskelijoiden pitää oppia tekemään suorittaessaan tieteellistä tutkimusta. Nämä toiminnot on sisällytetty ohjelmaan erillisinä työkaluina, jotka opiskelijalla on käytössään. Kaikki työkalut voidaan aktivoida käyttöliittymän painikkeista. Painikkeita ovat "data" empiirisille väitteille, "hypoteesi" teoreettisille väitteille, "määrittelemätön" väitteille, joista opiskelija on eri mieltä tai epävarma; linkit, joilla luodaan todistussuhteita "puolesta" ja "vastaan", sekä yhteyttä kuvaava linkki. Opiskelijat käyttävät työkaluja napsauttamalla painiketta, kirjoittamalla väitteen tekstinä sekä mahdollisesti asettamalla muita attribuutteja, ja napsauttamalla sitten kaaviota väitteen tai linkin

luomiseksi. Muista työkalupainikkeista saa neuvoja ja tietoja: ohjaajalta tulevia "ideoita" tai "tulevaa tietoa" joka tuo tietoa www-sivuilta. Lisäksi on painikkeita, josta voi käynnistää muita ohjelmia kuten www-selaimen. "Opastus"-valikosta saa suosituksia siitä, miten ohjelmaa käytetään viiden "tutkimuksen vaiheen" mukaan: selvittely (explore), hypoteesien luonti (hypothesize), tutkimuksen tekeminen (investigate), arviointi (evaluate) ja raportointi (report).

Käyttöliittymässä tuotettavien kaavioiden on tarkoitus tukea yhteisöllisyyttä mahdollistamalla yhteisen kontekstin ja viittauskohteen. Tällä on erilainen merkitys riippuen siitä, ovatko oppilaat läsnä samanaikaisesti vai työskentelevätkö he verkon välityksellä. Kun oppilaat työskentelevät yhdessä, kaaviot tukevat yhteisöllisyyttä helpottamalla keskustelun kohteena olevien asioiden mielessä pitämistä ja niihin viittaamista, riippumatta siitä, käyttävätkö oppilaat samaa näyttöä vai omia näyttöjään vierekkäin. Tällaisessa työskentelyssä opiskelijat osoittelevat paljon näyttöä käsitellessään luomiaan väitteitä ja todistussuhteita. Joissakin ryhmissä opiskelijat työskentelevät itsenäisesti, ja keksiessään jotain uutta osoittavat näytöltä oikean kohdan koordinoitakseen yhteistyötään. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun ryhmä saa tietoa jostakin muualta kuin verkosta, kuten käytännön kokeista. Opiskelijat voivat työskennellä yhtä aikaa samassa työskentelyvaruudessa, mutta eivät voi muokata samaa objektia samanaikaisesti. Verkkoympäristössä kaikki muutokset näkyvät muille samaa kaaviota käyttävillä "sinä näet saman kuin minä" -periaatteella. Diagrammien lisäksi keskustelumahdollisuus (chat) ja etäviittausrmekanismi tukevat vapaata luonnollisella kielellä tapahtuvaa keskustelua, jota tarvitaan koordinoimaan jäsentyneempää tutkimusdiagrammin laatimista etätyöskentelyssä (Suthers, 1998).

Belvedere-ympäristön käytön oppimisvaikutuksista verrattuna perinteisempään tiedeopetukseen ei ole kokeellista aineistoa. Sen sijaan joistakin Belvedereä käyttäneistä tutkimusluokista on olemassa perusteellisesti toteutettuja tapaustutkimuksia.

Belvedereä käytti 5 opettajaa 4 luokassa. Tutkitut opetuskokonaisuudet olivat 9. luokan luonnontiede, 9.-12. luokkien fysiikka, kemia, luonnontiede ja teknologia. Opetuksen kuluessa Belvederen luokkakäytön arviointi toteutettiin käyttämällä ulkopuolista arvioijaa, joka edusti projektin rahoitusorganisaatiota. Arviointimenetelmänä käytettiin tutkimusprojektin kehittämiä havainnointilomakkeita ja videoituja luokkatilanteita.

Riippumattoman arvioijan raportissa käsitellään Belvedere-työskentelyn vaikutuksia oppilaiden yleiseen toimintatapaan, opettajan rooliin ja luokkaympäristöön. Oppilaiden toimintaa koskevat havainnot osoittavat, että he olivat selvästi syventyneitä työskentelyyn niissä yhteisöllisissä ongelmanratkaisutilanteissa, joita arvioijille näytettiin laajasta Belvedere-projektista. Opettajien mielestä lähestymistapa kehitti opiskelijoiden kykyä työskennellä yhteisöllisesti.

"Havainnot opettajien ja oppilaiden toiminnasta Belvedereä käytettäessä osoittavat, että sitä on käytetty yhteistoiminnallisen ongelmanratkaisun apuna niin, että opiskelijat työskentelivät 2-4 osallistujan ryhmissä. Oppilaat näyttivät olevan syventyneitä suorittamaan annettua tehtävää. Opettajien arvioiden mukaan järjestelmää oli helppo käyttää, ja he huomasivat sen edistävän oppilaiden kykyä työskennellä yhteistoiminnallisesti ja puhua tieteellisestä hypoteesien testauksesta jäsentyneesti ja analyttisesti."

Oppilaat pitivät toimintarakennetta helposti seurattavana ja huomasivat sen helpottavan eri ohjelmien ja tietolähteiden, kuten www:n, avulla tehtyjen töiden yhdistämistä.

"Oppilaat raportoivat, että Belvederellä työskenneltäessä on helpompaa jäsenellä ja tarkastella tieteellisen hypoteesin puolesta ja sitä vastaan esitettyjä väitteitä. Lisäksi heidän mielestään oli helppoa yhdistää Belvederellä tehtyjä töitä muilla sovelluksilla kuten Wordilla, Excelillä tai www-selaimella tehtyihin töihin. Belvedereä käyttäneet oppilaat loivat tietorakennelmia, joissa oli yhdistetty Belvederellä tuotettuja tietokarttoja ja useista lähetistä, myös internetistä, otettua teksti- ja kuvatietoa, sekä numeerista tietoa, joka oli syntynyt luokkatyöskentelyn tuloksena."

Opettajat raportoivat, että heidän saamansa valmennus oli riittävää Belvedere-mallin soveltamiseksi luokassa.

"Belvedereä käyttäneille opettajille annetusta valmennuksesta kerätty aineisto osoittaa, että opettajat olivat hyvin tyytyväisiä saamaansa koulutukseen ja kokivat olleensa valmiita liittämään Belvederen käytön luokkatyöskentelyyn. Belvederestä annettu valmennus oli erittäin onnistunutta verrattuna CAETI-ohjelmassa muiden sovelluskehittäjien antamaan valmennukseen."

Riippumattomat arvioijat raportoivat myös erittäin selvästä erosta luokan organisaatiossa ennen ja jälkeen Belvedere-työskentelyn. Luokka muuttui perinteisestä pulpettiriveissä työskentelevien oppilaiden rakennelmasta pienryhmäorganisaatioksi, jossa oppilaat olivat kerääntyneet tietokoneiden ympärille tai muuhun työskentelyyn "kuin leiritulille" syventyneenä aktiiviseen keskusteluun.

CoVis

Roy Pea ja kumppanit ovat kehittäneet tiedeopetukseen opetusmenetelmän, joka myös perustuu yhteisölliseen tutkimiseen (Pea, Edelson & Gomez, 1994a; Pea, Edelson & Gomez, 1994b). Edelson, Pea and Gomez (1996) esittävät, että yleensäkin tieteellinen tutkimustyö tapahtuu pääasiassa yhteisöissä ja perustuu yhä enemmän yhteistyöhön, joka synnyttää instituutioihin "kollaboraatioita" verkkotekniikan avulla. Yhteisöllisten oppimisympäristöjen kehittämiseksi CoVis-projektissa on otettu käyttöön ensisijaisesti teollisuuden ja tutkimustyön tarpeisiin kehitettyä ryhmätyöteknologiaa ja sovellettu sitä lukio-opetuksessa. Tämän teknologian avulla oppilaat ja muut osapuolet voivat työskennellä yhdessä sekä luokassa että ympäri maata samanaikaisesti tai eriaikaisesti.

CoVis-projektin (Learning Throug Collaborative Visualization Project) tarkoituksena on tutkia ja kehittää uusia yhteisöllisen projektityöskentelyn käytäntöjä lukion tiedeopetukseen verkkoteknologian, yhteisöllisten ohjelmien ja visualisointityökalujen avulla. Kehittyneen teknologian avulla CoVis-projektissa on tarkoitus saada koulujen tiedeopetuksen käytännöt muistuttamaan oikeiden tieteentekijöiden toimintatapoja. Ensimmäistä kertaa maailmassa opetuskäyttöön sovelletun laajakaistaisen ISDN-verkon välityksellä opiskelijat voivat muodostaa yhteisöllisiä työryhmiä etäällä olevien toisten opiskelijoiden kanssa. Verkon avulla opiskelijat ovat yhteydessä myös yliopiston tutkijoihin ja muihin tiedeasiantuntijoihin.

CoVis-verkossa on kahdenlaisia työvälineitä. Tieteellisen visualisoinnin välineiden avulla suuria tutkimusaineistoja voidaan käsitellä ja havainnollistaa käyttäen apuna grafiikkaa, kuvia, värejä ja liikettä. CoVis-ympäristössä on siis oppilaiden oppimisvälineinä samoja työkaluja, joita ammattitutkijat käyttävät (Gomez, Gordin, Carlson, 1995; McGee & Pea, 1994). Ohjelma on suunniteltu tukemaan oppilaita tieteellisen tutkimuksen tekemisessä yhteisön jäsenenä. CoVis-projektin tarkoituksena on myös tuoda luokkahuoneeseen tieteentekemiselle tyypillinen yhteisöllinen työtapo.

CoVis-projektissa työskentelevät oppilaat käyttävät tavanomaisia internet-työkaluja (sähköposti, uutisryhmät, WWW) tiedon etsimiseen ja kommunikointiin yliopistotutkijoiden ja muiden tieteellisten asiantuntijoiden kanssa (Pea, Edelson & Comez,

1994a). Keskinäiseen kommunikointiin oppilaat voivat käyttää yhteisöllistä sovellusta nimeltään CoVis Collaboratory Notebook (Edelson & O'Neil, 1994; Edelson, 1997). The Collaboratory Notebook on ryhmäohjelmisto, joka on varta vasten suunniteltu oppilaiden yhteistyöhön tiedeprojekteissa. Sen avulla oppilaat voivat pitää kirjaa toimintoistaan, havainnoistaan ja hypoteeseistaan tutkimustyötä suorittaessaan. Muistikirjan avulla opettajat ja oppilaat voivat suunnitella ja seurata yhdessä projektin edistymistä. Kaikki järjestelmässä työskentelevät oppilaat voivat jakaa ja kommentoida töitä keskenään.

The Collaboratory Notebook perustuu rakenteiseen hypermediatietokantaan. Se sisältää muistikirjoja, jotka voivat olla joko yksityisiä tai yhteisiä ryhmän jäsenten kesken. Yksittäisen muistikirjan sisällysluettelossa sivut ja niiden väliset yhteydet on hierarkisesti järjestettynä. Muistikirjasivujen väliset yhteydet voivat olla monentyypisiä. Esimerkiksi kysymys voidaan linkittää sivuun, jossa oppilas yrittää vastata kysymykseen. Vastaussivussa voi olla linkkejä väitteen puolesta ja sitä vastaan. Näitä Collaboratory Notebook -järjestelmän ominaisuuksia käyttäen yksittäinen opiskelija ja opiskelijaryhmät voivat hallita tutkimusprojektiaan. (Pea, Edelson & Gomez, 1994a)

CoVis-ympäristön erityispiirre on yhteisöllisen työskentelyn välineiden tiivis kytkeminen erilaisiin visualisoinnin välineisiin. Visualisoinnin välineet luovat automaattisesti muistion koko tutkimusprosessista. Opiskelija voi ottaa kopion tästä etenemis-kaaviosta ja tallentaa sen yhteiseen muistikirjaan (Collaboratory Notebook). Muistikirjassa muistioon voidaan liittää kommentteja, jolloin sitä voi käyttää pohdinnan ja yhteistyön välineenä.

CoVis-projektiin osallistuu noin 40 koulua. Projektin tutkimussuunnitelman mukaan (<http://www.covis.nwu.edu/info>) oppimisympäristöön kohdistuva tutkimus on muodollista ja iteratiivista. Tavoitteena on tukea koulujenvälisiä projekteja näiden 40 koulun kesken. CoVis-tutkimusohjelma koostuu useasta osasta, jotka koskevat koulujenvälisen oppimisyhteisöjen muodostamista ja tukemista: (1) oppimisyhteisön perustaminen, (2) opettajien taustatiedot, (3) opettajan toiminta, (4) koulun taustatiedot (5) oppilaiden taustatiedot, (6) oppilaiden toiminta, (7) oppilaiden oppiminen.

FLE - Future Learning Environment

Verkostopohjainen oppimisympäristö Future Learning Environment (FLE) on suunniteltu antamaan tukea tutkivan oppimisen prosessille ja asiantuntijuuden kehittymiselle (Leinonen ja kumpp., 1999; Muukkonen ja kumpp., 1999). FLE-ympäristössä työskentely tarjoaa opiskelijoille välineitä a) tuottaa tietoa, b) ohjata itse omaa oppimisprosessiaan ryhmän ja tutorin kanssa, c) jakaa oppimistavoitteiden asettamista, työskentelyn arviointia ja tiedonhakuprosessia muiden oppimisyhteisön jäsenten kanssa ja d) tunnistaa omalle opiskelulle tyypillisiä työskentelymuotoja sekä tarkastella toisten työskentelytapoja. FLE-ympäristö on tarkoitettu käytettäväksi esimerkiksi toisen asteen ja korkeakouluasteen opetuksen tai seminaarityöskentelyn yhteydessä, yhteisten tapaamisten ohella. Oppimisyhteisön jäseninä toimivat opiskelijat, opettajat, verkko-työskentelyn tutorit sekä mahdollisesti muut tiedonrakennusta tukevat tieteenalan asiantuntijat.

FLE:n käyttöjärjestelmän suunnittelun taustalla on tutkivan oppimisen malli (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 1999), jonka mukaan opiskelu on parhaimmillaan yhteisöllinen tutkimusprosessi, joka tuottaa uusia ajatuksia ja uutta syvempää ymmärrystä. Tämän pedagogisen mallin mukaan uudella tieto- ja viestintäteknikalla on tärkeä rooli tutkivan oppimisen tukemisessa ja opetus-oppimisprosessin kehittämisessä niin, että opetus pystyisi paremmin vastaamaan asiantuntemuksen kehittymisen ja teoreettisen tiedon soveltamisen haasteisiin.

FLE-oppimisympäristöä on kehitetty Taideteollisen korkeakoulun Media Labin ja Helsingin yliopiston Psykologian laitoksen yhteistyönä. Ympäristön kehittämisessä on hyödynnetty kognitiivisen tutkimuksen tuloksia erityisesti vaativasta ongelmanratkaisusta, metakognitiosta, asiantuntijuudesta sekä hajautettuihin kognitioihin ja kognitiivisen toiminnan tilannesidonnaisuuteen liittyvästä tutkimuksesta (ks. esim. Bereiter & Scardamalia, 1993; Brown & Campione, 1996; Pea, 1994). FLE on toteutettu teknisiltä ratkaisuiltaan mahdollisimman innovatiivisen ja käyttäjäystävällisen, yhteisöllistä oppimista tukevan www-pohjaisen teknologian avulla.

Käyttäjä pääsee FLE-ympäristöön internetin kautta www-selaimella, esim. Netscape- tai Explorer- selaimilla. FLE-ympäristö on asynkroninen, mutta kurssilaiset pystyvät myös seuraamaan, ketkä kurssin jäsenistä ovat samanaikaisesti työskentelemässä (online) FLE-ympäristössä. Vuonna 2000 julkaistava FLE:n uusi versio on rakennettu BSCW-ryhmätyöohjelmiston päälle (<http://bscw.gmd.de>).

FLE:n osat - Työpöytä, Tiedonrakennus, Jammailu ja Kirjasto sekä työkalut, kuten Ajatustyökalut ja Arviointityökalut, on suunniteltu tukemaan tiedon rakentelua yhteisöllisesti. Työskentely FLE-ympäristössä rakentuu kurssien ympärille. Kukin käyttäjä työskentelee jonkin kurssin jäsenenä ja hänellä on pääsy vain oman kurssinsa materiaaleihin sekä Kirjastossa oleviin yhteisiin materiaaleihin. Kullakin kurssilla on tutor, joka ohjaa työskentelyä. FLE:n eri osien tehtävänä on ohjata kurssilaiset erilaisten tietolähteiden pariin ja työskentelemään yhdessä avoimessa ympäristössä. Tässä ympäristössä oppijat ovat yhdessä vastuussa tiedon rakentamisesta, sillä opiskelijat ja muut kurssin osallistujat tuottavat sinne itse kaiken tiedon. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti FLE:n osat.

Kaikilla FLE:n käyttäjillä on oma työpöytä, johon he voivat tallentaa tiedostojaan. Työpöydällä näkyvät ne kurssit, joihin opiskelija tai tutor itse osallistuu. Omalta työpöydältä voi käydä vierailemassa muiden samalla kurssilla olevien työpöydillä ja samalla tutustua heidän työskentelyynsä ja kiinnostuksensa kohteisiin. Työpöydälle voi tallentaa erilaisia dokumentteja, jotka on tuotettu eri sovellusohjelmilla, kuten tekstinkäsittely-, piirto-, kuvan- tai äänenkäsittelyohjelmilla.

Työpöydältä voi tehdä hakuja koko tietokantaan kuten Kirjastosta löytyviin materiaaleihin tai hakea esimerkiksi aikaisemmilla kursseilla tehtyjä töitä. Työpöydältä pääsee myös Arviointityökaluun. Jokaisen kurssin aikana opiskelijan on tarkoitus täyttää kysely, joka antaa tietoa ja tukee oppimistavoitteiden asettamisesta ja saavuttamisesta työskentelyn aikana.

Tiedonrakennus-osa tarjoaa kurssilaisille yhteisen tilan jakaa ajatuksia eri aiheista. Jokaiselle tiedonrakennusviestille on annettava otsikko ja valittava tyyppi (eli Ajatus-tyyppi), joka kertoo viestin sisällöstä ja merkityksestä tutkivan oppimisen prosessissa (esim. ongelma, työskentelyteoriani, syventävää tietoa, metakommentti). Tämä tukee

tutkivan oppimisen prosessia, sillä se auttaa jäsentämään omaa ajattelua ja kehittämään oman työskentelyn reflektointia. Tarkoituksena on myös luoda vuorovaikutuskulttuuri, joka tukee korkeamman tasoista tiedonkäsittelyä ja ohjaa uuden tiedon luontiin, omien käsitysten esittämiseen ja rakentavaan kritiikkiin.

Tiedonrakennuksen ensimmäiset kysymykset (ns. Ydinajatuksset) asettaa tutor tai ryhmä yhdessä yhteisen työskentelyn pohjaksi. Prosessin etenemistä voi seurata kysymyksittäin: viestit on ryhmitelty kunkin ydinajatuksen alle aikajärjestyksessä listana, jossa osallistujien kommentit muiden viesteihin on ryhmitetty hierarkkisesti omiksi ryppäikseen. Uusia tutkimuskysymyksiä on tarkoitus luoda kurssin työskentelyn edistyessä uusien käsitteellisten ongelmien ja aiheiden noustessa esiin.

Jammailuun voidaan tuoda dokumentteina erilaisia tuotoksia, ideoita, versioita omasta työstä tai kiinnostavia löytöjä kirjallisuudesta tai mediasta, ja antaa niiden kommentointi tai työstäminen koko ryhmän haasteeksi. Jammailun on tarkoitus rohkaista vapaata ideoimista ja erilaisten tiedon esittämistapojen kokeilua ja vertailua. Jammailuun voidaan tuoda jokin objekti (esim. kuva tai tekstiasiakirja) ja luoda siitä uusia versioita samalla kun alkuperäinen jää myös käyttöön. Tämän tukee ajattelun tekemistä näkyväksi, sillä se auttaa näkemään vaihtoehtoisia toteutustapoja, eri versioiden ongelmia tai ristiriitaisuuksia, ja samalla tallentaa ongelmanratkaisuprosessia.

Kirjastosta löytyy materiaalia eri muodoissa; tekstiä, grafiikkaa, audio-, video- ja multimediamateriaalia sekä kiinnostavia www-linkkejä. Kirjastosta löytyy eri kursseille valmisteltua materiaalia (jonka kurssin tutor tallentaa sinne) sekä aikaisemmillä kursseilla tuotettua materiaalia tai kirjallisuutta, joka on tallennettu kaikkien käyttöön.

Henkilöt-osasta löytyy tietoja kaikista FLE:n kursseille osallistuvista, heidän yhteystietonsa ja kiinnostuksensa kohteet. Nämä tiedot tallentaa ja ylläpitää jokainen osallistuja itse. Osallistujat näkevät muiden samoille kursseille osallistuvien tiedot.

Syksystä 1998 on ollut käytössä FLE:n ensimmäinen versio FLE-Tools, josta on saatu noin 1000 käyttäjän kokemuksen 60 kurssin ajalta. Näistä kursseista osaa on seurattu hyvin intensiivisesti tutkien opiskelijoiden tieteellisen ajattelun kehittymistä, akatee-

misen lukutaidot edellytyksiä, opettajien ohjauk käytäntöjen vaikutusta sekä tiedollisen ja taidollisen asiantuntijuuden kehittymistä yhteisöissä, jotka kommunikoivat verkko-ympäristön avulla (Leinonen ja kumpp., 1999; Muukkonen ja kumpp., 1999; <http://www.mlab.uiah.fi/fle>).

FLE-Tools-pilottiversiota on kokeiltu lukuvuonna 1998-99 useilla psykologian laitoksen kursseilla ja muussa Helsingin yliopiston opetuksessa, esimerkiksi Mediakasvatustakeskuksen kursseilla. FLE-ympäristöä käyttäneiden opiskelijoiden tuotosten tutkimukset osoittavat FLE -työskentelyn rohkaisevan tutkivaan oppimiseen osallistumista ja opiskelijoiden akateemisen lukutaidon kehitystä (Muukkonen ja kumpp., 1999).

Workmates

Workmates-ryhmäohjelmiston (suomeksi Työporukka) kehittäminen lähti tarpeesta saada yliopisto-opiskelijoille www-pohjainen kommunikointiväline. Ensimmäinen versio tehtiin 1997 Turun yliopiston Kasvatustieteiden laitoksen Opetusteknologiayksikössä (<http://www.kas.utu.fi>). Kokemusten myötä ohjelmiston ominaisuuksia paranneltiin ja vuonna 1998 käyttöön tuli Workmates 4 (WM4). Tutkimus- ja kehitystyö jatkuu edelleen (esim. Nurmela, Lehtinen & Palonen, 1999).

Workmatesin päätarkoituksena on tukea yhteisöllistä ryhmätyöskentelyä www-verkon välityksellä tarjoamalla työkalut dokumenttien jakamiseen, toisten tekemien dokumenttien kommentointiin ja viittausten määrittelyyn dokumentista toiseen. Mahdollisuuksia voidaan käyttää yhteisöllisen oppimisen toteuttamiseen ajasta ja paikasta riippumattomasti.

Workmatesia käytetään www-selaimen välityksellä. Opettaja tai projektin vetäjä määrittelee projektin rakenteen, pääaiheet ja alaprojektit. Tämän perusteella dokumentit järjestyvät puumaiseksi hierarkkiseksi rakenteeksi. Osallistujat kannattaa yleensä myös jo alussa jakaa pieniin ryhmiin, joilla on oma osaprojektinsa. Organisoinnin huolellinen alkusuunnittelu on tärkeää ja liittyy yleensä laajempaan opetussuunnitelmaan. Opettajalta tarvitaan selkeä näkemys ympäristön käytön tavoitteista, jotta työskentely olisi tehokasta.

Kun yleinen rakenne on luotu, opiskelijat voivat luoda dokumenttipuun kansioihin uusia dokumentteja. Eri ryhmille voidaan antaa erilaisia oikeuksia dokumenttien käyttämiseen. Joillakin voi olla kirjoitusoikeus, joillakin vain lukuoikeus samaan materiaaliin. Koska tarkoitus on tukea yhteisöllistä työskentelyä, dokumentin lukuoikeuteen sisältyy mahdollisuus kirjoittaa kommentteja, kirjoitusoikeus mahdollistaa sekä kommenttien kirjoittamisen että viittausten tekemisen toisiin dokumentteihin tai www-sivuihin.

Työskentely Workmatesissa tapahtuu pääasiassa lukemalla, muokkaamalla ja kommentoimalla tekstidokumentteja sekä tekemällä viittauksia dokumentista toiseen. Sen lisäksi on mahdollista käyttää sähköpostia ja tietokonekeskustelua (chatting) melko helppokäyttöisellä tavalla. Dokumenttien siirtäminen muihin ohjelmiin on myös mahdollista.

Kommentin lisääminen dokumenttiin on yksinkertaista: tarvitsee vain kaksoisnapsauttaa hiirellä siihen kohtaan tekstiä, johon haluaa kommentin. Seuraavaksi valitaan, haluaako lisätä kommentin vai kysymyksen. Kommentit näkyvät tekstissä pieninä kuvakkeina, josta kommentin saa auki juuri siinä kohdassa tekstiä, mihin se on tarkoitettu.

On mahdollista määritellä myös linkki kahden Workmates-dokumentin välille. Tällaista sisäistä linkkiä kutsutaan viittaukseksi (reference) ja sille voi valita tarkentavan määreen ('puolesta' tai 'vastaan'). Kuten kommentti, viittaus merkitään pienellä kuvakkeella kaksoisnapsautuksen avulla. Kuvakkeen napsauttaminen avaa näkyviin sen dokumentin, johon viittaus kohdistuu. Viittauksen voi tehdä myös www-sivulle.

Workmatesia kehitetään edelleen. Yksi tärkeimmistä kehittämisideoista, joita WM4:stä saatujen kokemusten perusteella syntyi, oli koko toteutustavan muutos. Ei kannata sisällyttää kaikkia nykytekniikan ominaisuuksia samaan ohjelmaan, koska tekniset mahdollisuudet kehittyvät koko ajan. Nopea tekninen kehitys pystytään paremmin ottamaan huomioon tekemällä ympäristöstä modulaarisen niin, että on helppo korvata jokin ohjelman osa uudella versiolla. Modulien välinen riippumattomuus antaa mahdollisuuden käyttää ympäristössä olevaa materiaalia entistä joustavammin.

Johtopäätökset

Tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen on kiinteästi yhteydessä oppimisen ja opettamisen teorioissa viimeaikoina tapahtuneeseen kehitykseen. Monien tutkijoiden mielestä juuri tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen vaikuttaa lupaavimmilta tavalta käyttää tieto- ja viestintätekniikkaa opetuskäytäntöjen kehittämiseen. Tässä katsauksessa tarkastellun kirjallisuuden perustella voidaan erottaa kahdenlaista näyttöä tietokoneavusteisten yhteisöllisten oppimisympäristöjen opetuksellisesta merkityksestä. Ensinnäkin on ilmeistä, että tietokoneiden käyttöönotto lisää sekä oppilaiden keskinäisen että oppilaiden ja opettajan välisen vuorovaikutuksen määrää ja laatua. Tämä näyttää toteutuvan jopa tilanteissa, joissa luokassa on käytössä alunperin yksilötyöskentelyyn suunniteltu sovellus. Kun sovelluksessa on lisäksi ryhmätyöskentelyä tukevia ominaisuuksia (esim. verkkoyhteydet, jaetut tietokannat, vuorovaikutusta tukeva käyttöliittymä), laadukkaan sosiaalisen vuorovaikutuksen toteutuminen on luonnollisesti vielä todennäköisempää. Nämä ryhmätyövälineet tekevät vuorovaikutustapahtumat näkyviksi osallistujille, mikä lisää mahdollisuuksia oppilaiden keskinäisen sekä oppilaiden ja opettajan välisen ymmärryksen syntymiseen. Ryhmäohjelmistot auttavat osallistujia myös koordinoimaan työskentelyään tehtävien yhteisessä suorittamisessa (Järvelä ja kumpp., 1999). Ryhmäohjelmistojen avulla on ollut mahdollista tuottaa vuorovaikutusprosesseja, joissa oppilaat rakentavat tietoisesti uutta tietoa (ratkaisuja, teorioita, malleja) yksilöiden välisellä tai sosiaalisella tasolla.

Toiseksi, on olemassa huomattava määrä julkaistuja tutkimustuloksia, jotka osoittavat, että tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisympäristön käytöllä luokkatilanteessa on ollut positiivisia vaikutuksia oppimiseen. Suurin osa näistä tutkimuksista on kuitenkin ollut melko rajallista esimerkiksi tutkimuksen keston, osallistujamäärän tai käsitellyn oppiaineen suhteen. Huolimatta näistä rajoituksista tutkimustuloksissa on seikkoja, jotka tekevät niistä merkittäviä. Raportoidut positiiviset tulokset osoittavat, että oppimisen parantumista on tapahtunut etenkin korkean tason kognitiivisissa prosesseissa ja taidoissa, joiden voidaan katsoa edustavan nk. tietoyhteiskuntataitoja. Tietoyhteiskuntataidoilla viitataan taitoihin, joiden katsotaan yleensä olevan ratkaisevia tulevaisuuden työtehtävissä ja muissa tietoyhteiskunnassa selviämiseen liittyvissä toiminnoissa.

Vaikka tiedeyhteisössä tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen periaatteita pidetään lupaavina kehiteltäessä tulevaisuuden oppimisympäristöjä, kouluissa toimivien opettajien kohdalla tämä ei vielä pidä paikkaansa. Esimerkiksi laajassa suomalaisessa hiljattain tehdyssä kyselytutkimuksessa opettajat eivät nähneet yhteisöllistä oppimista tietokoneavusteisen opetuksen tärkeänä sovellusalueena (Hakkarainen ja kumpp., 1998). Tulos kuvastaa tietysti osittain menetelmän uutuutta, mutta osoittaa myös sitä, että tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen teoreettiset ja käytännölliset periaatteet ovat vielä liian kehittymättömiä vastaamaan käytännön opetuksen tarpeita. Nyt pitäisi kehittää teoreettiseen tietoon perustuvia tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristöjä ja -työkaluja, joiden käyttö olisi sovitettu käytännön opetustilanteisiin sopivaksi. Tutkimustilanteissa työskentelee yleensä innokkaita opettajia hyvin varustetussa ympäristössä tutkijoilta ja teknisiltä tukihenkilöiltä saadun maksimaalisen tuen turvin. Tällaisissa olosuhteissa voidaan saavuttaa positiivisia tuloksia, vaikka tekniset välineet tai pedagogiset järjestelyt eivät olisikaan sopivia suhteessa koulukulttuurin rajoituksiin, opetussuunnitelman vaatimuksiin, opettajan taitoihin tai oppilaiden motivaatioon ja oppimisorientaatioon jne. (ks. Järvelä, Lehtinen & Salonen, 1999; Lehtinen ja kumpp., 1997). Kun yritetään siirtää intensiivisten pilottitutkimusten malleja laajemmalle, törmätään jatkuvasti siihen ongelmaan, etteivät opettajien tekniset taidot tai pedagogiset käsitykset ole riittävän kehittyneitä suhteessa uusien oppimisympäristöjen asettamiin haasteisiin (ks. Hakkarainen ja kumpp., 1998).

Kun arvioidaan tietokoneavusteisten yhteisöllisten oppimisympäristöjen koulukäytön rajoituksia, havaitaan vastaavia ongelmia kuin tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn tutkimukset ovat tuoneet esille. Ryhmäohjelmistot ovat osoittautuneet hyödyllisiksi välineiksi organisaation jäsenten välisen yhteistyön kehittämisessä, jos tietyt ennakkoehdot on täytetty. Välttämättömänä ehtona ryhmäohjelmistojen onnistuneelle käytölle pidetään sitä, että yrityksen jäsenillä on tarve toimia yhteisöllisesti; he ymmärtävät miten teknologia voi heitä tässä pyrkimyksessä auttaa, ja koko organisaatiokulttuuri on yhteisöllisyyttä tukeva. Jos nämä ennakkoehdot eivät täyty, ryhmäohjelmistojen käyttöönotto voi vaikeutua huomattavasti tai johtaa erilaisiin näennäistoimintoihin. Koulumaailmassa tämä tarkoittaa, että ryhmäohjelmisto sinällään ei riitä muuttamaan oppimisen ja opettamisen käytäntöjä kohti tietokoneavusteista yhteisöllistä oppimista, vaan samanaikaisesti pitää pyrkiä muuttamaan luokan (tai koulun) koko yhteistoimintakulttuuri. On tärkeää myös huomata, että jotkut muissa maissa kehitellyt

teoreettiset ideat tai kokeilut voivat olla ristiriidassa kansallisten tai paikallisten käsitysten ja uskomusten kanssa (ks. Hakkarainen ja kumpp., 1996; Lehtinen ja kumpp., 1997). Tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen tutkimuksen tulisikin tulevaisuudessa yhä systemaattisemmin keskittyä kouluyhteisön ja opetus-oppimistilanteiden kulttuurisiin, organisatorisiin ja yksilöllisiin rajoituksiin.

Tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyn tutkimus osoittaa myös, että käytetyn ryhmäohjelmiston piirteet ovat tärkeitä. Hyvin monissa julkaisuissa on pohdittu sitä, minkälaiset ryhmäohjelmistojen piirteet voisivat optimaalisesti tukea yhteisöllistä ryhmätyöskentelyä eri organisaatioissa. Tietokoneavusteista yhteisöllistä oppimista käsittelevässä kirjallisuudessa ei ole systemaattisesti verrattu eri työvälineiden vaikutuksia. Perusteellinen tehokkaiden ja tehottomien sovellusten vertailu voisi tuottaa hyviä suosituksia uusien työkalujen kehittämiseksi erilaisiin opetustilanteisiin. Kehitettäessä uusia työvälineitä yhteisöllisen oppimisen tarpeisiin tai vertailtaessa jo olemassa olevia ratkaisuja tulisi ottaa huomioon joitakin seikkoja. Tietokoneavusteisesta ryhmätyöstä saatujen kokemusten perusteella keskeinen kysymys on se, kuka hyötyy ryhmäohjelmistosta. Vaikka hierarkia ja työnjako ovat yksinkertaisempia koulu- kuin yritysmaailmassa, on ilmeistä, että myöskään kouluyhteisössä ryhmäohjelmisto ei koskaan hyödytä jokaista ryhmän jäsentä tasapuolisesti, vaan yksilölliset edut ja haitat riippuvat kiinnostuksen kohteista, aikaisemmista kokemuksista, rooleista ja sitoumuksista. Kuten työyhteisöissä, myös opetustilanteissa ryhmäohjelmisto vaatii yleensä joiltakin ryhmän jäseniltä ylimääräistä panostusta ohjelmistoon tarvittavan tiedon tuottamiseksi ja käsittelemiseksi. Jos tätä ei koeta luonnollisena ja tarpeellisenä osana opetus- tai oppimisprosessia, kaikki ryhmän jäsenet eivät todennäköisesti hyväksy sen käyttöä, mikä puolestaan rajoittaa järjestelmän hyödyllisyyttä.

Ryhmän toiminnassa keskeisiä ovat sosiaaliset, motivationaaliset ja emotionaaliset tekijät, joita on vaikea liittää tietokonesovellukseen. Inhimillisessä kasvokkaisessa vuorovaikutuksessa sosiaalisia, motivationaalisia ja emotionaalisia merkityksiä säätelevät erilaiset verbaaliset ja ei-verbaaliset vuorovaikutustavat. Jos ryhmäohjelmisto on suunniteltu korvaamaan nämä toiminnot pelkällä tietokoneen välityksellä tapahtuvalla vuorovaikutuksessa, voi kommunikaation vaikuttavuus jopa heikentyä, koska käytössä on rajallinen määrä vuorovaikutustapoja. Yksi keskeisistä ryhmäohjelmistojen ja muiden yhteisöllisen oppimisen työvälineiden kehittämisen haasteista onkin luoda

välineitä, jotka vastaavat motivationaalisiin vaatimuksiin ja tukevat erityisesti epämuodollisen ja sanattoman tiedon jakamista.

Toinen seikka, jonka voimme ottaa opiksemme tietokoneavusteisen ryhmätyön tutkimuksista on se, että ryhmäohjelmisto usein vaatii käyttäjiä suorittamaan toimenpiteitä, jotka eivät luonnostaan kuulu heidän normaaliin työnkuvaansa, tai ohjelmisto tukee vain harvoin tarvittavien tehtävien suorittamista eikä helpota tavallisimpien työtehtävien tekemistä. Tämä ongelma on todennäköisesti olemassa myös opetuksellisissa yhteyksissä. Jotkut tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristöjen vaatimat toimenpiteet voivat tuntua oppilaista tai opettajista keinotekoisilta tai hyödyttömiltä ja siten vaikeilta omaksua luonnolliseksi osaksi opiskeluprosesseja.

Tietoverkkoteknologian ja -ohjelmistojen kehitys on hyvin nopeaa. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia luoda tasokkaita tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen ympäristöjä. Multimediaominaisuuksien lisääminen tietoverkkosovelluksiin tekee niistä hyvin houkuttelevia. Ei kuitenkaan ole itsestään selvää, että nämä uudet välineet ovat sinällään pedagogisesti arvokkaita ilman huolellisesti suunniteltuja opetusratkaisuja ja asianmukaisesti koulutettuja opettajia. On selvää, että tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen sovellukset ovat lähitulevaisuudessa yksi hallitsevista opetusteknologian sovellusalueista. Monta kysymystä pitää kuitenkin ratkaista ennen kuin tietokoneavusteinen yhteisöllinen oppiminen on yleisesti käytössä tavallisessa luokassa.

Lähteet

- Ahern, T.C., Peck, K. & Laycock, M. (1992). The effects of teacher discourse in computer mediated discussion. *Journal of Educational Computing Research* 8 (3), 291-309.
- Alavi, M. (1994) Computer-mediated Collaborative Learning: An Empirical Evaluation. *MIS Quarterly*, Vol. 18, Issue 2, p.159.
- Amigues, R. & Agostinelli, S. (1992) Collaborative problem-solving with computer: How can an interactive learning environment be designed? *European Journal of Psychology of Education*, Vol. VII, no. 4, 325-337.
- Anderson, J. R. (1990) *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum.
- Aronson, E., Blaney, N., Srephan, C., Sikes, J. & Snapp, M. (1978) *The Jigsaw classroom*. Beverly Hill: CA: Sage.
- Baker, C. (1985) The microcomputer and the curriculum. A critique. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 449-451.
- Baker, M., Levy Cohen, J. & Müller, B. (1997) KidCode: Using Email to structure interactions for elementary mathematics instruction. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 1-9.
- Barker, T. T. & Kemp, F. O. (1990) "Network Theory: A Postmodern Pedagogy for the writing classroom in Handa, C. (ed.) *Computers and Community: Teaching Composition in the twenty-first century*. Boynton/Cook, Portsmouth, New Hampshire.
- Baskerville, R., Smithson, S., Ojelanki, N. & Degross, J. (1995) Information technology and new organizational forms: Choosing chaos over panaceas. *European journal of information systems* 4 (2), 66-73.
- Bates, A. W. (1995) *Technology, Open Learning and Distance Education*. London Routledge.
- Bell, P. (1997) Using argument representations to make thinking visible for individuals and groups. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 10-19.
- Bereiter, C. (1994) Constructivism, socioculturalism, and Popper's world 3. *Educational Researcher* 23 (79), 21-23.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989) Intentional learning as a goal of instruction. In L. B. Resnick (Ed.) *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. (pp. 361-392). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1991) Models of educational use of a communal database. Paper presented at the NATO Advanced Research Workshop, "Advanced Educational Technology: Instructional Models in Computer-Based Learning Environments", University of Twente, The Netherlands.

Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1993) *Surpassing ourselves: An inquiry into the nature and implications of expertise*. Chicago, IL: Open Court.

Bielaczyc, K., Brown, A. N., & Pirolli, P. (1994) Collaborative explanations and metacognitions: Identifying successful learning activities in acquisition of cognitive skills. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April 1994.

Blaye, A. & Light, P. (1995) Collaborative Problem Solving with HyperCard: The Influence of Peer Interaction on Planning and Information Handling Strategies. In C. O'Malley (Ed.) *Computer Supported Collaborative Learning*. NATO ASI Series F: Computer and systems sciences, vol 129. Heidelberg Berlin: Springer-Verlag, 3-22. Tekstissä ei viittauksia tähän, vrt. Light.

Bonk, C. J. & King, K. S. (1995). *Computer Conferencing and Collaborative Writing Tools: Starting a Dialogue About Student Dialogue*. Proceedings of the CSCL '95 Conference.

Brown, A. & Campione, J. (1994) Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-270). Cambridge, MA: Bradford Books, MIT Press.

Brown, A. L. & Campione, J. C. (1996) Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble. & R. Glaser (Eds.) *Innovations in learning. New environments for education*. (pp. 289-325). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Brown, A. L., & Palincsar, A. S. (1989) Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. In L. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*. (pp. 393-451) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Bruckman, A. & De Bonte, A. (1997) MOOSE goes to school: A comparison of three classrooms using a CSCL environment. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 20-26.

Brush, T. A. (1997) The effects on student achievement and attitudes when using integrated learning systems with cooperative pairs. *Educational Technology Research & Development* 45 (1), 51-64.

Bump, J. (1990) Radical changes in class discussion using networked computers. *Computers and the Humanities* 24 (1-29), 49-63.

- Butler, W. M. (1995) Writing to Learn History On-line. Clearing House, Vol. 69, Issue 1, p.17.
- Butler, W.M. & Kinneavy, J.L. (1991) The Electronic Discourse Community: god, Meet Donald Duck." In The writing Teacher's Sourcebook Ed. Tate, G., Corbett, E. P. J. & Meyers, N. 3 rd ed.. New York: Oxford UP,1994, 400-14.
- Carey, S. & Smith, C. (1995) On understanding scientific knowledge. In D. N. Perkins, J. L. Schwartz, M. M. West, & M. S. Wiske. (Eds.) Software goes to school. (pp. 39-55). Oxford: Oxford University Press.
- Carrier, C.A. & Sales, G.C. (1987) Pairs versus individual work on the acquisition of concepts in a computer-based instruction lesson. *Journal of Computer-Based Instruction*, 14, 11-17.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C. (1997) Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15, 1-40.
- Cherniak, C. (1986) Minimal rationality. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chyung, S-Y., Repman, J., & Lan, W. (1995) Academic Risk-Taking and CSCL . Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning.
- Cohen, A. (1994) The effect of individual work on collaborative student activity in a CSILE classroom. Paper presented at the symposium titled "Computer Supported Collaboration for Scientific Inquiry: Bringing Science Learning Closer to Scientific Practice", Annual meeting of American Educational Research Association, New Orleans, April 1994.
- Coleman, D. (Ed.) (1997) Groupware: Collaborative Strategies for Corporate LANs and Intranets. Prentice Hall.
- Collins, A., Brown, J.S. & Holum, A. (1991) Cognitive Apprenticeship: Making Thinking Visible. *American Educator*, 6-11, 38-46.
- Collins, A. & Brown, J.S. (1988) Computer as a tool for learning through reflection. In: H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems*. (pp.1-18) New York: Springer-Verlag.
- Crook, C. (1996) Computers and the collaborative experience of learning. London: Routledge.
- Cuban, L. (1986) Teachers and machines. New York: Teachers College Press.
- Dalton, D.W., Hannfin, J. & Hooper, S. (1987) Effects of individual and cooperative computer-assisted instruction on student performance and attitudes. *Educational Technology, Research and Development*, 37 (2), 15-24.
- Damon, W. (1984) Die soziale welt des kindes. Frankfurt an Main: Suhrkamp.

- Damon, W. & Phelps, E. (1989) Critical distinctions among three approaches to peer education. *International Journal of Educational research*, 13 (1), pp. 9-19.
- Davenport, T. (1996) Think tank: software as socialware. *CIO*,1, 24--26.
- Davis, J. R. & Huttenlocher, D.P (1995) Shared Annotation for Cooperative Learning. *Proceedings of CSCL '95: The First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- De Corte, E. (1993) Psychological aspects of changes in learning supported by informatics. In D. C. Johnson & B. Samways. (Eds.). *Informatics and changes in learning*. (A-34). *Proceedings of the IFIP TC3.1/WG3.5 Open Conference on Informatics and Changes in Learning*. Gmunden, Austria 7-11 June, 1993. Amsterdam: North-Holland.
- Dede, C. (1996) Emerging Technologies in Distance Education for Business. *Journal of Education for Business*, Mar/Apr96, vol. 71, issue 4, 197-204.
- Delaney, C. F. (1993) *Science, knowledge, and mind. A study in the philosophy of C. S. Peirce*. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Derry, S. J. (1990) Remediating academic difficulties through strategy Training: The acquisition of useful knowledge. *Remedial and special education RASE* 11 (8), 19-31.
- Devin-Sheehan, L., Feldman, R., & Allen, V. (1976) Research on children tutoring children: A critical review. *Review of Educational Research*, 46 (39), 355-385.
- Dillenbourg, P., Baker, M, Blaye, A & O'Malley, C (1996) The evolution of Research on Collaborative Learning In H. Spada and P. Reimann (Eds) *Learning in Humans and Machines*. Elsevier.
- Dillenbourg, P., Mendelsohn, P. & Schneider, D. (1994) The distribution of pedagogical roles in a multi-agent learning environment. In R. Lewis & P. Mendelsohn (Eds.) *Lessons from Learning* (p. 199-216). Amsterdam: North-Holland
- Dillenbourg, P. & Self, J. A. (1992) A computational approach to socially distributed cognition. *European Journal of Psychology of Education*, Vol. 7, No. 4, 352-373.
- Dillenbourg, P. & Baker, M. (1996) Negotiation Spaces in Human-Computer Collaborative Learning. *Proceedings of COOP'96*, Juan-les-Pins, France, June.
- Doise, W. & Mugny, W. (1984) *The Social Development of the Intellect*. Oxford: Pergamon Press.
- Dunbar, K. (1995) How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. R. J. Sternberg. & J. Davidson. (Eds.) *Mechanisms of insight*. (pp. 365-395). Cambridge, MA: MIT Press.
- Edelson, D.C. (1997) Realising authentic science learning through the adaptation of scientific practice. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International handbook of science education*. Dordrecht, NL: Kluwer.

Edelson, D., Pea, R., & Gomez, L. (1996) Constructivism in the Collaboratory. In B. G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, (pp. 151-164). Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Edelson, D.C., & O'Neill, D.K. (1994) *The CoVis Collaboratory Notebook: Supporting collaborative scientific inquiry*. In A. Best (Ed.), *Proceedings of the 1994 National Educational Computing Conference* (pp.146-152). Eugene, OR: International Society for Technology in Education in cooperation with the National Education Computing Association.

Enyedy, N., Vahey, P. & Gifford, B. R. (1997) Active and supportive computer-mediated resources for student to student conversations. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. *Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 27-36.

Eraut, M. (1995) Groupwork with computers in British primary schools. *Journal of Educational Computing Research* 13(1), 61-87.

Faigley (1990) "Subverting the Electronic Workbook: Teaching Writing Using Networked Computers." *The Writing Teacher as Researcher: Essays in the Theory and Practice of Class-Based Research*. Ed. Donald A. Daiker and Max Morenberg. Portsmouth, NH: Boynton/Cook, 290-311.

Fishman, B. J. & Gomez, L. M. (1997) How activities foster CMC tool use in classrooms. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. *Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 37-44.

Fletcher-Flinn, C. M. & Gravatt, B. (1995) The Efficacy of Computer Assisted Instruction (CAI): A meta-analysis. *Journal of Educational Computing research* 12 (3), 219-41.

Forman, E. A. & Cazden, C. B. (1985) Exploring vygotskian perspectives in education: the cognitive value of peer interaction. In *Culture, Communication and Cognition: Vygotskian Perspectives*, J. V. Wertsch ed., Cambridge U.K., Cambridge University Press.

Frederiksen, J. R. & White, B. Y. (1997) Cognitive facilitation: A method for promoting reflective collaboration. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. *Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 53-62.

Goldberg, M. and Salari, S. (1997) An Update on WebCT (World-Wide-Web Course Tools) - a Tool for the Creation of Sophisticated Web-Based Learning Environments", *Proceedings of NAUWeb '97 - Current Practices in Web-Based Course Development*, June 12 - 15, 1997, Flagstaff, Arizona.

- Gomez, L., Gordin, D., Carlson, P. (1995) A case study of open-ended scientific inquiry in a technology supported classroom. In J. Greer (Ed.) Proceedings of AI-Ed '95, Seventh World Conference on Artificial Intelligence in Education (pp. 17-24). Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Graves, D. (1983). Writing: Teachers and children at work. Exeter, NH: Heinemann.
- Graves, D. & Klawe, M. (1997) Supporting learners in a remote CSCL environment: The importance of task and communication. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) Computer Support for Collaborative Learning '97. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 63-72.
- Grudin, J. (1991) Obstacles to user involvement in software product development, with implications for CSCW. *International Journal of Man-Machine Studies*, 34, 3, 435-452.
- Hakkarainen, K. (1998, April) Cognitive value of peer interaction in computer-supported collaborative learning environment. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego.
- Hakkarainen, K., Ilomäki, L., Lipponen, L., Tuominen, T., Muukkonen, H., Rahikainen, M. & Lehtinen, E. (1998) Peruskoulun ja lukion oppilaiden tietotekninen asiantuntijuus. Teoksessa Huovinen, L. (toim.) Peruskoulujen, lukioiden, ammatillisten oppilaitosten ja varhaiskasvatuksen nykytilanne ja tulevaisuudennäkymät. Sitran teknologia-arviointihanke: Tieto- ja viestintäteknikka opetuksessa ja oppimisessä. Osaraportti 3. Helsinki:Sitran julkaisuja 191, 56-78.
- Hakkarainen, K., Järvelä, S., Lonka, K., Koivusaari, R. & Lehtinen, E. (1996) Culture of collaboration in computer supported learning. Poster presented in Symposium in Growing Mind Conference, 14-18 September, Geneva.
- Hakkarainen, K. & Lipponen, L. (1998, April) Epistemology of inquiry and computer-supported collaborative learning. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (1999) Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen. WSOY.
- Harasim, L. (1997, May) Interacting in hyperspace: Developing collaborative learning environments on the WWW. Paper presented at the Workshop on Improving Economic Management Training, Morocco.
- Harasim, L. (1994) Computer Networking for Education. In T. Husen, and T.N. Postlethwaite, (Eds.). *The International Encyclopedia of Education*, 2nd Edition. Oxford, U.K: Pergamon Press.
- Harasim, L., Hiltz, R., Teles, L., and Turoff, M. (1995) *Learning Networks: A Field Guide to Teaching & Learning Online*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Harman, G. (1986) *Change in view*. Cambridge, MA: The MIT Press.

- Hatano, G. & Inakagi, K. (1986) Two courses of expertise. In Stevenson, H. & Azuma, H. (Eds.) *Child Development and Education in Japan. A series of books in psychology*, 262-272. New York, NY, USA.
- Hatano, G. & Inakagi, K. (1987) Young children's spontaneous personification as analogy. *Child Development* 58 (4), 1013-20.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1991) Sharing cognition through collective comprehension activity. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.) *Perspectives on socially shared cognition*. (pp. 331-348). Washington DC: American Psychological Association.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1992) Desituating cognition through the construction of conceptual knowledge. In P. Light & G. Butterworth (Eds.) *Context and cognition. Ways of knowing and learning*. (pp. 115-133). New York: Harvester.
- Hativa, N. (1988) Computer-based drill and practice in arithmetic. Widening the gap between high- and low-achieving students. *American Educational Research Journal*, 25, 366-397.
- Hawwisher, G.-E. & Selfe, C-L. (1991) The Rhetoric of Technology and the Electronic Writing Class. *College-Composition and Communication* 42 (1), 55-65.
- Hawkins, J., Sheingold, K., Gearhart, M. & Berger, C. (1982) Microcomputers in schools: Impact on the social life of elementary classrooms. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 3, 361-373.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. A. (1984) The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13 (1), 1-13.
- Hiltz, S.R., and Turoff, M. (1993) *The Network Nation: Human Communication via Computer*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hmelo, C.E., Vanegas, J.A., Realff, M., Bras, B, Mulholland, J, Shikano, T., & Guzdial, M. (1995) Technology Support for Collaborative Learning in a Problem-Based Curriculum for Sustainable Technology. *Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*.
- Holyoak, K. J. (1991) Symbolic connectionism: toward third-generation theories of expertise. In K. A. Ericsson & J. Smith, J. (Eds.), *Toward a general theory of expertise. Prospects and limits*. (pp. 301-335). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hooper, S. & Temiyakarn, C. (1993) The effects of cooperative learning and learner control on high and low achievers. In *Proceedings of Selected research and Development Presentations at the convention of the Association for Educational communications and technology*.
- Hooper, S. (1992) The effects of peer instruction on learning during computer-based mathematics instruction. *Journal of Educational Research*, 85, 180-189.

- Hooper, S. & Hannafin, M.J. (1988) Cooperative CBI: The effects of heterogeneous versus homogeneous grouping on the learning of progressively complex concepts. *Journal of Educational Computing Research*, 4, 413-424.
- Hoyles, C. & Shutterland, R. (1989) *Logo mathematics in the classroom*. London: Routledge.
- Hoyles, C., Healy, L. & Schutterland, R. (1991) Patterns of discussion between pupil pairs in computer and non-computer environments. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 7, 210-226.
- Hutchins, E. (1991) The social organization of distributed cognition. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.). *Perspectives on socially shared cognition*. (pp. 283-307). Washington, DC.: American Psychological Association.
- Hutchins, E. (1995) *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Isenberg, R. (1992) Social skills at the computer. *Our Link, Cooperative Learning Newsletter*, 2 (6) 1-2.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1992) Positive interdependence: Key to effective cooperation. In R. Hertz_Lazarowitz & N Miller (Eds.). *Interacting in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning* (pp. 145-173). New York: Cambridge University Press.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1994) *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning*. Boston MA: Allyn & Bacon.
- Johnson, R.T., Johnson, D.W. & Stanne, M. (1985) Comparison of computer-assisted cooperative, competitive, and individualistic learning. *American Educational Research Journal*, 23, 382-392.
- Joiner, R., Messer, D., Light, P. & Littleton K. (1995) Peer Interacion and Presence in Computer-based Problem Solving: A research note. *Cognition and Instruction* 13 (4), 583-584.
- Järvelä, S. (1996) New models of teacher-student interaction: A critical review. *European Journal of Psychology of Education*. 6 (3), 246-268.
- Järvelä, S., Bonk, C.J., Lehtinen, E. & Hämäläinen, S. (1998) Turning towards Joint Task: Goal-oriented teacher-student interaction and reciprocal understanding in technology-based learning enviroments. Submitted.
- Järvelä, S., Häkkinen, P., Kuure, L., Saarenkunnas, M., Taalas, P. & Kunelius, E. (1999) NINTER - Networked interaction: theory-based cases in teaching and learning. A poster presented at Computer assisted learning (CAL) conference, 28-31, 3.1999, London.
- Järvelä, S., Lehtinen, E., & Salonen, P. (1999) Socioemotional orientation as a mediating variable in teaching learning interaction: Implications for instructional design. *Scandinavian Journal of Educational Research*. Accepted for publication.

Kato, H. & Ide, A. (1995) Using a Game for Social Setting in a learning Environment: Algoarena – A Tool for Learning Software Design. Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation.

Katz, S. & Lesgold, A. (1993) Collaborative Problem-Solving and Reflection in Sherlock II. In Proceeding of the Workshop on collaborative Problem Solving: Theoretical frameworks and Innovative systems, Edinburgh.

Khalili, A. & Shashaani, L. (1994) The Effectiveness of Computer Applications: A Meta-analysis. *Journal of Research on Computing in Education* 27 (1), 48-62.

Kiely, T. (1993) Learning to share. *CIO*, 6, 15, 38--44.

Kitcher, P. (1989) Explanatory unification and the causal structure of the world. In P. Kicher & W. Salmon (Eds.) *Scientific explanation*. Minnesota Studies in the philosophy of science XIII. (pp. 410-505). Minneapolis: University of Minnesota Press.

Kitcher, P. (1990) The division of cognitive labor. *The Journal of Philosophy*, 87, 5-22.

Kitcher, P. (1993) *The advancement of science*. New York: Oxford University Press.

Kreuger, L.W., Karger, H. & Barwick, K. (1989). A critical look at children and micro-computers: Some phenomenological observations. In J.T. Pardeck and J.W. Murphy (Eds.). *Microcomputers in early childhood education*. New York: Gordon & Breach.

Kulik, J. & Kulik, C. (1987) Review of recent research literature on computer-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 12 (3) 222-230.

Kulik, C. & Kulik, J. (1991) *The effectiveness of computer-based Instruction: An updated analysis*.

Kulik, C. & Kulik, J. (1994) Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction. In Baker, E. L. and O'Neill, H. F. (Eds.) *Technology Assessment in Education and Training*. Hillsdale, NJ: Lea Publishers.

Kupperman, J.; Wallace, R. & Bos, N. (1997) Ninth graders' use of a shared database in an Internet research project: Issues of collaboration and knowledge building. In R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 157-163.

Lamon, M. (1992) Learning environments and macro-contexts: Using multimedia for understanding mathematics. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, April.

Lamon, M., Secules, T., Petrosino, A., Bransford, J., & Goldman, S. (1996) Schools for thought: overview of the project and lessons learned from one of the sites. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.) *Innovations in learning. New environments for education*. (pp. 243-288). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Latour, B. & Woolgar, S. (1986/1979) *Laboratory life. The construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Latour, B. (1988). Drawing things together. In Lynch, M. & Woolgar, S. (eds.) *Representation in scientific practice*. (pp. 19 - 68) Cambridge, MA: The MIT Press.

Lea, M. (Ed.)(1992) *Contexts of computer-mediated communication*. London: Harvester-Wheatsheaf.

Lehtinen, E. (1984) *Motivating students towards planning and controlling of thinking activities: A constructivist approach to learning*. *Annales Universitatis Turkuensis, Ser. B*, 164.

Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Järvelä, S., Lipponen, L. , & Ilomäki. L. (1997) *Culture of inquiry in computer-supported learning*. A poster presented at The 7th Conference for Research on Learning and instruction, Athens, Greece, August 26 to 30, 1997.

Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Lipponen, L., Rahikainen, M. & Muukkonen, H. (1999) *Computer supported collaborative learning: A review*. The J.H.G.I.Giesebers Reports on Education. Number 10. Department of Educational Sciences. University of Nijmegen. (<http://www.kas.utu.fi/clnet/clnetreport.html>)

Lehtinen, E., Hämäläinen, S. & Mälkönen, E. (1998) *Learning experimental research methodology and statistical inference in a computer environment*. A paper presented at the American Educational Research Association (AERA) Annual Meeting, San Diego, April 13 to 17, 1998.

Lehtinen, E. & Repo, S. (1996) *Activity, social interaction and reflective abstraction: Learning advanced mathematics in a computer environment*. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology supported learning environments* (105-128). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lehtinen, E. & Rui, E. (1996) *Computer supported complex learning: An environment for learning experimental method and statistical inference*. *Machine Mediated Learning* 5 (3&4), 149-175.

Leinonen, T., Raami, A., Mielonen, S., Seitamaa-Hakkarainen, P., Muukkonen, H. & Hakkarainen, K. (1999) *FLE – Tools Prototype: A WWW-Based Learning Environment for Collaborative Knowledge Building*. In E. Rämö (Ed.) *Proceedings of ENABLE99 (Enabling Networked-Based Learning)*. June 2-5, 1999, Espoo, Finland.

Lesgold, A. Weiner, A., & Suthers, D. (1995) *Tools for thinking about complex issues*. Paper presented at the 6th European Conference for Research on Learning and Instruction, Nijmegen.

Littleton, K., Light, P., Joiner, R. & Barnes, P. (1992) *Pairing and gender Effects on Children's Computer-Based Learning*. *European Journal of Psychology of Education*, 7, 4, 311-324.

Malikowski, S.(1998) *WEB-based Conferencing for Education*. The Center for Excellence in Education.

Marshall, E.M. (1995) The collaborative workplace. *Management Review* (June), 24, 13-17.

Marttunen, M. (1994) Assessing argumentation skills among Finnish university students. *Learning and Instruction* 4 (2), 175-191.

Marttunen, M. (painossa) Teaching argumentation skills in an electronic mail environment. *Innovations in Education and Training International*.

Marttunen, M. (1997) Electronic mail as a pedagogical delivery system: an analysis of the learning of argumentation. *Research in Higher Education* 38 (3), 345-363.

McConnell, D. (1994) Managing open learning in computer supported collaborative learning environments. *Studies in higher education* 19(3), 341-358.

McGee, S., & Pea, R. D. (1994) Cyclone in the classroom: Bringing the atmospheric sciences community into the high school. In *Proceedings of the Third American Meteorological Society Symposium on Education, 74th Annual Meeting of the AMS* (pp. 23-26), Nashville TN: American Meteorological Society.

Mead, G. H. (1932/1977) *On social psychology. Selected papers.* Edited by A. Strauss. Chicago: The University of Chicago Press.

Mevarech, Z.R., Silber, O., & Fine, D. (1991) Learning with computers in small groups: Cognitive and affective outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 7, 233-243.

Miller, M.L. & Castellanos, J. (1996) Use of technology for science and mathematics collaborative learning. *Schools Science and Mathematics*, Vol 96, issue 2, 58-62.

Misak, C. J. (1990) *Truth and the end of inquiry. A Peircean Account of Truth.* Oxford: Clarendon Press.

Miyake, N. (1986) Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, 151-177.

Mugny, G. & Doise, W. (1978) Socio-cognitive conflict and structure of individual and collective performances. *European Journal of Social Psychology*, 8, 181-192.

Murray, F. B. (1983) Equilibration as cognitive conflict. *Developmental Review*, 3, 54-61.

Muukkonen, H., Hakkarainen, K. & Lakkala, M. (1999) Collaborative Technology for Facilitating Progressive Inquiry: the Future Learning Environment Tools. Teoksessa C. Hoadley & J. Roschelle (Eds.) *Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999 Conference* (pp. 406-415). Palo Alto, CA: Stanford University. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
(<http://kn.cilt.org/csc199/A51/A51.HTM>)

Newman, D.R., Johnson, C., Cochrane, C. & Webb, B. (1996) An experiment in group learning technology: evaluating critical thinking in face-to-face and computer supported seminars. *Interpersonal Computing and Technology* 4 (1), 57-74.

Newman, D. R., Johnson, C., Webb, B. & Cochrane, C. (1997) Evaluating the Quality of Learning in Computer Supported Co-operative Learning. *Journal of the American Society for Information Science*, 48 (6), 484-495.

Norman, D. A. (1993) *Things that make us smart. Defending human attributes in the age of the machine.* New York: Addison-Wesley.

Nurmela, K. Lehtinen, E. & Palonen, T. (1999). Evaluating CSCL Log Files by Social Network Analysis. Teoksessa C.M. Hoadley & J. Roschelle (Eds.) *Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999 Conference* (pp. 434-444). Palo Alto, CA: Stanford University. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (<http://kn.cilt.org/csc199/A54/A54.HTM>)

Oatley, K. (1991) Distributed cognition. Teoksessa H. Eysenck, A. Ellis, E. Hunt, & P. Johnson-Laird (eds.) *The Blackwell dictionary of cognitive psychology.* (pp. 102-107). Oxford: Blackwell Reference.

Orlikowski, W. (1992) Learning from NOTES: organizational issues in groupware implementation. *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work.* Toronto: October 31-November 4, 92 , pp. 362-369.

Palincsar, A.S. & Brown, A.L. (1984) Reciprocal Teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117-175.

Papert, S. (1980) *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas.* All about LOGO - how it was invented and how it works. Basic Books, Inc.

Pea, R. D. (1993) Practices of distributed intelligence and designs for education. Teoksessa G. Salomon (Ed.) *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations.* (pp. 47-87). Cambridge: Cambridge University Press.

Pea, R.D. (1994) Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications. *Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 283-298.

Pea, R.D., Edelson, E. & Gomez, L. (1994a) Distributed collaborative science learning using scientific visualization and wideband telecommunications. Paper presented at the 160th Meeting of the American Association for the Advancement of Science.

Pea, R.D., Edelson, E. & Gomez, L. (1994b) The CoVis Collaboratory: High school science learning supported by a broadband educational network with scientific visualization, videoconferencing, and collaborative computing. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.

Peirce, C. S. (1955) *Philosophical writings of Peirce.* Edited by Buchler, J. New York: Dover Publications.

Peirce, S. C. (1957) *Charles S. Peirce. Essays in the philosophy of science.* Edited by V. Tomas New York: The Liberal Arts Press.

- Perkins, D. N. (1993) Person-plus: a distributed view of thinking and learning. Teoksessa G. Salomon (Ed.) *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations.* (pp. 88-110). Cambridge: Cambridge University Press.
- Perkins, D. N. & Simmons, R. (1988) Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math and programming. *Review of Educational Research*, 58, 303-326.
- Phelps, R. Wells, R. Ashworth, R. & Hahn, H.(1991) Effectiveness and Costs of Distance Education Using Computer-Mediated Communication. *The American Journal of Distance Education* 5(3): 7-19.
- Piaget, J. (1926) *The Child's Conception of the World.* Paris:Alcan.
- Piaget, J. (1980) *The Constructivist approach.* Geneva: Foundation Archives Jean Piaget.
- Puntambekar, S., Nagel, K., Hubscher, R., Guzdial, M. & Kolodner, J. L. (1997) Intra-group and intergroup: An exploration of learning with complementary collaboration tools. *Proceedings of CSCL-97, on the web*
http://www.cc.gatech.edu/edutech/projects/cscl97_grps/inter-intra.htm.
- Repman, J. (1993) Collaborative, computer-based learning: Cognitive and affective outcomes. *Journal of Educational Computing Research* 9(2),149-63.
- Rescher, N. (1978) *Peirce's philosophy of science. Critical studies in his theory of induction and scientific method.* Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Resnick, L. B. (1991) *Perspectives on socially shared cognition.* Washington D. C.: American Psychological Association.
- Resnick, L. B., Pontecorvo, C., Saljo, R. & Burge, B. (1997) *Discourse, Tools, and Reasoning.* Berlin: Springer Verlag.
- Reusser, K. (1996) From cognitive Modelling to the Design of pedagogical tools. Teoksessa Vosniadou, S. & De Corte, E. *International perspectives on the design of Technology-Supported learning Enviroments*, 81-103. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rheingold, H. (1993) *The Virtual community: Homesteading on the Electronic Frontier.* Addison-Wesley, New York.
- Roschelle, J. & Teasley, S. (painossa) *The construction of shared knowledge in collaborative problem solving.* Teoksessa C.E. O'Malley (Ed.) *Computer- supported collaborative learning.* Heidelberg: Springer-Verlag
- Roschelle, J. (1992) Learning by collaborating: Convergent conceptual change. *Journal of Learning Sciences*, 2, 235-276.
- Ruberg, L.F., Moore, D.M & Taylor, C.D. (1996) Student participation, interaction, and regulation in a computer-mediated communication environment: a qualitative study. *Journal of Educational Computing Research* 14 (3), 243-268.

- Rysavy, S.D.M. & Sales, G.C. (1991) Cooperative learning in computer based instruction. *Educational Technology, Research & Development*, 39 (2) 70-79.
- Salomon, G. (1993) No distribution without individual's cognition: A dynamic interaction view. Teoksessa G. Salomon (Ed.) *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations.* (pp. 111-138). Cambridge: Cambridge University Press.
- Salomon, G. (1994) Differences in patterns: Studying computer enhanced learning environments. Teoksessa S. Vosniadou, E. De Corte & H. Mandl (Eds.), *Technology-based learning environments: Psychological and educational foundations* (pp. 79-85). NATO ASI Series F: Computer and System Science, Vol. 137. Berlin: Springer.
- Salomon, G. (1996) Studying novel learning environments as patterns of change. Teoksessa S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser, & H. Mandl (Eds.) *International perspectives on the psychological foundations of technology-based learning environments.* (pp. 363-377). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Salomon, G. (painossa) Technology's promises and dangers in a psychological context: implications for teaching and teacher education. *Practice to Theory*.
- Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991) Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, April, 1991, 2-9.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1989) Schools as knowledge-building communities. Paper presented at the Workshop on Development and Learning Environments, University of Tel Aviv, Tel Aviv, Israel, October, 1989.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1990) A Knowledge-building architecture for computer-supported learning. Paper presented at the NATO Advanced Research Workshop, "Computer-Based Learning Environments and Problem Solving", Leuven, Belgium, September, 1990.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991) Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of The Learning Sciences*, 1, 37-68.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1992) Text-based and knowledge-based questioning by children. *Cognition and Instruction*, 9 (3), 177-199.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1993) Technologies for knowledge-building discourse. *Communications of the ACM*, 36, 37-41.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994) Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3, 265-283.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1996) Adaptation and understanding: A case for new cultures of schooling. Teoksessa S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser, & H. Mandl (Eds.) *International perspectives on the psychological foundations of technology-based learning environments.* (pp. 149-163). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Scardamalia, M., Bereiter, K. & Lamon, M. (1994) The CSILE project: Trying to bring the classroom into world 3. Teoksessa Kate McGilly (ed. Classroom lessons: Integrating Cognitive Theory and Classroom practise, 201-228. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., McLean, R. S. & Swallow, J. & Woodruff. (1989) Computer-supported Intentional Learning Enviroments. *Journal of Educational Computing research* 5 (1), 51-68.
- Schlack, M. (1991) IS puts Notes to the test. *Datamation*, 37, 15, 24-26.
- Schrage, M. (1990) *Shared Minds*. New York: Random House.
- Schwartz, D. L. (1995) The emergence of abstract representations in dyad problem solving. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 321-354.
- Schwartz, J. L. (1995) Shuttling between the particular and the general: Reflections on the role of conjecture and hypothesis in the generation of knowledge in science and in mathematics. Teoksessa D. N. Perkins, J. L. Schwartz, M. M. West, & M. S. Wiske. (Eds.) *Software goes to school*. (pp. 93-105). Oxford: Oxford University Press.
- Sfard, A. (1998) On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher* 27(2), 4-13.
- Seymour, S.R. (1994) Operative computer learning with cooperative task and reward structures. *Journal of Technology Education*, 5 (2).
- Shabo, A.; Nagel, K., Guzdial, M. & Kolodner, J. (1997) JavaCap: A collaborative case authoring program on the WWW. Teoksessa R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 241-250.
- Shaffer, D. W. (1997) Design, collaboration, and computation: The design studio as a model for computer-supported collaboration in mathematics. Teoksessa R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 250-255.
- Sharan, S. & Shachar, C. (1988) *Language and learning in the cooperative classroom*. New York: Springer-Verlag.
- Sharan, Y. & Sharan, S. (1992) *Expanding cooperative learning through cooperative classroom*. New York: Teachers College Press.
- Shlechter, T.M. (1990) The relative instructional efficiency of small group computer-based training. *Journal of Educational Computing Research*, 6, 329-341.
- Silverman, Barry G. (1995) Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). *Computers Education*, Vol. 25 (3), 81-91.

Slavin, R.E. (1992). When and why does cooperative learning increase achievement? Teoksessa R. Hertz_Lazarowitz & N. Miller (Eds.). *Interacting in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning* (pp. 145-173). New York: Cambridge University Press.

Slavin, R.E. (1995) *Cooperative learning: Theory research and practice*. Boston: Allyn & Bacon.

Slavin, R. E. (1997) *Research on cooperative learning and achievement: A quarter century of research*. Paper presented at the Annual Meeting of Pedagogical Psychology, Frankfurt, September.

Steeple, C., Goodyear, P. & Mellor, H. (1994) *Flexible learning in higher education: the use of computer-mediated communications*. *Computers and Education* 22 (1/2), 83-90.

Suthers, D. (1998) *Computer aided education and training initiative*. Technical Report (12 January 1998).

Suthers, D. Weiner, A., Connelly, J. & Paolucci, M. (1995) *Belvedere: Engaging students in critical discussion of science and public policy issues*. AI-Ed 95, the 7th World Conference on Artificial Intelligence in Education, Washington DC, August 16-19.

Suthers, D. and Jones, D. (1997) *An Architecture for Intelligent Collaborative Educational Systems*. *8th World Conference on Artificial Intelligence in Education (AI-ED'97)*, August 20-22, 1997, Kobe.

Sutton, S. A. (1996) *Planning for the Twenty-First Century: The California State University*. *Journal of the American Society for Information Science*, 47 (11), 821-825.

Suzuki, H. & Hiroshi, K. (1997) *Identity formation/transformation as the process of collaborative learning through AlgoArena*. Teoksessa R. Hall, N. Miyake & N. Enyedy (Ed.) *Computer Support for Collaborative Learning '97*. *Proceedings of The Second International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. December 10-14, 1997. Toronto, Ontario, Canada, 280-288..

Tuomisto, A. (1994) *Computer Supported Work: A Perspective*. *Proceedings of the 17th IRIS conference (Information systems Research seminar in Scandinavia)*, Finland, August, pp. 543-552.

Turkle, S. (1984) *The Second Self: Computers and the Human Spirit*, London Granada.

Vandenbosch, B. & Ginzberg, M. J.(1996/97) *Lotus Notes and collaboration: Plus ça change*. *Journal of Management Information Systems*, 13 (3) p 65-82

Vosniadou S. (1994) *From cognitive theory to educational technology*, in Vosniadou, S., De Corte, E. Mandl, H. *Technology-Based Learning Environments*, Berlin, Springer-Verlag, pp. 11-18.

Vosniadou, S., DeCorte, E., Glaser, R. & Mandl, H. (Eds.) (1996) International perspectives on the psychological foundations of technology-based learning environments. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Vygotsky, L. (1934/1994) The development of academic concepts in school aged children. Teoksessa R. van der Veer & J. Valsiner (Eds.). The Vygotsky reader (355-370). Oxford: Blackwell. (Originally published in Russian 1934)

Vygotsky, L. (1935/1994) The problem of the environment. Teoksessa R. van der Veer & J. Valsiner (Eds.). The Vygotsky reader (338-354). Oxford: Blackwell. (Originally published in Russian 1935).

Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Walther, J.B., Anderson, J.F. & Park, DW. (1994) Interpersonal effects in computer-mediated interaction. *Communication Research*, 21 (4) 460-488.

Wang, D. & Johnson, P. M. (1994) Experiences with CLARE: A Computer-supported Collaborative Learning Environment. *International Journal of Human Computer Studies* 41(6), 851-879.

Webb, N. (1989) Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research* 13, 21-40.

Webb, N.M. (1992) Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups. Teoksessa R. Hertz Lazarowitz & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 102-119). New York: Cambridge University Press.

Webb, N.M. & Palincsar, A.S. (1996) Group processes in the classroom. Teoksessa D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*. New York: Simon & Schuster MacMillan.

Woodruff, E. & Brett, C. (1993) Fostering scholarly collaboration in young children through the development of electronic commenting. *Research in Education*, 50, 83-95.

Woolley, J.D.(1995) Children's Understanding of Fictional versus Epistemic Mental Representations: Imagination and Belief: *Child development* 66 (4), 1011-21.