

Kollektiivinen älykkyys

Esitelmä Mensan juhlaviikon tilaisuudessa 16.11.2006, Vernissa, Tikkurila

Dr. Kai Hakkarainen, Ph.D.

Akatemia tutkija, johtaja
Verkko-oppimisen ja tiedonrakentamisen
tutkimuskeskus, psykologian laitos
Helsingin yliopisto
www.helsinki.fi/science/networkedlearning
email: kai.hakkarainen@helsinki.fi
puh : 050-4129572

Professori
Savonlinnan opettajakoulutuslaitos
Joensuun yliopisto

Abstrakti

Esitelmän aiheena on kollektiivinen älykkyys. Käsittelen aihetta kolmesta toisiaan täydentävästä näkökulmasta; tiedonhankintanäkökulma (monologinen eli M-älykkyys), osallistumisnäkökulma (dialoginen eli vuorovaikutusälykkyys, D-älykkyys) ja tiedonluomisen näkökulma (trialogisen eli kohteeseen suuntautunut T-älykkyys). Keskeiseksi älykkään toiminnan selittäjäksi nousee kokemuksessa muodostuneeseen hyvin organisoituneeseen ja käyttökelpoiseen kulttuuriseen tietämykseen perustuva asiantuntijuus. Asiantuntijuuden kehitys tuottaa kristallisoitunutta älykkyyttä, jonka varassa voidaan kiertää joustavan älykkyyden rajoituksia. Vaikka arkielämässä selitetään ihmisen poikkeuksellisia saavutuksia synnynnäisen tai kiinteän ”älykkyyden” tai ”lahjojen” varassa tällaiselle oletukselle ei ole saatu vakuuttavaa tieteellistä todistusaineistoa. Ei edes silloin kun puhutaan tieteen tai taiteen ”neroista”. Älyllisen toiminnan kehitystä selittää parhaiten pitkäaikainen ja intensiivinen tarkoituksellisesti suorituksen parantamiseen tähtäävä harjoittelu. Tämän vaikutuksesta ihmisen supermuovautuvissa aivoissa tapahtuu olennaisia toiminnallisia ja rakenteellisia muutoksia. Ihminen on lajityypillisesti äärisosiaalinen olento eikä hänen älykkyyttään tulisi arvioida pelkästään yksilöllisen suorituksen perusteella. Ihmisen kaikki merkittävät älylliset saavutukset perustuvat älyllisten ponnistusten jakamiseen yhteisöissä ja verkostoissa. Kulttuurihistoriallisen kehityksen luomat älylliset proteesit muodostavat perustan vaativalle älylliselle työlle. Suurien yksittäisten tekijöiden (älykkyys, lahjat) sijasta poikkeuksellisia älyllisiä saavutuksia selittää monien pienempien tekijöiden itseorganisoituvaa vuorovaikutus älykstä toimintaa tukevassa ihmisten ja älyllisten proteesien muodostamassa ”langattomassa verkossa”. Älyllisen sosialisoinnin historia tuottaa ihmisen välille todellisia, mutta kehityksellisiä ja historiallisia pikemmin kuin ehdottomia ja kategorisia eroja. Kaiken kaikkiaan psykologinen tutkimus tarjoaa myönteisen kuvan ihmisen älykkyyden kehitettävyydestä. Jokainen voi kehittää asiantuntijuuttaan sekä jalostaa sellaisia positiivisia älyllisiä hyveitä, kuten sisukkuus, kurinalaisuus, peräänantamattomuus, tiedonrakkaus, virtaus, yhteisöllisyys, toivorikkaus, empatia, itseluottamus sekä tulevien sukupolvien hyvinvoinnista huolehtimiseen suuntautunut viisaus.

Johdanto

Älykkyys näyttäisi olevan kehittyneessä tietoyhteiskunnassa välttämätön hyve. Ihmiset joutuvat työssään ratkaisemaan yhä monimutkaisempia ja monimutkaisempia ongelmia. Informaation hakeminen ja käsitteleminen eivät enää riitä, vaan työelämä vaatii tietoista ja tarkoituksellista teknisten, taloudellisten ja sosiaalisten innovaatioiden tuottamista. Merkittävä osa ihmisistä joutuu tekemään tietotyötä, jonka aikoinaan oletettiin edellyttävän erityisiä älyllisiä kykyjä. Jokaisen ihmisen osaaminen ja asiantuntijuus joutuu tällaisessa ympäristössä koetukselle. Herää kysymys ovatko ihmiset tarpeeksi älykkäitä selvitäkseen asteittain kasvavista älyllisistä haasteista?

Jokainen aika määrittelee oman älykkyyskäsityksensä (Rose, 2004). Silloin kun elettiin suhteellisen vakaassa teollisuusyhteiskunnassa, jossa ihmisen valittiin älyllisten ja koulu-saavutusten perusteella ammatilliselle tai akateemiselle uralle, saattoi olla luontevaa ajatella jokaisella ihmisellä olevan perityn ja kiinteän älykkyyden, joka sääteli tai määräsi hänen oppimismahdollisuuksiaan. Älykkyyttä tarkasteltiin psykologiassa hyvin yksilökeskeisestä näkökulmasta. Sen oletettiin edustavan yksilön suhteellisen pysyvää mentaalista kapasiteettia eli sitä henkisen energian määrää, jonka hän pystyy suuntaamaan ongelmanratkaisuun (Spearman, 1927). Yksityiskohtainen perinteisen älykkyyskäsityksen kritiikki esitetään teoksessa Hakkarainen, Lonka, & Lipponen, 2004.

Meidän aikamme haasteet ovat toisenlaisia. Tulevaisuuden työelämä saattaa asettaa ihmisen moneen kertaan sellaiseen tilanteeseen, jossa hän joutuu ylittämään itseään ja hankkimaan taitoja, joiden omaksumista ei ehkä pitänyt lainkaan mahdollisena. Älykkyyden kehitettävyyttä ei ole enää pelkästään abstrakti tieteellinen tosiseikka, vaan osa sitä konkreettista todellisuutta, jossa elämme. Tulevaisuuden ja jo tämän päivänkin haasteiden hahmottaminen edellyttää dynaamista ja joustavaa käsitystä ihmisen älykkyydestä. Tarvitaan lähestymistapaa, joka tarjoaa selkeitä ohjeita siitä kuinka rikkoa oman älykkään toimintansa rajoja nojautumalla erilaisiin älykäästä toimintaa tukeviin ulkoisiin välineisiin ja älyllisten ponnistusten sosiaaliseen jakamiseen.

Ihmiset voivat toimia älykkäästi vain suhteessa joihinkin kohteisiin – tehtäviin, ongelmiin tai tavoitteisiin. Selkeä ja ymmärrettävä malli siitä *kuinka älykkyys toimii* tuntuu olevan tarpeellista sekä silloin kun haluamme tukea älykkyyden kehitystä että silloin kun haluamme luoda tekoälyjärjestelmiä. Tässä esitelmässä puhun älykkäästä *toiminnasta* suunnakseni huomion älykkyyden konkreettisiin ja käytännöllisiin pikemmin kuin mystisiin tai selittämättömiin ulottuvuuksiin. Tämänkaltaisen lähestymistapa tuntuu sisältyvän esimerkiksi liiketoimintaan liittyvistä tiedusteluälykkyyden (“business intelligence”) prosesseista puhumiseen. Tämä viittaa ensinnäkin yrityksen älykkään toiminnan kapasiteetin lisäämiseen kokoamalla tietoa liiketoimintaympäristöstä, mukaan lukien kilpailijat, markkinat ja ennakoitavat taloudelliset kehitysuuntauksat. Toiseksi siihen liittyy tämän tiedon varassa toimiminen ja sellaisten taitojen kehittäminen, joita tarvitaan tavoitteiden saavuttamiseen kilpailusta huolimatta. Tämän pohjalta älykkyys voidaan ymmärtää toiminnan relationaaliseksi (eli yksilö-ympäristösuhteeseen liittyväksi) piirteeksi; se on taitavaa tai kekseliästä suoriutumista suhteessa joidenkin tiettyssä kulttuuriympäristössä arvostettujen tavoitteiden saavuttamiseen.

Tämän esitelmän keskeinen lähtökohta on ajatus, jonka mukaan älykkyys luonnehtii kokonaisen toimijoiden ja työvälaineiden verkoston toimintaa pikemmin kuin että se voitaisiin ymmärtää joukoksi yksilöllisiä henkisiä piirteitä. Älyllinen toiminta tapahtuu moninaisten työvälaineiden avulla erilaisissa sosiaalisissa yhteisöissä ja verkostoissa, joissa ihmiset tavalla tai toisella tukevat toinen toistensa älykstä toimintaa ja pyrkivät vastavuoroisesti kompensoimaan toistensa heikkouksia. ”*Kollektiivinen älykkyys*” viittaa niihin yksilölliseen ja kollektiivisiin tietorakenteisiin, tietokäytäntöihin ja päättelyprosesseihin, jotka sallivat toimijan (yksilön tai yhteisön) toimia älykkäästi jossakin kulttuurisessa ja sosiaalisessa ympäristössä.

Olen jäsentänyt tämän esitelmän neljään osaan. Ensimmäisessä käsitellään älykkyyttä mielensisäisestä ja yksilöllisestä tiedonhankinnan näkökulmasta. Tätä kutsutaan monologiseksi eli M-älykkyudeksi, koska huomio on päänsisäisessä älyllisessä yksinpuhelussa. Toisessa dialogista eli vuorovaikutusälykkyyttä (D-älykkyys) käsittelevässä osassa tarkastellaan älyllisten ponnistusten jakamista sosiaalisissa yhteisössä ja verkostossa. Kolmannessa älykkyuden tarkasteluun otetaan mukaan ne kohteet, joita ihmisten älyllinen toiminta kohdistuu. Tätä kutsutaan dialogiseksi T-älykkyudeksi, koska se on välittynyt niiden kohteiden kautta, joita osanottajat luovat niin arkielämässä ja työssä kuin tieteessä ja taiteessa. Tämä jäsennys perustuu aikaisemmin oppimisen ja asiantuntijuuden vertauskuvien yhteydessä yhdessä työtovereideni kanssa esittämiin tarkasteluihin (Paavola & Hakkarainen, 2005, Paavola, Lipponen, & Hakkarainen, 2004). Lopuksi käsitellään lyhyesti kollektiiviseen älykkyyteen liittyviä rajoituksia.

Monologisen älykkyuden (M-älykkyys) näkökulma

Tekoälytutkimuksen haaste: Kuinka älykkyys toimii?

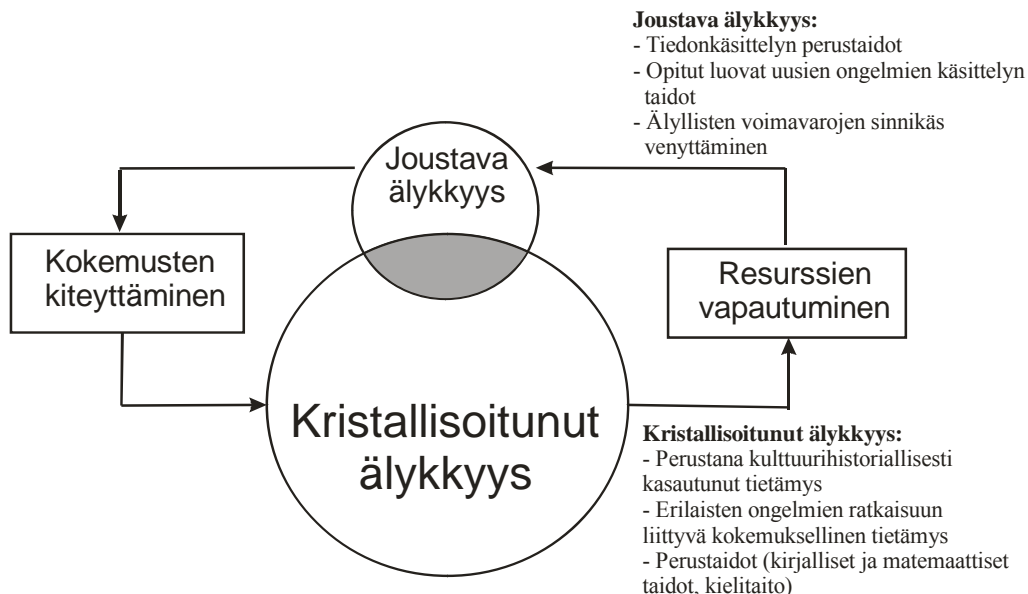
1970-luvulta alkaen kehittynyt kognitiivinen psykologia asetti haasteekseen sen selvittämisen kuinka älykkyys toimii. Kunnianhimoisena tavoitteena oli älykstä toimintaa mallintavien tekoälyjärjestelmien kehittäminen (Gardner, 1986; McCorduck, 2004). Heti kärkeen oli selvää etteivät älykkyystestit tarjonneet tässä suhteessa riittäviä resursseja. Tutkijat huomasivat, että yksinkertaisessakin ongelmassa oli äärimmäisen suuri määrä läpikäytäviä vaihtoehtoja. Niiden määrä kasvoi nopeasti äärettömiin. Osoittautui etteivät sellaiset yleiset ongelmanratkaisumenetelmät, joihin älykkyystestit perustuvat, tarjonneet lainkaan riittävää perustaa ongelmien ratkaisemiselle. Näitä kutsutaan *heikoiksi menetelmiksi*, koska ne ovat tiedonalalta toiselle yleisiä, mutta eivät anna tarpeeksi tukea jonkun erityisen ongelma-alueen käsittelyssä. Ainoaksi toimivaksi tekoälyjärjestelmien luomisen lähtökohdaksi osoittautui kyseisen toiminta- ja tieto-alueen sisällölliseen tuntemukseen perustuvan tietämyksen soveltaminen. Tietämykseen perustuvia menetelmiä kutsutaan *vahvoiksi menetelmiksi*, koska niiden varassa on mahdollista erottaa olennaiset ratkaisut epäolennaisista.

Tällaisten havaintojen perusteella monet tutkijat, kuten arvostettu tekoälytutkija Roger Schank (1999), esittävät että *älykkyys ja tietämys liittyvät erottamattomasti toisiinsa*. Sellaista älykkyyttä ei ole olemassakaan, joka olisi tietämyksestä riippumaton. Älykkyuden ja tietämyksen läheisestä yhteydestä seuraa myös älykkyuden kehitettävyyden mah-

dollisuus. Kun selvitämme kuinka jokin monimutkainen ongelma ratkaistaan, voimme opettaa tämän ratkaisun muille ihmisille ja sillä tavalla parantaa heidän älykkään toimintansa edellytyksiä. Älykkään toiminnan perustana on yksilön kokemuksessa muodostuneen, hyvin organisoituneen ja käyttökelpoisen tietovarannon hallitseminen (Glaser & Chi, 1988). Asiantuntijan ongelmanratkaisun lähtökohtana tapauksiin perustuva päättely (case-based reasoning, Kolodner, 1993). Asiantuntijalle muodostuu tietoa ja kokemusta sadoista, tuhansista tai sadoista tuhansista tapauksista niin, että uuden ongelman ratkaisemisessa on usein olennaista jonkun aikaisemman vastaavan tapauksen mieleen muistuminen. Huomattava osa tästä prosessista tapahtuu automaattisesti ilman että yksilön täytyisi tietoisesti ponnistella.

Joustava ja kristallisoitunut älykkyys

Asiantuntijuuden merkitystä voidaan hahmottaa erottamalla Raymond Cattellin ja John Hornin ajatusten pohjalta toisistaan niin sanottu joustava ja kristallisoitunut älykkyys. *Joustavan älykkyyden* voidaan tulkita edustavan ihmisen tiedonkäsittelyn yleisiä perusprosesseja, joita käytetään kaikenlaisen tiedon käsittelyssä. Sitä voidaan arvioida esimerkiksi pyytämällä koehenkilöä luettelemaan numeroita taaksepäin tai ratkaisemaan yksinkertaisia matematiikan tehtäviä. Monet älykkyystestien osiot mittaavat joustava älykkyyttä. Nopea reaktiokyky sekä tehokas vieraan tietoaineksen käsittely kuuluvat joustavan älykkyyden piiriin. Tällaisilla prosesseilla on merkitystä silloin kun yksilö opettelee hahmottamaan asioiden välisiä yhteyksiä jossakin uudessa tilanteessa. Joustava älykkyys on eräiden tutkimusten yhteydessä (korrelaatioissa) ihmisen työmuistin kapasiteettiin (Engle, Kane, & Lebiere, 1999). Joustava älykkyys on suurimmillaan alle 20-vuotiaana, mutta heikkenee jonkin verran iän myötä.



Kuvio 1. Joustavan ja kristallisoituneen älykkyyden suhteet (Krampe & Baltes, 2003 inspiroima)

Kristallisoitunut älykkyys edustaa puolestaan pitkäaikaisessa kokemuksessa muodostunutta tietotaitoa, jonka varassa asiantuntija pystyy ratkaisemaan tehokkaasti ongelmia. Se pitää sisällään jollekin tiedonalalle tai asiantuntijuusalueelle tyypillisen tietopohjan ja ongelmanratkaisun taidon. Siitä ovat esimerkkejä vaikkapa vieraan kielen sanaston tai matematiikan hallinta. Tällaisia asioita ihminen ei opi ilman opiskelua ja harjoittelua, vaikka hän olisi kuinka nopea ja nokkela joustavan tietämyksen näkökulmasta.

Yksilön toiminnassa jonkun uuden ongelman käsitteleminen perustuu aluksi joustavaan älykkyyteen, jota kellään ei ole kovin paljoa. Ratkaisevaa on joustavan älykkyyden asteittainen muuntamiseen kristallisoituneeksi älykkyudeksi kehittämällä erilaisiin tilanteisiin ja tapauksiin toimivia ratkaisumalleja ja rutiineja. Tämä vapauttaa älyllisiä voimavaroja. Adaptiiviseksi asiantuntijuudeksi (Hatano & Inagaki, 1992) kutsutaan yksilöä, joka säännöllisesti investoi kokemuksen mukana vapautuvat älylliset voimavaransa uuden oppimiseen. Tätä kutsutaan *asteittain syveneväksi ongelmanratkaisuksi* (Bereiter & Scardamalia, 1993). Älykkyyttä voidaan kehittää tällaisessa pitkäaikaisessa ponnistelussa oman osaamisen ylärajalla (Perkins, 1995). Kristallisoitunut tietämys ei tule ihmisen mielen syvyyksistä, vaan sen perustana ovat kulttuurihistoriallisesti kehittyneet tietämysverkostot. Tässä suhteessa se on olennainen osa ihmisen kollektiivista älykkyyttä. Karkeasti arvioiden noin 90% ihmisen älykkästä toiminnasta perustuu kristallisoituneeseen tietämykseen. Ihminen voi massiivisen kristallisoituneen tiedon varassa kiertää joustavan älykkyyden rajoituksia. Tämä selittää ”viisusparadoksin” eli sen kuinka ikääntyneet ihmiset ovat monessa tapauksessa omalla alallaan ylivoimaisia ajattelijoita (Goldberg, 2005).

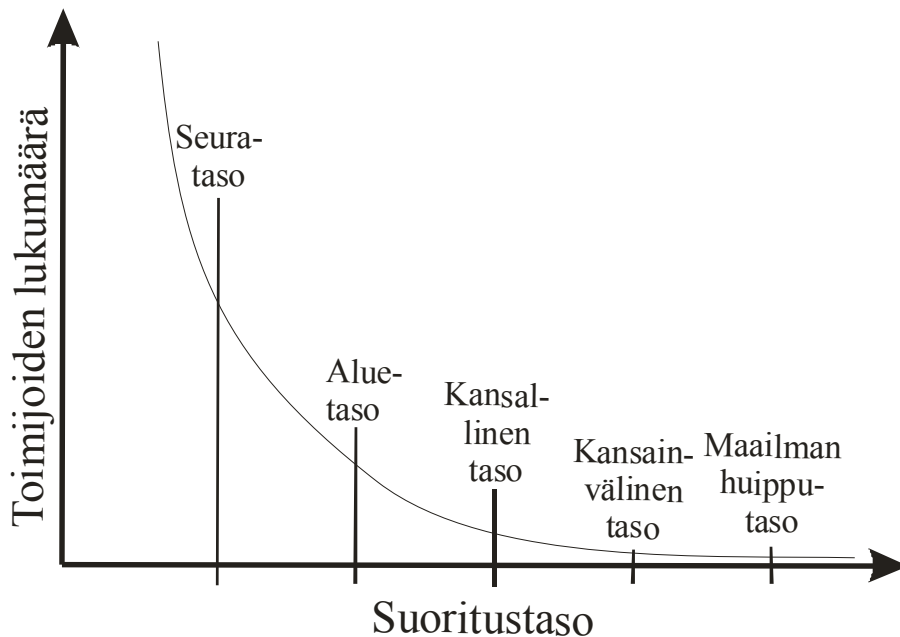
Huippuosaaminen ei perustu poikkeuksellisiin lahjoihin

Kuten Herbert Simon toteaa, ”*asiantuntijaksi ei synnytä, vaan hänet on tehty*”. Kognitiivisen psykologian tutkijat ovat kohta 30 vuoden ajan tutkineet eri alojen asiantuntijoita ja huippuosaajia. Tutkijoiden odotuksena oli alun perin arkiajatteluun perustuva olettaus siitä, että eri alojen huippuosaajilla olisi joitakin muista poikkeavia *yleisiä* päättely- tai muistitaitoja (Feltovich, Ford, & Hoffman, 1997). Intensiivisestä tutkimuksesta huolimatta mitään tällaisia ei koskaan havaittu. Vaikka on harvinaista että oleellisesti keskiarvoa heikomman psykometrisen älykkyystason edustajista tulee huippuosaajia (tällaisiakin tapauksia esiintyy), ei huippusuorituksen saavuttamisen ja älykkyysosamäärän välillä on selkeää suhdetta. Esimerkiksi shakkimestareiden älykkyysosamäärien keskiarvo on tasan 100. Todella monimutkaisen osaamisen (esimerkiksi kaupungin johtaminen) ja älykkyysosamäärän välillä ei ole minkäänlaista suoraviivaista yhteyttä. Älyllisesti heikompaan suoritukseen pääsevät ihmiset pystyvät omalla asiantuntijuusalueellaan tehokkaampaan ratkaisuun kuin korkeampaa älykkyysosamäärää edustavat ihmiset (Ericsson & Lehmann, 1996).

Alan uranuurtajia on ollut K. A. Ericsson ja hänen työtoverinsa (Ericsson & Charness, 1994; Ericsson & Lehmann, 1996). Heidän tutkimuksensa osoittavat, että asiantuntijoiden poikkeuksellista suoritusta selittää ainoastaan heidän kyseiseen tiedon tai taidonalaan liittyvä kristallisoitunut tietämyksensä ja vastaavien taitojen harjoittelun kesto ja intensiteetti. Asiantuntijoiden vaikuttavat muisti- ja päättelytaidot liittyvät vain ja ainoastaan sellaiseen materiaaliin, jota he omalla asiantuntijuusalueellaan harjoittavat. Tämä ei tee heitä

juuri tavallisia ihmisiä tehokkaammiksi sellaisen tietoaineksen käsittelyssä, joka on heille vierasta.

Ihmisen tiedonkäsittelyn keskeinen pullonkaula on ihmisen työmuisti. Sen kapasiteetti on vain 5 +/- 2 yksikköä (Miller, 1956). Tämän seurauksena 7 numeroa pidemmän puhelinnumeron ensimmäiset numerot alkavat kadota muistista viimeisiä kuunnellessamme. Monien alojen asiantuntijat pääsevät kuitenkin poikkeuksellisiin muistisuorituksiin omalla asiantuntijuusalueellaan. Esimerkiksi eräs texasilainen tarjoilija pystyi virheettömästi muistamaan jopa 8 hengen pöydän monimutkaiset, alkupaloista, pääruoasta ja lisukkeista, muodostuneet tilaukset välittömästi ja lähes virheettömästi (Ericsson & Polson, 1988). Tässä suhteessa hän pärjasi moninkertaisesti korkeakouluopiskelijoita paremmin. Siten tämän tarjoilijan kyseiseen tehtävään liittynyt työmuistin kapasiteetti oli paljon normaalia suurempi. Vaikka hän muisti jonkin verran muita paremmin rakenteeltaan samanlaista aineistoa kuin ravintolatilaukset, hänen muistitaitonsa eivät kuitenkaan yleistyneet kokonaan toisenlaiseen materiaaliin. Tutkimukset osoittivat myös että harjoiteltaessa hänen taitonsa kehittyivät ilman minkäänlaista etukäteen määrättävissä olevaa ylärajaa.

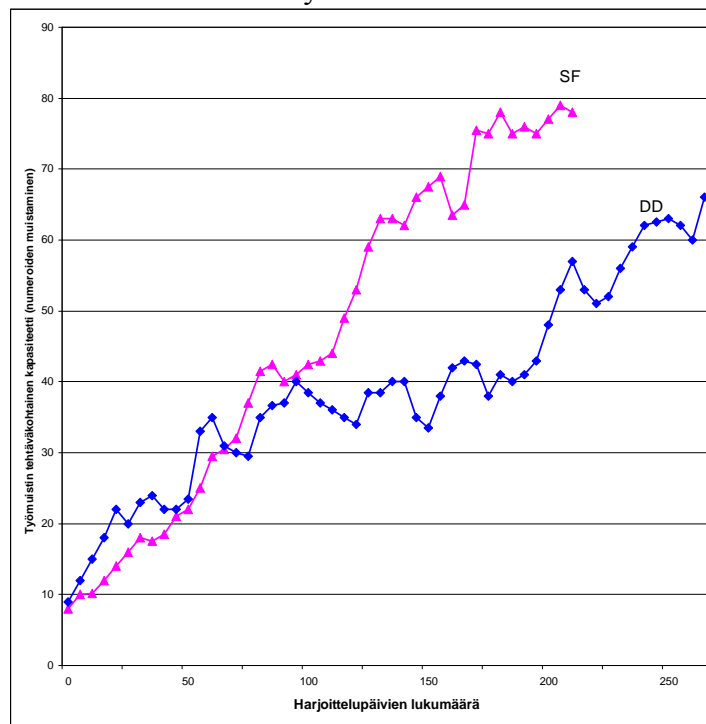


Kuvio 2. Kognitiivisten tutkimusten kohteena ovat olleet tieteen, taiteen ja urheilun parhaat huippuosaajat (Ericsson, 1996, s. 7). Huippuosaajiin kohdistuneet tutkimukset eivät ole koskaan paljastaneet järjestelmällisiä osaamistasoa ennustavia eroja yleisissä älyllisissä ominaisuuksissa, ainoastaan kyseisten asiantuntijoiden omaan alaan liittyvän kristallisoituneen tietämyksen hallinnassa. Kenestä tahansa normaalissa älykkyydellä varustetusta ihmisestä voi tulla asiantuntija.

Intialainen psykologian opiskelija Rajan Mahadevan tuli 80-luvulla tunnetuksi siitä, että hän muisti ulkoa 30000 π :n desimaalia. Eräät tutkijat esittivät hänen muistisuorituksensa taustalla olevan synnynnäinen poikkeuksellisen laaja työmuisti. Ericssonin äskettäin päättämä tutkimus osoitti, että tässäkin tapauksessa kyseisen yksilön poikkeuksellinen muistisuoritus edusti ainoastaan sellaista materiaalia, jota hän oli harjoitellut (Ericsson, De-

laney, Weaver, & Mahadevan 2004). Hänen muistitaitonsa ei ulottunut ASCHII-merkkeihin kuuluvien symbolien muistamiseen.

Vastaavalla tavalla tiedetään shakkimestareista, että he pystyvät sokkona pelaamaan useaa shakkipeliä mielessään pelilautaa näkemättä. Tämä on pitkäaikaisen harjoittelun tulosta ja liittyy vain mielekkäiden shakkipelin tilanteiden muistamiseen. Ericsson pyysi kahta tavallista yliopisto-opiskelijaa harjoittamaan työmuistinsa kapasiteettia laboratoriossaan tunnin päivässä 250 päivän ajan (Ericsson, Krampe, & Tesch-Römer, 1993). Tämä aikana molempien koehenkilöiden työmuistin kapasiteetti kasvoi noin 80 yksikköön. Taustalla oli se, että he ryhmittelivät heille esitettyjä numeroita nelinumeroisiksi urheilutuloksiksi. Joka tapauksessa oli kiinnostavaa, että lyhyen laboratoriokokeen aikana kouluttamattomille koehenkilöille voitiin luoda asiantuntijan poikkeuksellista muistisuoritusta vastaavat taidot. Tämä kertoo ihmisen älyllisen järjestelmän äärimmäistä joustavuudesta ja mukautumisesta toiminnan aiheuttamaan älylliseen kuormitukseen.



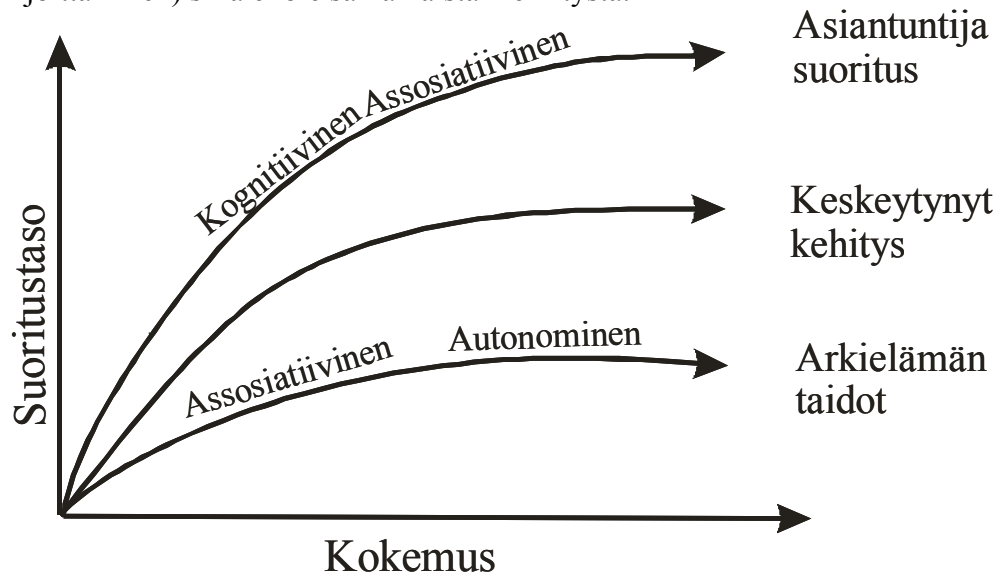
Kuvio 3. Intensiivinen ja pitkäaikainen harjoittelu kasvattaa tehtäväkohtaiseen työmuistin kapasiteettia (mukailtu Ericsson, 2003b, s. 54 pohjalta)¹

Asiantuntijuuden kehityksen aikajänne

Asiantuntijuuden kehitykseen liittyy nk. 10 vuoden sääntö. Asiantuntijuuden saavuttaminen vaatii harjoittelua 4 tuntia päivässä noin 10 vuoden ajan. Varovaisen 40-tuntin työviikkoon perustuvan arvion mukaan tämä merkitsee noin 20.000 tunnin harjoittelua. Monella asiantuntijalla harjoittelua saattaa olla kertynyt paljon suurempikin määrä. Tutkimukset osoittavat, että tämän harjoittelun intensiteetti selittää parhaiten huippusaavutuk-

¹ Tässä on yksinkertaisuuden vuoksi esitetty vain kahden loppuun asti jatkaneen koehenkilön tulokset.

seen pääsemistä jollakin alalla (Ericsson & Lehmann, 1996). Tietyillä aloilla varhainen harjoituksen aloittaminen on huippusaavutusten suhteen kriittistä (esimerkiksi ihanteellisen notkeuden saavuttaminen baletissa), mutta monilla muilla aloilla (humanistiset tieteet, kirjoittaminen) sillä ei ole samanlaista merkitystä.

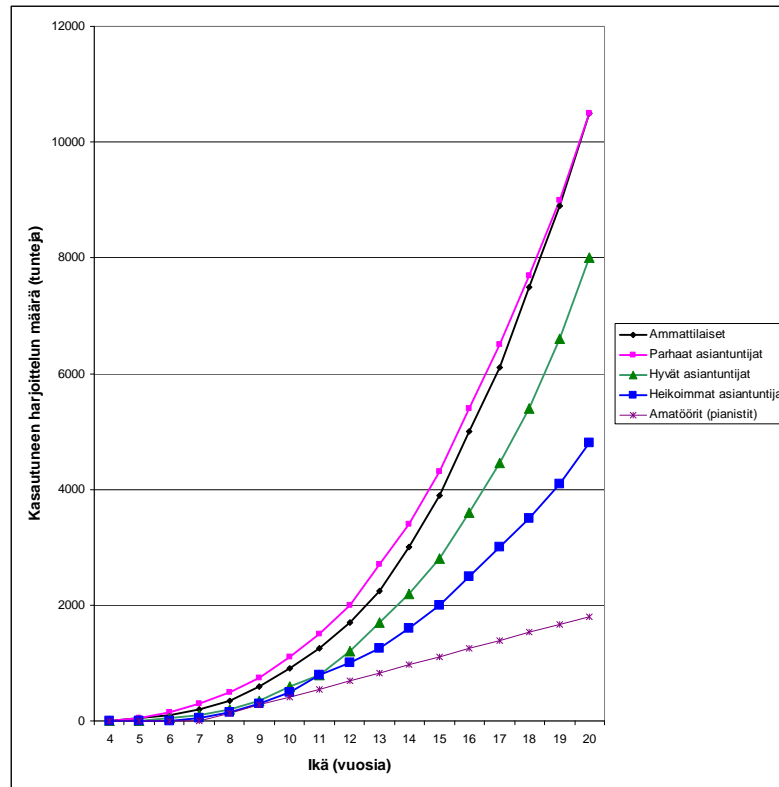


Kuvio 4.

Arkielämän suoritukset eroavat asiantuntijasuorituksessa siinä suhteessa, että ihmisen lopettavat harjoittelun saavutettuaan tyydyttävän suoritustason (Ericsson, 2003c). Tämä vaatii monien arkielämän taitojen (autolla ajaminen, laskettelu) yhteydessä noin 50 tunnin harjoittelua. Tämän seurauksena suoritus automatisoituu ja siitä tulee siten sujuvampi ja sujuvampi. Samalla toiminta kaavamaistuu eikä sen tietoinen kontrolli ole enää mahdollista. Asiantuntijasuoritukseen kuuluu sen sijaan tarkoituksellinen ja hellittämätön suorituksen parantamiseen tähtäävä harjoittelu, johon liittyy aktiivinen pyrkimys välttää jäykkää ja kaavamaista automatisoitumista. Tätä tukevat erikoistuneet harjoittelumenetelmät ja asiantunteva valmennus. Hakeutumalla asteittain vaativampiin tilanteisiin ja järjestelmällisesti kehittämällä osataitojaan asiantuntija pitää taitoa tietoisesti ulottuvissa olevassa ”kognitiivisessa” vaiheessa. Harjoittelun keskeytymisen seurauksena tavallinen ihminen ei ehkä koskaan pääse perille kaikille ihmisille yhteisestä henkisen ja fyysisen suorituskäytännön venytettävyydestä.

Vastoin yleisiä uskomuksia ”lahjakkailta” tai ”älykkäiltä” ihmisiltä ei mene asiantuntijuuden saavuttamiseen yhtään sen vähempää aikaa kuin muilta ihmisiltä (Ericsson, 2003a; 2003b; Howe, 1999; Weisberg, 1999). Ei ole olemassa sellaisia ihmisiä, jotka hiukan harjoiteltuaan ikään kuin yhtäkkiä hyppäisivät muilta ulottumattomissa olevalle kehityspolulle. Ei edes silloin kuin tarkastellaan ihmisiä, kuten Mozart tai Einstein, joita yleisesti pidetään ”neroina” (Howe, 1999). Huippusaavutuksen kehitykseen liittyvä tutkimus osoittaa heidän kehityskaarensa olevan aivan samankaltainen kuin kaikilla muillakin ihmisillä. Kysymyksessä on aste pikemmin kuin laadullinen ero älyllisessä toiminnassa. Siitä huolimatta, että Mozart oli 3-vuotiaasta alkaen isänsä intensiivisen opetuksen ja ohjauksen kohteena, hän tuotti ensimmäisen mestariteoksensa (Pianokonsertti nro 9, K.

271) vasta harjoiteltuaan 12 vuotta. Sitä aikaisemmat älyllisen työn tulokset perustuivat muiden muusikoiden töiden lainaamiseen ja yhdistelemiseen.²

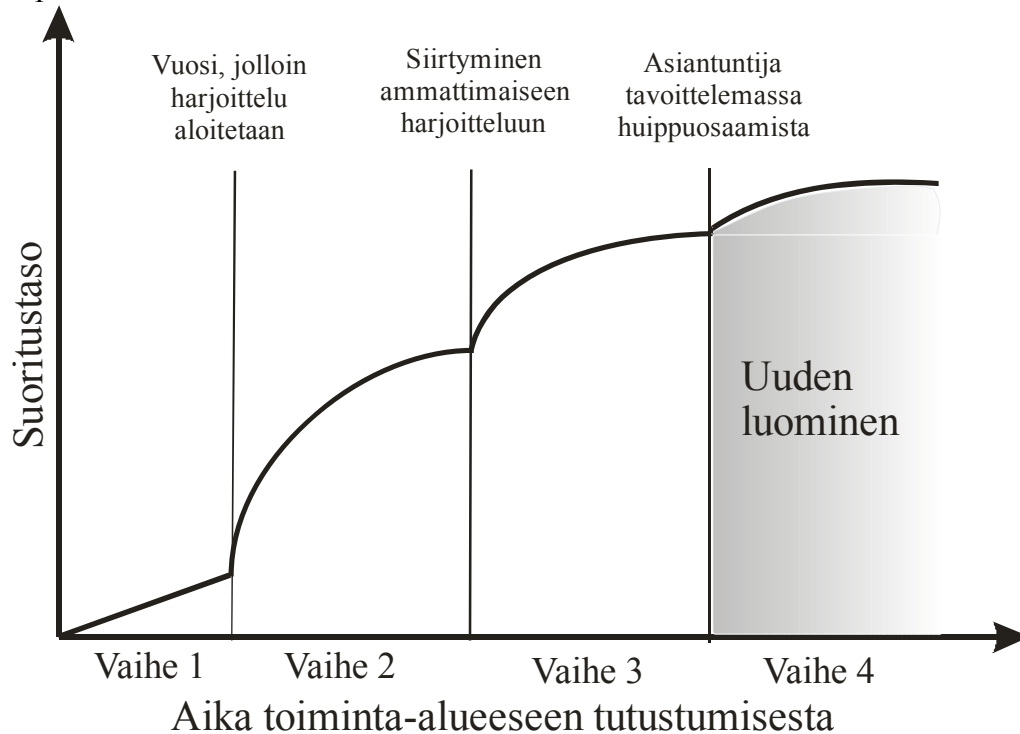


Kuvio 5. Tarkoituksellisen harjoittelun intensiteetti selittää parhaiten viulistien saavuttamaa suoritustasoa (Ericsson, 1996, s. 22). Parhaaseen tulokseen päässeillä oli 3-5 työvuotta enemmän tarkoituksellista harjoittelua kuin keskinkertaiseen suoritukseen yltäneillä.

Sekä tieteessä, tekniikassa, säveltämisessä, maalaamisessa että pop-musiikissa tarvitaan vuosikauden harjoittelu asiantuntijuuden perustana olevan kristallisoituneen tietämyksen omaksumiseksi ennen kuin yksilö pystyy merkittäviin henkilökohtaisiin luoviin saavutuksiin. Syntymistä (Weisberg, 1999; 2006). Huippusaavutuksiin yltäminen edellyttää varhaista pääsyä asiantuntijoiden ohjaukseen ja vaatii koko elämän suunnittelemista taidon kehittämisen ehdoilla (Ericsson & Lehmann, 1996). Se ei ole mahdollista ilman omaa motivaatiota sekä vanhempien ja muun sosiaalisen verkoston tukea. Huippuosaaamista kehittävä nuoren perheeltä saatetaan esimerkiksi vaatia muuttoa toiselle paikkakunnalle korkeatasoisen ohjauksen hankkimiseksi. Csikszentmihalyin ja hänen työtove-

² Tutkimus ei myöskään tue oletusta, jonka mukaan huippusaavutuksiin päässeet olisivat, jotenkin synnynnäisesti perineet muita suuremman lahjakkuuden (Howe, 1999; Ericsson, 2006). Toisin kuin yleisesti uskotaan monimutkaiset älylliset ominaisuudet eivät periydy samaan tapaan kuin silmien väri tai pituus. Geenit eivät normaalissa tapauksessa suoraviivaisesti määrää ihmisen älyllisiä ominaisuuksia. Vaikutus on usein välillistä ja ilmenee esimerkiksi erilaisten hormonien erityksenä.

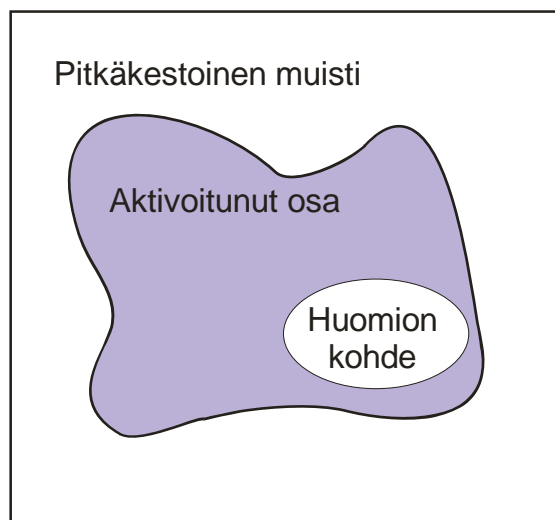
reidensa (1993) mukaan jokaista nuorta huippuosajaa kohden tarvitaan myös huippusuo-
rittava perhe.



Kuvio 6. Uuden luominen ei ole mahdollista ilman pitkäaikaista kristallisoituneen tietämyksen omaksumiseen tähtäävää harjoittelua (Ericsson, 1996, s. 19). Vasta tämän tietämyksen sisäistävä ”lainaaminen” mahdollistaa uudet luovat saavutukset (Weisberg, 1999).

Maksimaalinen älyllinen mukautuminen

Ihminen pystyy pitkäaikaisessa harjoittelussa maksimaaliseen älylliseen mukautumiseen. Hän pystyy toisin sanoen kehittämään sellaista tietotaitoa, joka mahdollistaa johonkin vaativaan tehtävään liittyvän tiedonkäsittelyn kuormitukseen sopeutumisen. Kaunis esimerkki älyllisestä sopeutumisesta on asiantuntijalle muodostuva *pitkäkestoinen työmuisti* (Ericsson & Kintsch, 1995; Ericsson & Delaney, 1999), joka sallii pitkäkestoiseen muistiin taltioidun tiedon käyttämisen työmuistin laajenuksena. Tämä perustuu sellaisten hyvin harjoitettujen muistirakenteiden muodostumiseen, joiden varassa on mahdollista hakea pitkäkestoisesta muistista tietoa lähes yhtä nopeasti kuin jos se olisi kapasiteetiltaan rajoitetussa työmuistissa edustettuna. Kysymys on toisin sanoen eräänlaisen *virtuaali-muistin* (Cowan, 1999) muodostumisesta, jossa tietoa voidaan pitää aktivoituneena tavalla, joka tukee tosiaikaista ongelmanratkaisua. Tämän seurauksena häiriötekijät tai tiedonkäsittelyn kuormittuminen ei vaikeuta älyllisten toiminnan suorittamista lainkaan samalla tavalla kuin normaalitilanteessa.



Kuvio 7. Asiantuntijuuden kehittämiseen liittyvä älyllinen ponnistelu tuottaa pitkäkestoiseen muistiin tietorakenteita, joita on mahdollista ”virtuaalimuistin” tapaan käyttää tehokkaan älyllisen ponnistelun tukena. Kristallisoituneen tietämyksen aktivoituminen mahdollistaa korkeatasoisen suoritustason ylläpitämisen myös kuormittavassa ja häiriötekijöitä sisältävässä tilanteessa (Cowan, 1999). Samalla tässä on kysymys myös arkipäiväisestä ilmiöstä. Sujuva älyllinen työskentely vaatii kristallisoituneen tietämyksen aktivoimista. Monessa tapauksessa tämä saattaa vaatia pitkittynyttä ja sen takia ahdistavalta tuntuvaa ponnistelua. Onnistumisen avaimena on se ettei anna periksi vaikka ajatukset eivät esimerkiksi jossakin kirjoittamisprosessissa alkaisi välittömästi valumaan paperille.

Käsitykseni mukaan tekstin ymmärtäminen, esseen kirjoittaminen tai vieraan kielen oppiminen perustuvat pitkäkestoisen työmuistin muodostumiseen. Ylioppilaskokeessa onnistuminen on merkki siitä, että yksilö on käynyt lävitse opiskelemiinsa asioihin liittyvän pitkäkestoisen työmuistin edellyttämän älyllisen sopeutumisen. Kaikki oppimisvaikeuksien kanssa joskus kamppailleet ihmiset tietävät kuinka takkuista on yrittää ratkaista jotakin työmuistia kuormittavaa ongelmaa. Pitkäaikaisen harjoittelun seurauksena esimerkiksi kirjoittamisprosessi saattaa kuitenkin muuttua lähes kokonaan automaattiseksi, niin, että kokeneet kirjailijat saattavat säännöllisesti tuottaa kymmeniä sivuja tekstiä päivässä. Ihmisen älyllinen järjestelmä pystyy toisin sanoen mukautumaan tavalla, joka auttaa ylittämään joustavaan älykkyyteen liittyviä ja muita tiedonkäsittelyn kapasiteetin rajoituksia.

Jokaisella normaalilla ihmisellä on supermuovautuvat aivot

Ihmisten maksimaalinen älyllinen mukautuminen perustuu heidän *lajityypillisiin supermuovautuviin aivoihinsa* (Donald, 1991). Sekä ihmisen aivoissa että kehossa tapahtuu pitkäaikaisessa harjoittelussa tavattoman suuria muutoksia (Hill & Schneider, 2006). Jokaisella normaalilla ihmisellä on geenejä, jotka aktivoituvat toimimaan vasta pitkittyssä ja sinnikkäässä henkisessä ja fyysisessä harjoittelussa (Ericsson, 2003d). Harjoittelun myötä älyllistä toimintaa kontrolloivan hermoverkkojen aktiivisuuden tarve vähenee. Tiedon prosessoinnin tehokkuuden kasvaessa parantuneen suoritustason saavuttamiseen

tarvitaan vähemmän intensiivistä neuraalista aktiivisuutta kuin aikaisemmin. Pitkäaikaisen harjoittelun myötä tapahtuu jostakin tehtävästä vastaavan aivokuorikerroksen aineksen määrän ja tilavuuden kasvaminen. Siten esimerkiksi taksin kuljettajilla on havaittu paikkatiedon taltioimisessa oleellisen hippokampuksen suurenemista. Pitkäaikaisen harjoittelun myötä musiikin harrastajan soittamisessa aktiivisesti käyttämän käden sormien edustus aivokuorella kasvaa. Tämä vaikutus on sitä suurempi mitä pidempään ko. henkilö on taitoa harjoitellut (Howe, 1999). Samaan aikaan tapahtuu aivojen toiminnan uudelleen organisoitumista suorituksen yhdestä vaiheesta toiseen. Tämä mahdollistaa tehokkaampien suoritusstrategioiden käyttämisen harjoittelun myöhemmissä, taitavaa suoritusta edustavissa vaiheissa. Asiantuntijalle kehittyy monimutkaisten oman alansa ärsykehahmojen tunnistamisen ja käsittelemisen taito (jokaisen ihmisen taito tunnistaa kasvoja, lintubongareiden taito tunnistaa lintuja, balettitanssijan taito hahmottaa hallitsemansa lajin liikkeitä). Tällaisen pitkäaikaisen ja intensiivisen aivojen muovautumiseen ulottuvan harjoittelun vaikutuksesta asiantuntija pystyy ylittämään ja kiertämään tavanomaisia älyllisen toiminnan rajoituksia. Tällaisten prosessien välityksellä aivan tavallinenkin ihminen voi päästä huippusuoritukseen, joka amatöörin silmissä saattaa vaikuttaa maagiselta.

Dialogisen eli vuorovaikutusälykkyyden (D-älykkyyden) näkökulma

Älyllisten prosessien itseorganisoituminen: keskittyneestä vinoumasta vapautuminen

Perinteisten käsitysten rajoituksena on oletamus, jonka mukaan älykkyyden on yksilön mielensisäinen ominaisuus. Taustalla on Descartesin filosofiaan pohjautuva ajatus mentaalisten ja tietoisten prosessien keskeisestä roolista älykkyydessä. Tutkijat ovat vasta viimeisten 10-15 vuoden aikana oppineet ymmärtämään ihmisen ja eläinten älykkään toiminnan taustalla olevia itseorganisoituvia ja dynaamisia prosesseja (Clark, 1997; Resnick, 1994; Thelen & Smith, 1994). Monet monimutkaiset organisoituneet toiminnat esiintyvät ilman, että ne olisivat jonkun keskuksen ohjaamia ja koordinoimia prosesseja. Lintuparvi tai liikenneuhka ovat esimerkkejä itseorganisoituneista järjestelmistä. Lintuparvella ei ole johtajaa, kukin lintu suhteuttaa oman toimintansa ainoastaan suhteessa lähimpiin lintuihin. Yksinkertaisten ja satunnaisten paikallisten vuorovaikutusten seurauksena syntyy kuitenkin kokonaisuutena organisoituneelta vaikuttava järjestelmä.

Michael Resnick (1994) toteaa, että ihmisellä on taipumus niin sanottuun *keskitettyyn vinoumaan*. Meillä on taipumus olettaa monimutkaisten organisoituneiden ilmiöiden tapahtuvan jonkun keskuksen suunnittelemina, ohjaamina, kontrolloimina ja orkestroimina. Meillä on tarve selittää älykstä toimintaa yhden keskitetyn syyn, toimijan älykkyyden tai lahjakkuuden varassa, koska toiminnan historia tai siihen liittyvä verkosto eivät ole tarkkailijan näkyvissä. Käsitykseni mukaan tämä on kuitenkin keskitetyn vinouman luoma harhakuva. Todellisuudessa kysymys on monien pienten tekijöiden vuorovaikutukseen perustuvasta itseorganisoituneesta järjestelmästä. Olemme liian kauan selittäneet ihmisen älykstä toimintaa jonkun yhden keskitetyn syyn, yksilön älykkyyden varassa, vaikka taustalla on monien pienempien ja keskenään vuorovaikutuksessa olevien tekijöiden monimutkaisten yhteispeli (Hakkarainen, Lonka, Paavola, painossa).

Ihmisen sosiaalinen älykkyys

Ihmisen älykkyys on pohjaan saakka sosiaalista luonteeltaan. Sitä ei voida selittää tai ymmärtää ainoastaan katsomalla mielensisäisiä älyllisiä prosesseja, vaan se on muiden sosiaalisesti älykkäiden olentojen, kuten muurahaiset, tapaan monella tavalla luonteeltaan kulttuuriseen toimintaympäristöön hajautunut ilmiö. Jos katsomme hiekkarannalla ristiin rastiin liikkuvaa, esteitä kiertävää, ja ehkä hetkeksi hiekanjyvien alle jäävää muurahaista, niin saatamme helposti ajatella sen toimivan jonkin tavattoman monimutkaisen keskusyksikön ohjaamana. Herbert Simon (1969) sanoo kuitenkin, että todellisuudessa muurahaisen käyttäytymisen monimutkaisuutta selittää ympäristön pikemminkin kuin muurahaisen oma monimutkaisuus.

”Olettakaamme, että saavumme juuri myrskyn jälkeen kun ranta on muurahaisten näkökulmasta tyhjä taulu. Muurahaisten sukupolvet kampaavat rantaa. He jättävät jälkeensä lyhytikäisiä kemiallisia jälkiä ja ohi kulkiessaan tahattomasti siirtelevät hiekanjyväsiä. Ylitse kuukausien polut todennäköisiin ravinnonlähteisiin kehittyvät, kun niissä vierailevat uudelleen ja uudelleen muurahaiset, jotka ensiksi seuraavat tovereidensa lyhytikäisiä kemiallisia jälkiä ja myöhemmin pitkäikäisiä polkuja, joita raskaan muurahaisliikenteen historia tuottaa. Kuukausien tarkkailun jälkeen päätämme seurata jotakin erityistä ulkoilevaa muurahaista Saatamme olla vaikuttuneita siitä kuinka fiksusti se vierailee jokaisessa suuren todennäköisyyden ravintopaikassa. Tämä muurahainen näyttää työskentelevän niin paljon tehokkaammin kuin sen edeltäjät viikkoja aikaisemmin. Onko tämä älykäs muurahainen? Onko se ehkä älykkäämpi kuin sen edeltäjät? Ei, se on ihan samanlainen tyhmänsorttinen muurahainen, joka reagoi ympäristöönsä samalla tavalla kuin sen edeltäjät. Mutta ympäristö ei ole samanlainen. Se on kulttuuriympäristö. Muurahaisten sukupolvet jättivät merkkinsä rannalle ja nyt tyhmä muurahainen on saatu näyttämään fiksulta olemalla yksinkertaisessa vuorovaikutuksessa niiden jäännösten kanssa, joita sen edeltäjien toiminnan historia on jättänyt jälkeensä.”(Hutchins, 1995)

Samalla tavalla saa aivan tavallinen ihminen poikkeuksellisen älylliset voimavarat älyllisesti sosiaalistuessaan kulttuurisesti rakennetussa ympäristössä ja nojautuessaan omassa älykkäässä toiminnassaan aikaisempien sukupolvien tuottamaan tietoon ja ymmärrykseen (Cole, 1996; Engeström, 1987; Rogoff, 2003; Tomasello, 1999; Vygotsky, 1978). Ihmisen älyllisen evoluution tutkimus osoittaa, että ihmisen älyllinen toiminta on monessa suhteessa hajautunut luonteeltaan. Ihmisen aivot ovat pysyneet muuttumattomana kymmeniä tuhansia vuosia. Kuitenkin pystymme ratkaisemaan yhä monimutkaisempia ja monimutkaisempia ongelmia. Miten tämä on mahdollista? Se on mahdollista, koska ihmisen älykäs toiminta perustuu biologisten ja kulttuuristen tekijöiden symbioosiin (Donald, 1991). Ihmisen älyllisiä toimintoja välittävät monella tavalla ne työvälineet ja kulttuurivesineet, joita hän käyttää omassa toiminnassaan. Kulttuurikehityksen luomista älyllisen toiminnan välineistä, kuten esimerkiksi tiedon kirjoitettu ja kuvallinen esittäminen (Goody, 1978; Olson, 1994), on tullut osa ihmisen älyllisen toiminnan arkkitehtuuria (Hakkarainen ym., painossa).

Fysikaalisesti ja sosiaalisesti hajautunut älykkyys

Perinteinen käsitys tarkastelee ihmisen älykkyyttä ja mieltä hänen pääkallonsa ja päänsisäällä sulkeutuneena järjestelmänä (Clark, 2003). Ihmisellä on eräänlainen ”kova pää”, joka on täysin älyllisen toiminnan välineistä ja muista ihmisistä erotettu. Kaikki älylliset voimavarat ovat pään sisällä ja vain aistien välittämä haparoiva tieto yhdistää tätä päätä ulkomaailmaan. Nykyisen tutkimuksen pohjalta piirtyy aivan toisenlainen kuva ihmisen mielestä. Ihmisillä on lajityypillinen taito valaa ja hitsata omat älylliset prosessinsa yhteen erilaisten keinotekoisien älyllisen toiminnan välineiden tai muiden ihmisen mielten kanssa. Ihmisen älykkyys on siten sekä fysikaalisesti että sosiaalisesti hajautunutta (Hutchins, 1995).

Fysikaalinen hajautuneisuus tarkoittaa sitä, että ihminen on oppinut käyttämään erilaisia keinotekoisia välineitä oman älyllisen toimintansa laajenuksena. Tunnettu kognitiivisen evoluution tutkijan Merlin Donald (1991; 2001) toteaa, että lukutaidon kehittyminen 15.000 vuotta sitten merkitsi yhtä oleellista muutosta ihmisen älyllisen toiminnan arkkitehtuurissa kuin aikaisemmat biologisen evoluution harppaukset. Se avasi *ulkoisen muistikentän*, jonka varassa oli mahdollista ylittää ihmisen mielensisäisen tiedonkäsittelyn rajoituksia. Tämä tapahtui valjastamalla ihmisen tehokas näköjärjestelmä ulkoisesti kuvana tai tekstinä esitetyn ajattelun tueksi. Tiedon ulkoinen esittäminen loi perustan sivilisaatiokehityksen lähtökohtana olevan *ulkoisen symbolisen taltiojärjestelmän* kehitykselle. Nyt uuden teknologian kehittyminen mahdollistaa vieläpä monien älyllisten prosessien, kuten muistissa taltioiminen tai tiedon hakeminen, delegoimisen artefakteille.

Taulukko 1. Yksilökeskeinen kartesiolainen ja biologisen ja kulttuurisen symbioosiin perustuva ”risteytynyt” mieli (mukaillen Clark, 2003, pohjalta)

<u>Kartesiolainen mieli</u>	<u>Risteytynyt mieli</u>
<ul style="list-style-type: none">▪ Tietoinen ajattelu hallitsee ja kontrolloi▪ Vain ajattelu on olennaisesti mieltä, ihmisten ja artefaktien (työvälineet, proteesit) raja ylipääsemätön▪ Mieli on pään sisään keskittynyt, eikä ulkoisiin resursseihin ole suoraa pääsyä▪ Yksilön mieli on jyrkästi erillään muiden ihmisten mielistä	<ul style="list-style-type: none">▪ Itseorganisoitunut järjestelmä, jolla ei ole yhtä keskusta▪ Artefaktien saumaton sulautuminen älylliseen järjestelmään▪ Mieli liittyy joustavasti itseensä ulkoisia resursseja ja välineitä▪ Ihmismielet voivat osittain fuusioitua ja muodostaa yhdessä korkeamman tasoisia älyllisiä järjestelmiä.▪ Heterogeeniset ihmisten ja artefaktien muodostamat verkostot

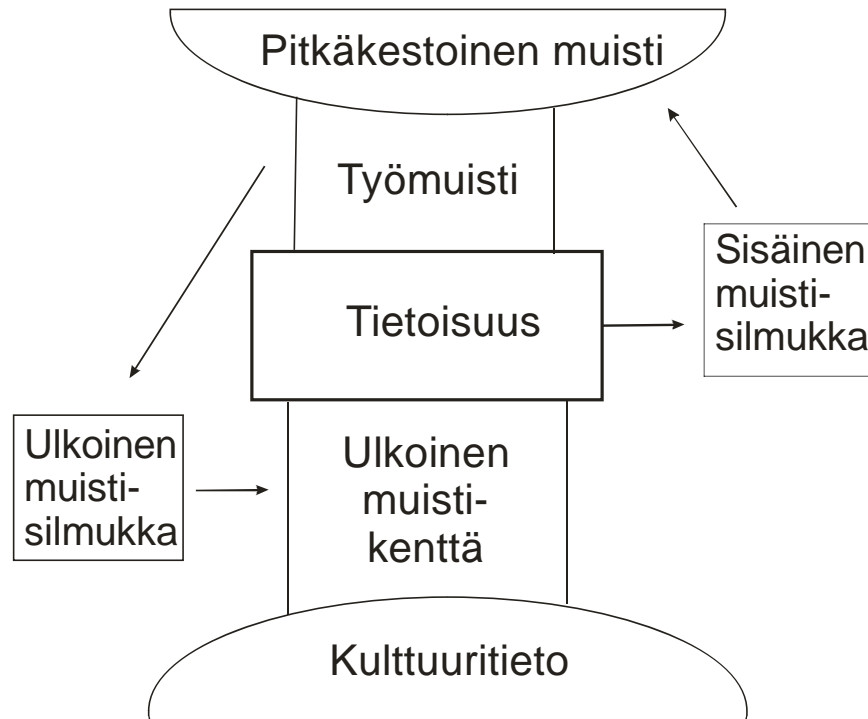
Kulttuurikehityksen luomat älyllisen toiminnan välineet tarjoavat ihmisen älykstä toimintaa tukevia tekoraajoja tai *älyllisiä proteeseja* (Clark, 2003), joiden varassa voidaan ratkaista monimutkaisempia ongelmia kuin muutoin olisi mahdollista. Emme normaalisti ole tietoisia näiden proteesien merkityksestä. Tulemme niiden toiminnasta tietoiseksi eri-

tyisesti silloin, kun tapahtuu jokin häiriö. Olin kerran suorassa televisiolähetyksessä kun Powerpoint-esitykseni meni jumiin ja alkoi villisti hyppiä kalvolta toiselle. Se tuntui varsinaiselta älylliseltä amputaatiolta ja virtuaaliselta aivohalaukselta, käyttäkseni Andy Clarkin (2003) kuvaavaa sanontaa. Tällä perusteella voimme todeta, että ihmisellä on toimintavalmiutta (tai toimijuutta) siellä ja silloin, missä ja milloin älylliset proteesit ovat paikallaan ja suorittavat omaa tehtäväänsä.

Ovatko ihmiset kyborgeja?

Monet tutkija esittävät ihmisen olevan eräänlainen *kyborgi* (Clark, 2003; Haraway, 2003), jonka älykkyys on jo tuhansia vuosia perustunut biologisen ja kulttuurisen symbioosiin. Ihminen nojautui jo esihistoriallisena aikana kollektiiviseen tulen, työvälineiden, aseiden ja suojarusteiden käyttämiseen pikemmin kuin biologisiin kynsiinsä, hampaiinsa tai nopeuteensa. Ihmisen älykkyys on läpikotaisin kehittynyt palvelemaan tällaista artefaktien tukemaa kollektiivista toimintaa. Ihmiset laajentavat aistejaan monenlaisten keinotekoisien laitteiden, kuten silmälasit, kellot, mikroskoopit avulla. Ihmisen aivoihin voidaan liittää siirrännäisiä, joiden varassa sokea voi saavuttaa näkökyvyn tai liikuntakyvytön oppia hallitsemaan tietokonetta. Ihminen kokee keinotekoiset laitteet, kuten vaikkapa sukset tai auton, erottamattomaksi osaksi omaa itseään, niin että kehon ja ympäristön raja koetaan kyseisen liikkumisvälineen ja ympäristön pikemmin kuin ihmisen kehon ja välineen välillä. Kyborgitutkimus asettaa kyseenalaiseksi kapea-alaisen oletuksen ihmisen mielestä ainoana älyllisen toiminnan lähteenä. Olemme siirtymässä maailmaan, jossa tulemme jakamaan ponnistuksia ihmisen kaltaisten tai vielä tehokkaampien tekoälyjärjestelmien kanssa (Kurzweil, 1999).

Jos luovutaan keskitetystä vinoumasta, niin havaitaan ettei ihmisen älykkään toiminnan lähde ole vain hänen mielensä sisällä, vaan hajautunut sellaisiin ihmisistä ja artefakteista muodostuviin verkostoihin, joita hän luo oman toimintansa tukemiseksi. Pitkäaikaisessa harjoittelussa artefakteista muodostuu ikään kuin ihmisen toinen luonto, johon hän on oppinut saumattomasti valamaan ja hitsaamaan oman toimintansa. Todella vaativien älyllisten ongelmien ratkaiseminen ei ole lainkaan mahdollista ihmisen epävakaassa ja kapasiteetiltaan rajoittuneessa työmuistoissa (Donald, 1991). Kaikki asiantuntijatyö perustuu erilaisten ulkoisten muistikenttien luomiseen tukemaan ihmisen älyllistä ponnistelua. Kehittämällä ajatuksia paperin ja kynän varassa yksilö uudelleen jäsentää mieleensä taltioitua tietoa. Tietokoneet ja tietoverkot muodostavat asiantuntijalle hänen toimintaansa alati tukevan älyllisen proteesit. Silloin kun jonkin ongelman ratkaiseminen tuntuu liian vaikealta on hyvä ajatus miettiä millaisen ulkoisen muistikentän tai muun älyllisen proteesin voisi valjastaa tuekseen.



Kuvio 8. Sisäisen ja ulkoisen muistisilmukan vuorovaikutus on ihmisen älykkään toiminnan perustana (mukailtu Donaldin 2001, s. 311 pohjalta)

Silloin sisäiset muistirakenteet ja ulkoiset tietorakenteet voivat saumattomasti alkaa tukea toisiaan niin, ettei enää ole tärkeää onko tieto sisäisesti tai ulkoisesti edustettuna. Ammatilainen tai asiantuntija työskentelee yleensä omaa työtään tukevien työvälineiden ja tietolähteiden verkostossa. Silloin kun ulkoinen tieto on joko välittömästi tai internetin kautta muutamalla näppäimen liikkeellä saavutettavissa, siitä tulee yhtä arvokas älyllisen toiminnan voimavara kuin muistiin itsessään taltioitu tieto.

Ulkoisen ajattelun areenat

Älyllisen toiminnan proteesit auttavat jakamaan kognitiivista kuormitusta ihmisen mielen ja ulkoisen työvälineen välillä. Välttämättömyys tukeutua ulkoisiin muistikenttiin ei kuitenkaan koske ainoastaan niitä, jotka syystä tai toisesta kärsivät oppimisvaikeuksista. Se on yhteistä kaikille asiantuntijoille, ja jopa parhaimmille heistä. Albert Einstein vahvisti tämän asian mainitessaan, että ”kynäni on minua älykkäämpi” (Skagestad, 1999, s. 552). Kun eräs historioitsija kysyi kuinka legendaarinen amerikkalainen Nobel-palkinnon voittanut fyysikko Richard Feynman oli päätenyt joihinkin ideoihinsa, Feynman antoi tälle läjän muistiinpanoja. ”Onko tässä kuvattu ajattelusi eteneminen?”, historioitsija kysyi yllättyneenä. ”Se on minun ajatteluprosessini” sanoi Feynman. ”Ajattelu tapahtui päässäsi ja tässä on sen yhteenveto?” yritti historioitsija kysyä. ”Ei, ei se ole taltio, ei todellakaan. Se on työskentely. Sinun täytyy työskennellä paperilla ja tässä on se paperi, OK”, sanoi Feynman (hiukan muokaten lainattu Gleick, 1992, s. 409 ja Donald, 2001, s. 301 mukaan).

Todella vaativa ajattelu ei tapahdu ihmisen mielessä, vaan ulkoisella muistikentällä kulttuurihistoriallisesti kehittyneiden älyllisten proteesien tukemana. Työskentelemällä paperilla asiantuntija pystyy monenkertaisesti vaativampia ongelmia kuin pelkästään työmuistissa olisi mahdollista. Prosessin aikana syntyvät ajatukset kehittyvät työvälineiden rajapinnassa pitkäaikaisen sisäisten ja ulkoisten muistisilmukoiden vuorovaikutuksessa. Tässä on tärkeää ottaa huomioon etteivät älylliset proteesit mitenkään automaattisesti laajenna älyllisiä resursseja. Se tapahtuu ainoastaan silloin kun kyseisistä proteeseista on pitkäaikaisessa harjoittelussa tullut ikään kuin yksilön toinen luonto. Minä olen kirjoittanut monta tuntia päivässä 20 vuoden ajan. Tämän seurauksena joskus tuntuu kuin ajatteluni olisi valmista tekstiä. Sitä on helppo valuttaa paperille niin nopeasti kuin yhdellä tai kahdella sormella pystyn naputtelemaan. Ajatusten suullinen viestiminen muille ihmisille saattaa sen sijaan olla vaikeaa ja vaatii erityisiä ponnistuksia. Minun kristallisoitunut älykkyyteni kun on muovautunut tukemaan kirjoittamista pikemmin kuin puhumista.

Kollektiiviset älylliset järjestelmät

Ihmisen hajautuneen älykkyyden toinen puoli on se, että pystymme yhdessä muodostamaan korkeamman tasoisia älyllisiä järjestelmiä. Testiälykkyyden rajoituksena on älykkyyden pelkistäminen yksilölliseksi ominaisuudeksi, vaikka ihmisen älykkyyden laajittamisesta sosiaalista älykkyyttä (Goleman, 2006). Ihminen on ”äärisosiaalinen” (Rogoff, 2003) olento, joka on evoluutiossa kehittynyt nimenomaan jakamaan älyllisiä ponnistuksia muiden sosiaalisen yhteisön jäsenten kanssa ja siten saamaan aikaan jotakin sellaista, jota yksittäinen toimija ei millään pystyisi yksin saavuttamaan. Älykkyyden on pikemminkin valautunut yksilöllisten ja kollektiivisten älyllisten prosessien yhteensovittamiseen kuin voidaan sijoittaa jonkun yksittäisen toimijan sisään (Hakkarainen, Lonka, & Paavola, painossa).

Minusta on kyseenalaista arvioida ihmisen, jonka älykkyyden on laajittamisesta sosiaalista, älykkyyttä pelkästään yksilöllisen suoriutumisen perusteella. Nykyiset älykkyydestit perustuvat kaikki siihen, että nopeata ratkaisua pidetään älykkäänä ratkaisuna. Jos tarkastellaan sosiaalista yhteisöä kokonaisuutena, on sen kannalta arvokasta sellaisten jäsenten mukana oleminen, joilla on nopeat hoksottimet. Samaan aikaan tarvitaan myös niitä, jotka nopean, mutta mahdollisesti päättömän, ratkaisun sijaan suuntautuvat asioiden huolelliseen pohtimiseen ja harkitsemiseen – Väinämöisen tapaan. Kaikissa yhteisöissä tarvitaan niitä, jotka hyppäävät innostuneina uusiin asioihin että niitä, jotka arvostavat perinteitä ja jarruttavat liian nopeaa etenemistä (Kitcher, 1990). Tällainen älyllisen toiminnan moninaisuus tuntuu olevan voimavara pikemmin kuin pelkästään rajoitus tai osoitus joidenkin yhteisön jäsenten tyhmyydestä.

Yhteisöllinen kumppanuus

Vaikka ihmisillä on tapana nostaa yksittäisiä yhteisön jäseniä jalustalle kaikkien älyllisten saavutusten taustalla on samaan aikaan kuitenkin kokonainen verkko ihmisiä. Vera John-Steiner (2000) käsittelee tieteessä tai taiteessa esiintyneitä yhteisöllisiä kumppanuuksia, jotka perustuvat jonkun avioparin, vanhemman ja lapsen muodostaman tiimin tai läheisten työtovereiden yhteistyöhön. Tällainen yhteisöllinen kumppanuus tuottaa parhaita tu-

loksia silloin kun osanottajilla on toisiaan täydentävää osaamista. Yksi saattaa olla erityisen hyvä näkemään asioiden ytimeen. Hän pystyy tarjoamaan muiden tueksi *käsitteellisiä tikapuita*. Älyllinen työnjaon tukemiseksi tarvitaan usein kuitenkin joku muu, joka pystyy muuttamaan ideat organisoituneeksi käytännön toiminnaksi. Esimerkiksi tieteellisen laboratorion johtaminen edellyttää tällaisten *toiminnallisten tikapuiden* luomista. Joku kolmas saattaa puolestaan olla hyvä verkoston rakentamisessa ja vastaavien *sosiaalisten tikapuiden* luomisessa. Neljäs puolestaan tarjoaa olkapään vaikeana hetkenä. Luovat ihmiset tarvitsevat ympärilleen ihmisiä, joka tällaisten *sosioemotionaalisten tikapuiden* varassa auttavat särmien hiomisessa ja luottamuksen ylläpitämisessä.

Vaikka yksilöllä olisi vain rajalliset älylliset resurssit, hän saattaa osallistua merkittäviin älyllisiin saavutuksiin jakamalla ponnistuksia muiden kanssa jossakin tiimissä tai verkostossa. Osanottajat voivat vastavuoroisesti auttaa toinen toisiaan kompensoimaan heikkouksiaan ja siten yhdessä saavuttamaan jotakin enemmän kuin mihin heillä muutoin olisi mahdollisuus. Sosiaalisesti jaetun älykkyyden merkityksestä kirjoittivat hermoverkko-teorian eli konnektionismin perustajat seuraavasti: *“Eräs suurimmista iloista tieteen tekemisessä löytyy jaetun keksimisen hetkistä. Yhden henkilön puoliksi kehitelty ehdotelma saa vastakaikua toisen mielessä ja muuntuu äkkiä selkeäksi ajatukseksi. Kekseliäs ongelman tietyn hahmottamistavan kritiikki johtaa toiseen, parempaan ymmärrykseen. Simulaatiotutkimuksen käsittämätön tulos muuttuu äkkiä ymmärrettäväksi, kun kaksi ihmistä yrittää ymmärtää sitä yhdessä.”* (Rumelhart, McClelland, and the PDP Research Group, 1986, ix).

Nobel-palkinnon taloustieteestä voittanut Herbert Simonin (John-Steiner, 2000, s. 197)”totesi kollektiivisesta älykkyydestä tieteellisessä tutkimuksessa seuraavasti: *”Tehdäksesi kiinnostavia tieteellisiä keksintöjä sinun pitäisi hankkia niin monta ystävää kuin mahdollista, jotka ovat mahdollisimman energisiä, älykkäitä ja tietorikkaita. Muodosta kumppanuuksia heidän kanssaan aina kun se on mahdollista. Tämän jälkeen voit istua alas ja rentoutua. Huomaat, että ohjelmat, joita sinun pitää toteuttaa ovat taltioituneena ystäviisi ja toimivat tuloksellisesti ja luovasti niin kauan kun et prosessia liikaa häiritse. Työ jota olen tehnyt enemmän kuin kahdeksankymmenen kollegan kanssa todistaa tähän heuristiikan voiman.”*

Sukupolvien välinen oppiminen

Yksilö ei peri ainoastaan geenejään, vaan myös sen kulttuuriympäristön, jossa hän kasvaa (Rogoff, 2003; Tomasello, 1999). Tässä suhteessa ihmiset saavat hyvin erilaiset eväät oman psyykkisen kehityksensä tueksi. Tuoreen tutkimuksen mukaan tämä näkyy jo siinä millaisen kosketuksen kieleen kolmivuotias lapsi saa (Howe, 1999). Hyvin toimeentulevien toimihenkilöiden lapset ovat kolmivuotiaana kuulleet noin 30 miljoonaa itselleen osoitettua sanaa. Työväenluokkaisessa perheessä luku on 20 miljoonaa sanaa. Sosiaaliväestönsä elävien osalta se on vain 10 miljoonaa sanaa. Tämä eräs keskeinen syy ihmisten välisiin havaittaviin kielellisten kykyjen eroihin. Tutkimukset osoittavat, että viirikkeelliseen ympäristöön siirtäminen johtaa yksilön älykkyyden massiiviseen kasvuun perinteisillä mittareilla arvioituna.

Kehityopsykologisessa tutkimuksessa kiinnitetään huomiota sukupolvien ylitse tapahtuvaan oppimiseen (Pillemer & White, 2005; Rogoff, 2003; Tomasello, 1999). Yhden sukupolven saavutukset muodostavat eräällä tavalla sen perustan, jolta seuraava sukupolvi ponnistaa eteenpäin. Monilla suomalaisilla on juuret maaseudulla, siinä talonpoikaisessa kulttuurissa, joka rakensi olennaisen osan maastamme. Harvoilla heistä oli mahdollisuus muuhun kuin kansakoulun käymiseen. Yksittäiset nuoret saattoivat kirjoittaa ylioppilaaksi. Ehkä suvussa oli yksi maisterikin. Seuraava sukupolvi muutti maalta kaupunkiin. Heistä monet hankkivat ammatillisen koulutuksen työelämän asettamiin tieto- ja taitovaatimuksiin vastaamiseksi. Tämä sukupolvi oivalsi koulutuksen merkityksen; monet perheet uhrasivat kaikkensa antaakseen lapsilleen mahdollisuuden hankkia korkeatasoisen koulutuksen. Tämän seurauksena suuri joukko lapsista kirjoitti ylioppilaaksi, monet päätyivät maistereiksi ja ehkä sukuun saatiin tohtoreitakin. Kolmannelle sukupolvelle suuntautuminen akateemisiin opintoihin oli alusta alkaen luonnollinen ratkaisu. Lapset viettivät vaihto-oppilas vuosia tai hankkivat kansainvälisiä kokemuksia yhdessä vanhempiensa kanssa. Yliopistoon meneminen, vaativa akateeminen ura sekä koti- tai ulkomaisten jatko-opintojen tekeminen alkoivat olla arkipäivää. Olennainen osa kollektiivista älykkyyttä ovat tällaiset ylitse sukupolvien ulottuvat muutokset äyllisen sosialisointin kulttuurisissa ehdoissa. Ensimmäisen sukupolven edustajat olisivat pärjänneet älykkyydesteissä keskikertaista huonommin eikä seuraavakaan sukupolvi olisi päässyt huippupisteisiin. Monille kolmannen sukupolven edustajille se on sen sijaan mahdollista erilaisen äyllisen sosialisointin seurauksena. Myös kulttuurien välisissä älykkyydesteissä suoriutumiseen liittyvässä vaihtelussa on kysymys äyllisen sosialisointin pikemmin kuin mistään älykkyyden suhteen merkittävistä geneettisistä eroista.

Äyllisten saavutuksen vinoutunut arvottaminen

Mike Rose (2003) on kirjoittanut teoksen, jossa hän haluaa osoittaa kunnioitustaan amerikkalaisten työläisten älykkyydelle. Hän on itse siirtolaissuvun ensimmäinen ylioppilas, joka on jatkanut opintojaan yliopistoon. Hän kirjoittaa tavattoman kauniisti oman äitinsä älykkyydestä. Hänen äitinsä teki koko ikänsä tarjoilijan työtä, joka muodosti olennaisen osan hänen identiteetistään. Rosen analyysi osoittaa, että tarjoilijat työssä vaaditaan äärimmäisen vaativia äyllisiä taitoja. Muistettakoon, että tarjoilijan poikkeukselliset muistitaidot ovat olleetkin eräänä keskeisenä kognitiivisen muistitutkimuksen kohteena. Haastavaa tarjoilijan työssä on monien yhtäaikaisten tapahtumien taitava ja tyylikäs tosiaikaisen koordinoiminen, johon liittyy asiakassuhteisiin liittyvän emotionaalisen työn tekeminen. Toisena esimerkkinä ammatillisen työn äyllisestä vaativuudesta Rose käsittelee kampaajan älykkyyttä. On varsin vaativaa pystyä muuttamaan asiakkaan epämääräiset toivomukset onnistuneeksi esimerkiksi kesäisen vaikutelman antavaksi kampaukseksi, jossa yhdistyy esteettisyys ja toimivuus. Rosen kuvaamissa tapauksissa on kysymys on avoimiin ja monimutkaisiin ongelmiin sekä aikapaineessa suoritettaviin tehtäviin liittyvästä älykkyydestä ja poikkeuksellisesta osaamisesta. Eräänä tehtävän äyllisen vaativuuden kriteerinä voidaan pitää sitä kuinka helppoa sitä olisi mallintaa tietokoneella. Rosen kuvaavat ihmisen ammatilliseen toimintaan liittyvät tehtävät ovat juuri niitä joiden mallintaminen olisi kaikkein vaikeinta. Ei voi muuta kuin yhtyä Rosen käsitykseen siitä, että älykkyysskeskusteluun liittyy vinoutunutta sosiaalista arvottamista, jonka seurauksena länsimaisessa yhteiskunnassa järjestelmällisesti vähätellään sellaista älykkyyttä, joka liit-

tyy naisten työhön, asiakaspalveluun sisältyvään emotionaaliseen työhön sekä silmän ja käden yhteistyöhön.

Tekeekö populaarikulttuuri meistä älykkäämpiä?

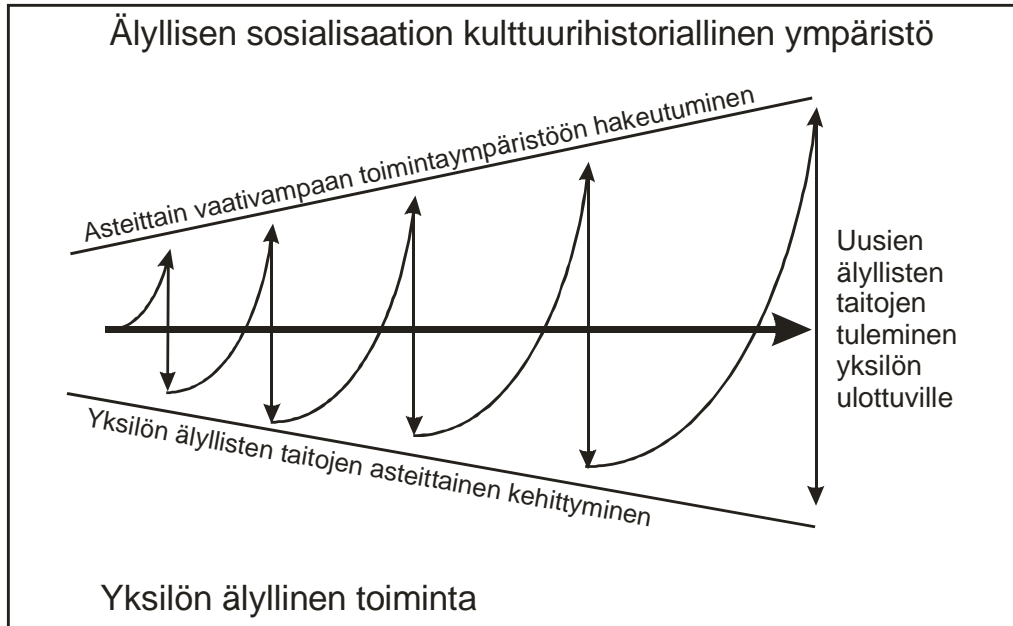
Steven Johnson (2004) kiinnittää huomiota siihen kuinka älykkyystestien pistemäärät vuosikymmenestä toiseen kohonneet monissa teollisuusmaissa. Tämän kokoamisen tahti on 0.5-1 pistettä vuodessa. Suomessakin on useaan kertaan jouduttu kiristämään testipistemäärien rajoja, jotta suoritusten keskiarvo voitaisiin pitää 100:ssa. Koulutustason kohotessa ihmiset oppivat ratkaisemaan älykkyystesteihin sisältyviä tehtäviä aikaisempaa paremmin. Johnsonin analyysin mukaan kohoamisen liittyy kuitenkin niin sanottuun yleiseen älykkyystekijään (g), joka ei ole samalla tavalla koulussa opituista taidoista riippuvainen kuin esimerkiksi sanavarastotestit. Hän esittää, että muutoksen taustalla on populaarikulttuurin monimutkaistuminen. Tämä näkyy verrattaessa 60- ja 70-luvulla esitettyjä televisiosarjoja (Starky & Hutch, Hill Street) nykyisiin Sopranos- tai 24-sarjoihin, joissa on paljon suurempi joukko henkilöitä ja päällekkäisiä juonia, joita katsoja joutuu jatkuvasti älyllisesti ponnistellen seuraamaan. Samaan aikaan ihmisten pelaamat pelit ovat muuttuneet yksinkertaisista sääntöpeleistä monimutkaisiksi virtuaalimaailmoiksi, joissa pelaajat saattaa joutua pitkään pätkäilemään ennen kuin pelin sääntöjen hahmottamista. Hänen mukaansa ei ole ihmeellistä jos Ravenin matriiseista saa aikaisempia parempia tuloksia sukupolvi, joka on kasvanut rinnasteisia tehtäviä sisältävää Tetristä pelaamalla. Nämä havainnot osoittavat ettei edes ”yleinen älykkyystekijä” ole immuuni kulttuuriselle vaikutukselle, vaan kehittyä populaarikulttuurin monimutkaistumisen myötä.

Transaktiivisten älyllisen toiminnan kehyspolkujen avautuminen

Perinteisen älykkääseen toimintaan liittyvät mallit tarkastelivat perimää ja ympäristöä mekaanisesti toisistaan erotettuina tekijöinä. Älykkyyttä tutkitaan ottamalla siitä testien välityksellä eräänlainen pysäytyskuva. Yhtä vähän kuin elokuvaa voidaan ihmisen älykstä toimintaa mielekkäästi arvioida jonkun tällaisen pysäytyskuvan varassa. Silloin kun tutkijat suuntautuvat hahmottamaan älyllisen kehityksen prosesseja ja tekemään älyllisen toiminnan *prosessisuuntatuneita* ja *pitkittäistutkimuksia*, asioista saadaan aivan erilainen kuva. Jokainen lapsi kokee ympäristön eri tavalla. Erilaisen psyykkisen kokemuksen takia ei näennäisesti samanakaan pysyvä ympäristö ole ihmisestä toiseen yhdenmukainen.

Tutkijat ovat myös herkistyneet huomaamaan, että ihmiset itse vaikuttavat omalla toiminnallaan siihen ympäristöön, jossa he kasvavat. Oletetaan, että lapsi osoittaa erityistä innostusta hänelle luettuihin tarinoihin. Tämän seurauksena hänelle luetaan enemmän ja siirrytään asteittain vaativimpiin tarinoihin. Tämä tukee lapsen älyllisten taitojen kehitystä ja rohkaisee vanhempia siirtymään vielä haastavampaan lukumateriaaliin. Avautuu kokonaan uusi niin kutsuttu *transaktiivinen kehityspolku* (Sameroff & Mackenzie, 2003), jossa yksilö ja ympäristö ovat dynaamisessa vuorovaikutuksessa. Vastaavalla tavalla tapahtuu kaikessa älyllisessä kehityksessä, jossa yksilön omat saavutukset ja pyrkimykset tekevät uudenlaiset ympäristöt saavutettaviksi. Tätä kutsutaan *kerrannaisvaikutukseksi* (Ceci, Barnett, & Kanaya, 2003), koska ympäristön aktiiviseen valintaan liittyvien meka-

nismien vaikutuksesta ympäristövaikutukset moninkertaistuvat siitä mitä aikoinaan oletettiin. Alun perin vähäiset erot yksilöiden älyllisessä suorituskävyssä, motivaatiossa ja suuntautumisessa moninkertaistuvat toimijan hakeutuessa haastavampiin toimintaympäristöihin, jotka tukevat hänen älyllisten taitojensa kehitystä ja sallivat vielä haastavampaan ympäristöön hakeutumisen. Me olemme kuitenkin vasta alkaneet ymmärtää tällaisia monimutkaisia joustavien järjestelmien malleja.



Kuvio 9. Älyllinen kehitys on transaktiivinen prosessi, jossa yksilön kehittyvät valmiudet johtavat asteittain haastavampaan toimintaympäristöön hakeutumiseen. Tämä moninkertaistaa ympäristön vaikutuksen älylliseen kehitykseen (kuviokuva muokattu Virkkunen & Ahonen, 2005 pohjalta)

Tekoälyn evoluutio: yksilöllisestä älykkyydestä joukkuepeliin

Ihmisen älykkyyden tutkimuksen ja tekoälytutkimuksen välillä esiintyy kiinnostavaa rinnakkaisuutta. Molemmilla rintamilla huomion kohteeksi ovat nousseet hajautetut ja verkostoituneet prosessit. Klassisen tekoälytutkimuksen tavoitteena oli luoda älykkäiseen ongelmanratkaisuun pystyvät tietokonejärjestelmät (McCorduck, 2004; Gardner, 1986). Tämän 1. sukupolven tekoälytutkimuksen lähtökohtana ja perustana oli ihmismielen vertaaminen yksittäiseen tietokoneeseen. Ajateltiin, että älykkyyden on tuollaisen tietokoneen sisällä eikä se voi olla missään muualla. Ihmisen kognitiivista arkkitehtuuria hahmotettiin tietokoneen tarjoaman mallin varassa. Tutkimuksen huipentumana olisi IBM:n Deep Blue tietokoneen kehittäminen, joka voitti shakin hallitsevan maailmanmestari Garry Kasparovin. Vaikka tutkimuksen rajoituksena oli tiedonkäsittelyn kielellisten ja loogisten ulottuvuuksien ylikorostaminen, se auttoi paljastamaan monia ihmisen älykkään toiminnan paradoksaalisia rajoituksia.

Seuraavassa vaiheessa kehittyi hermoverkkoteoriaan perustuva niin sanottu valautunut kognitiotiede (Pfeifer & Scheier, 1999; Brooks, 2002; Rumerhart ym., 1986), jonka tarkoituksena oli mallintaa ympäröivään maailmaan uppoutuneiden älykkäiden olentojen toimintaa. Hermoverkkoteoria auttoi hahmottamaan sitä kuinka monimutkaisen älyllinen toiminta on mahdollista ilman kielellisesti esitettyjen sääntöjen seuraamista. Sen vaikutuksesta monet tutkijat alkoivat hahmottaa ihmisen älykstä toimintaa kokonaan uudesta näkökulmasta, jossa korostuu hahmontunnistus ja ei-tietoinen pikemmin kuin tietoinen tiedonkäsittely (Schank, 1999). Tutkijat kehittivät robotteja, jotka toimivat ympäröivän maailman tarjoamaan tietoon pikemmin kuin sisäisiin tietodustuksiin nojautumalla. Ei ihmisen eikä tekoälyjärjestelmän ei tarvitse esittää sisäisesti sellaista tietoa, joka on ympäristössä välittömästi saatavissa. Parhaimmillaan maailmaa itseään voidaan käyttää sen parhaana mallina.

Tutkijoiden mieleen ei ennen tietoverkkojen syntymistä tullut epäillä tietokonevertauskuvan toimivuutta (Gigerenzer, 2000). Kolmannen sukupolven tekoäly on kuitenkin hajautunutta luonteeltaan. ”Kollektiivinen robotiikka” perustuu ajatukseen, jonka mukaan älykkyys sijaitse yksittäisessä olennossa, vaan on kokonaiseen toimijoiden verkostoon hajautuneena. Älykkään toiminnan vertauskuvana pidetään eräänlaista langatonta verkkoa (Donald, 1991; 2001). Verkkoon kytkeytyneenä rajallisella kapasiteetilla varustetutakin tietokoneesta voi tulla käyttökelpoinen. Samalla tavalla ihmisen älyllisen toiminnan luonnetta muuttaa olennaisesti toiminta ihmisistä ja älyllisistä proteeseista muodostuneessa heterogeenisessä verkossa. Ulkoiset muistikentät ja kollektiiviset tietämysverkot muuttavat olennaisesti älyllisen toiminnan arkkitehtuuria. Työskentely tapahtuu verkostojen rajapinnassa pikemmin kuin toimijan sisällä. Erilaisia tehtäviä (arkielämä, tiede) varten tarvitaan erilaisia verkostoja, joiden koko ja voima selittää havaittuja eroja toiminnan älykkydessä.

Tekoälytutkimuksen tavoitteeksi on asetettu luoda vuoteen 2050 mennessä robottien jalkapallojoukkue, joka pystyy ottamaan mittaa ihmisten maailmanmestaruusjoukkueesta. Tämä varten vuosittain järjestetään RoboCup otteluita, joissa robottien tiimit kilvoittelevat keskenään. Taustalla on ajatus, jonka mukaan älykkyys on verkostossa tapahtuvan älyllisen toiminnan hienovaraisessa keskinäisessä yhteen valamisessa ja suhteuttamisessa pikemmin kuin yksittäisessä toimijassa. Olemme vasta alkaneet hahmottaa tieteellisesti tällaisia itseorganisointuneita ja dynaamisia prosesseja. Auschwitzin keskitysleiristä selviytynyt puolalainen lääkäri Ludvig Fleck (1979, 46) liittyy 1930-luvulla ilmestyneessä teoksessaan ihmisen älykkään toiminnan joukkuepeliin seuraavalla tavalla: *”Jos yksilöä verrattaisiin jalkapalloilijaan ja tietoyhteisöä jalkapallojoukkueeseen, joka on harjoitettu tekemään yhteistyötä, silloin älykstä toimintaa voitaisiin kuvata pelin etenemiseksi. Voitaisiinko tästä edistymisestä antaa asianmukaista raporttia tutkimalla yksittäisiä potkujia yksi kerrallaan. Koko peli menettäisi kokonaan merkityksensä.”*

Trialogisen eli kohteeseen suuntautuneen älykkyyden (T-älykkyys) näkökulma

Lopuksi haluaisin käsitellä kohteellista älykkyyttä. Älykkäällä toiminnalla on aina jokin kohde, jonka luomiseen se suuntautuu. Minun käsitykseni mukaan älykkyyttä ei voida irrottaa kohteestaan ilman kyseisen ilmiön keskeisen sisällön ja merkityksen menettämistä.

tä. Kohteellisuus on tärkeää siitäkin syystä etteivät huippuasiantuntijat juuri koskaan puhu siitä kuinka älykkäitä he ovat. He puhuvat omasta työstään, josta he ovat innostuneita ja jonka tekemiseen uhranneet koko elämänsä. Merkityksellisen ja haastavan elämäntyönsä edessä huippuasiantuntija ei voi tuntea muuta kuin nöyryyttä.

Vaikka kohteellista älykkyyttä tarkastellaan tässä esitelmässä asiantuntijatyön näkökulmasta, on psykologisesti, kulttuurisesti ja esteettisesti arvokkaiden älyllisen työn kohteiden luominen eräs ihmisen lajiominaisuuksista. Lähes kaikkien ihmisten elämään liittyy kohteita, joihin he suuntaavat älylliset voimavaransa oli sitten kysymys opiskeluun, työhön, lasten kasvattamiseen, tai asuinympäristön jalostamiseen liittyvistä hankkeista. Stewart (1997) kiinnitti huomiota siihen, että samaan aikaan kun ihmiset tekivät äärimmäisen yksitoikkoista liukuhihnatyötä, monet heistä kunnostivat vapaa-ajallaan ihania vanhoja autoja, rakensivat hartiapankkiinsa nojautuen arvokkaita taloja, loivat uskomattomia puutarhoja, vai vaatettivat koko ystäväpiirinsä käsityönsä tuotteilla. Ihmisen älyllisestä toiminnasta ei saada tasapainoista kuvaa antamatta tunnustusta kulttuuriselle pääomalle, jota ihmisen kädentaitoihin nojautuvat älylliset ponnistukset tuottavat.

Innovatiivinen tietoyhteisö kohteellisen älyn kehtona

Olen työtoverieni esittänyt, että meidän aikamme yhteiskunnassa tärkeällä sijalla ovat niin sanotut *innovatiiviset tietoyhteisöt*, jotka on tietoisesti luotu tukemaan tiedonluomista palvelevaa kohteellista älykkyyttä (Hakkarainen, Paavola, & Lipponen, 2003; Hakkarainen, Palonen, Paavola, & Lehtinen, 2004; Paavola & Hakkarainen, 2005; Paavola, Lipponen, & Hakkarainen, 2004). Tällaiset yhteisöt ovat kulttuurisen oppimisen yksiköitä. Ne kokoavat, analysoivat ja jäsentävät johonkin monimutkaiseen ja haastavaan älylliseen toimintaan liittyvää kokemusta ja kiteyttävät nämä kokemukset yhteisölliseksi kristallisoituneeksi älykkyydeksi; jaetuiksi rutiineiksi, toimintakaavioiksi ja tietokäytännöiksi (Tomasello, 1999). Yhteisöt syventävät osaamistaan paitsi keräämällä kokemuksia myös rekrytoimalla ihmisiä, jotka täydentävät aikaisemmin mukaan tulleiden asiantuntijuutta ja älykkyyttä jollakin oleellisella tavalla. Ylitse pitkäaikaisten kehitysprosessien tällaiset yhteisöt voivat saavuttaa poikkeuksellisen korkean tiedon ja osaamisen tason. Tämä perustuu dynaamisesti kasvaviin osaamisvaatimuksiin korkealle teknologialle ja tieteelle tyypillisessä *toisen asteen ympäristössä* (Bereiter & Scardamalia, 1993). Onnistuneen suorituksen vaatimukset tiukentuvat tällaisessa ympäristössä muiden kentällä toimivien onnistumisen seurauksena.

Tiedolliset arviointiperusteet

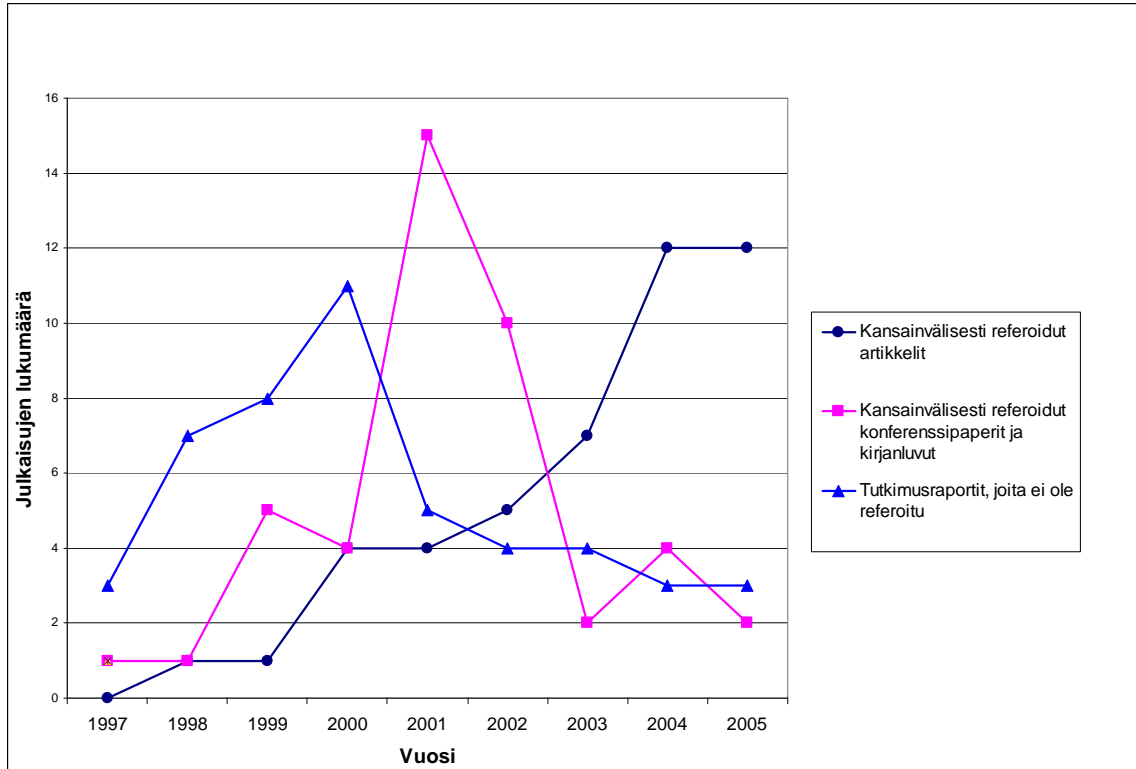
Tärkeä osa kollektiivista älykkyyttä ovat innovatiivisissa tietoyhteisöissä ja asiantuntijakulttuureissa syntyvät *tiedolliset arviointiperusteet* (Hakkarainen, Lonka, & Lipponen, 2004; Olson, 2003). Näillä tarkoitetaan tietoyhteisössä syntyviä sisäisiä kriteereitä sille mitä pidetään hyväksyttävänä osaamisen, tietämyksen tai ymmärryksen tasona. Yksittäiset osanottajat voivat omaksua tällaiset kriteerit omiksi henkilökohtaisiksi älyllisen toiminnan ohjenuorikseen, jotka säätelevät heidän tietokäytäntöjään. Asteittain syvenevässä ongelmanratkaisussa nämä kriteerit muuttuvat asteittain tiukemmiksi niin, että ajan mukana yksilön tai yhteisön minimaalisena pitämä suoritustaso saattaa moninkertaisesti ylit-

tää sen mitä ulkopuoliset pitävät mahdollisena. Tällaisten arviointiperusteiden sisäistämisen seurauksena kollektiivinen älykkyys muuttuu yksilölliseksi.

Ainoa tunnettu oikotie huippuosaamiseen

Ainoa tunnettu oikotie huippuosaamiseen on mennä johonkin asiantuntijayhteisöön ja omaksua sen mahdollisesti 10-15 vuoden aikana kehittämät tietokäytännöt oman toimintansa lähtökohdaksi. Vaikka monien älyllisten taitojen ja innovatiivisten tietokäytäntöjen kehittäminen on vaikeaa, niin vastaavien taitojen omaksuminen on intensiivisen kulttuuriin osallistumisen välityksellä suhteellisen helppoa. Tämä tapahtuu eräänlaisen älyllisen oppipoika-mestarioppimisen tukema (Brown, Collins, & Newman, 1989; Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) Aktiivinen opiskelija pystyy parissa vuodessa omaksuma älylliset taidot, joiden kehittämiseen joltakin yksilöltä tai yhteisöltä on saattanut mennä vuosikymmen tai pari. Minkään valtakunnan yksilöllinen älykkyys ei voi korvata niitä älyllisiä voimavaroja, joita asiantuntijat saavat rakentamalla omat ponnistuksensa aikaisempien sukupolvien tai muiden toimijoiden älyllisen työn tuloksien varaan. Aivan tavallinen ihminen saattaa nähdä tavattoman kauaksi silloin kun hän seisoo sekä menneisyyden että lähipiiriin kuuluvien jättiläisten harteilla (Howe, 1999). Kukaan ei voi luoda uutta tyhjistä tai toteuttaa älyllisesti vaativaa projektia omasta päästään, vaan se tapahtuu toisaalta ankkuroimalla omat ponnistuksensa aikaisempien sukupolvien saavutusten varaan ja toisaalta vyöryttämällä älyllistä toimintaansa askel askeleelta, projekti projektilta eteenpäin.

Minä toimin parinkymmenen ihmisen väitöskirjatyön ohjaajana. Osa tätä toimintaa on olla eräänlainen kummisetä, joka korjaa siipiensä suojiin erilaisia ammatillisia asiantuntijoita ja tieteellisestä urasta vasta haaveilevia jatko-opiskelijoita. Silloin kun minä aloitin omaa uraani, niin mieleeni ei tullut olevani niin lupaava tutkija, että olisi ansainnut apurahan. Niinpä en tehnyt juuri yhtään apurahahakemusta. Ensimmäinen asia, jonka teen selväksi näille nuorille on, että heidän pitää oppia luottamaan itseensä ja uskomaan siihen, että juuri heidän tutkimuksensa kannattaa rahoittaa. Toiseksi annan malliksi kasan onnistuneita hakemuksia, joista he voivat halutessaan ottaa mallia. Kolmanneksi teen jokaiselle vakuuttavan suosituksen ja suorastaan kerään ihmisten selviytymistarinoita suosituksiani varten. Neljänneksi heitä ohjataan tieteellisen tutkimuksensa tulosten julkaisemiseen konferensseissa ja tieteellisissä aikakauslehdissä. Saadessaan edellä kuvattua minun kristallisoituneeseen älykkyteeni perustuvaa tukea ja jakaessaan älyllisiä ponnistuksia tieteellisessä yhteisössä voidaan käsitykseni mukaan saada kuka tahansa ihan tavallisilla akateemisilla valmiuksilla varustettu nuori väittelemään. Samalla on tietysti otettava huomioon, että kysymyksessä on jonkin verran valikoitunut populaatio.



Kuvio 10. Kansainvälisen tieteellisen julkaisukulttuurin luominen allekirjoittaneen tutkimusyhteisössä. Kansainvälisesti referoitujen artikkeleiden tekeminen on tutkimusraportteja älykkäämpää, koska niissä kiteytyy paitsi kirjoittajien myös arvioitsijoiden kristallisoitunut älykkyys. Toisin kuin ”tiedon hautausmaalle” päätyvät tutkimusraportit, kyseiset tieteellisten aikakauslehtien artikkelit ovat myös tulevien tutkijasukupolvien käytössä. Uudet jatko-opiskelijat sosiaalistetaan muutamassa älyllisesti kehittyneisiin julkaisukäytäntöihin, joiden luominen kesti (tässä tapauksessa) 10 vuotta (Hakkarainen, 2003c; Hakkarainen, Lallimo, Toikka, & White, valmistella).

Tietokäytäntöjen laboratorio – älyllisten käytäntöjen jalostaminen

Tutkimusryhmäni koordinoi EU:n tietoyhteiskuntateknologiaohjelman rahoittamaa 5-vuotista Knowledge-practices Laboratory (KP-Lab) –hanketta (www.kp-lab.org). Hankkeen tarkoituksena on tukea innovatiivisia tietokäytäntöjä yliopistoissa ja korkeakouluisissa. Tietokäytännöillä tarkoitetaan innovatiivisia sosiaalisia käytäntöjä, jotka liittyvät uutta luovaan työskentelyyn tiedon kanssa. Projektissa kehitetään uuteen tieto- ja viestintäteknikkaan perustuvia älyllisiä proteeseja, jotka tukevat yhteistä työskentelyä joidenkin kollektiivisen toiminnan kohteiden kanssa. Työelämän ja akateemisten tietokäytäntöjen riskipölytyks on eräs hankkeen kantavista ideoista. Kaiken kaikkiaan näen hankkeen yrityksenä, jossa tehdään perustutkimusta siitä millaiset tietokäytännöt tukevat opiskelijoita heidän älykkään toimintansa kehittämisessä. Erityisen kiinnostuksen kohteena on osanottajien tiedollisen toimijuuden kehitys, jolla tarkoitetaan valmiutta kantaa älyllistä vastuuta jostakin kollektiivisen toiminnan kohteesta (Scardamalia, 2002).

Tämän yli 11 miljoonan euron suuruinen KP-Lab hanke on tiettävästi suurin suomalais-ten käyttäytymistieteilijöiden luoma EU:n rahoittama tutkimushanke. Miten tällaisen hankkeen luominen oli mahdollista? Kukaan ei voi luoda suurta innovatiivista hanketta tyhjästä. Sen taustalla on 8 aikaisemman EU-projektin toteuttamisen tuottama kristallisoitunut tietämys. Seuraavassa kuvataan tällaiseen projektisarjaan liittyvää kohteellisen älykkyyden logiikkaa.

Luovuus on kohteellista

Howard Gruberin (1974; 1989) mukaan luova työ on kohteellinen prosessi, jota jäsentää pitkäaikainen työskentely ongelmien ratkaisua ja tutkimustehtävien toteuttamista palvelevien toisiinsa liittyvien hankkeiden toteuttamiseksi. Hän on tutkinut sekä Charles Darwinin (Gruber 1974) että Jean Piaget'n (Gruber, 1995) älyllisen työn prosessia. Gruber (1995) sanoo, että luova asiantuntija ajattelee kohdettaan jatkuvasti: Luova mieli ei koskaan lepää. Älykkään toiminnan perusta on elämän järjestäminen niin, että pitkäjännitteinen ja järjestelmällinen työskentely jonkun yksilölle tai yhteisölle tärkeän kohteen kanssa tulee mahdolliseksi. Nämä kohteet saavat usein tieteellisen tai taiteellisen tutkimusprojektin tai yrityksen luonteen. Niissä saattaa yhdistyä ja valautua monien ihmisten älylliset ponnistukset. Nämä projektit ovat verrattavissa jokaisen ihmisen toteuttamiin henkilökohtaisesti merkityksellisiin yksityiselämään (remontti), opiskeluun ja työhön liittyviin projekteihin, jotka ohjaavat heidän älyllisten ponnistelujensa suuntaa (Salmela-Aro & Nurmi, 1995).

Luovalla henkilöllä tai yhteisöllä on kokonainen verkosto toisiaan tukevia projekteja ja hankkeita, jotka edustavat hänen älyllisen kiinnostuksensa suhteellisen pysyvien kohteiden kehitystä. Kun hankeverkostosta tulee asteittain eriytyneempi, vaatii se erikoistunutta tietoa ja vastaavaa asiantuntijuutta. Verkoston monimutkaisuus tukee luovuutta, koska se sallii käyttää kekseliäästi yhdessä projektissa kehitettyjä ideoita uuden näkökulman luomiseksi toiseen. Vaativa älyllinen työskentely tapahtuu iteratiivisesti, askel askeleelta ylitse pitkien ajanjaksojen. Siihen sisältyy kokonaisen projektien sarjan toteuttaminen. Jokaisessa projektissa kristallisoituu osanottajien älyllisten ponnistusten tulokset. Onnistuneiden projektien toteuttaminen tekee uudet älylliset saavutukset osanottajille mahdollisiksi. Siten ihmisen toiminnan *älykkyys ja luovuus ovat historiallisia ja kehityksellisiä saavutuksia* pikemmin kuin jotakin valmiiksi annettua.

Mukana olevien ihmisten älylliset voimavarat kasvavat yhdessä (coevolution) heidän toteuttamiensa projektien kanssa. Luovan työn tekijät ovat oppineet nauttimaan älyllisestä ponnistelusta oman suorituskyvyn ylärajalla. Se tuottaa hänelle *virtausta* (Csikszentmihalyi, 1995), jonka varassa on mahdollista täydellisesti uppoutua työskentelemään haastavan kohteen kanssa. Autoteliseksi persoonallisuudeksi kutsutaan sitä kuinka kohteen kanssa työskentelystä muodostuu itseään palkitseva prosessi. Kurinalainen kohteeseen suuntautuminen auttaa hallitsemaan ahdistusta ja käyttämään rajalliset älylliset voimavarat tarkoituksenmukaisesti. Tällainen kohteellinen työskentely erottaa akateemisissa opinnoissaan onnistuneet nuoret niistä yhtä lupaavasta lähtökohdasta ponnistaneista nuorista, jotka eivät pääse odotettuihin tuloksiin (Csikszentmihalyi ym., 1993).

Kollektiivisen älyn rajoituksia

Ihmisen älykkyys on aina kollektiivista ja verkostoitunutta. Millään muulla tavalla ei ole mahdollista päästä mihinkään merkittäviin älyllisiin saavutuksiin. Samaan aikaan on tärkeä tunnustaa niitä moninaisia rajoituksia ja jännitteitä, joita kollektiiviseen älykkyyteen liittyy. Nämä jännitteet liittyvät mm. seuraaviin asioihin

1. Älykkyyden jakamista vaikeuttavat raja-aidat
2. Osaamisen ja tietämyksen keskittyminen
3. ”Kuumat” kognitiot ja sosiaalinen paranoia
4. Kollektiivisen ”tyhmyyden” esiintyminen

Älykkyyden jakamista rajoittavat raja-aidat, muurit ja repeämät, joita esiintyy ihmisyhteisöjen ja verkostojen välillä (Engeström, Engeström, & Kärkkäinen, 1995). Asiantuntijat toimivat niin sanotuissa pienissä maailmoissa (Barabasi, 2002) eli yhteisöissä joiden sisällä on tiivistä, mutta joiden välillä vain niukkaa vuorovaikutusta. Tämän vaikutuksesta osanottajat eivät ehkä ole tietoisia niistä tieto- ja muista resursseista, joita he voisivat käyttää älykkään toimintansa tukena. Tor Hernesin (2004) mukaan yhteisöjen välillä voi olla *fysisiä muureja*, jotka liittyvät vaikkapa työpisteen syrjäiseen sijaintiin tai osanottajia toisistaan erottaviin seiniin ja rakennuksiin. Vuorovaikutusälykkyyttä voivat rajoittaa myös *sosiaaliset muurit*, jotka liittyvät yhteisöjen välisiin rakenteellisiin aukkoihin (puuttuviin verkostoyhteyksiin), odotettuihin rooleihin tai osanottajien identiteettiin. Tietyissä yhteisössä toimiminen saattaa ikään kuin kantaa odotusta hyvin kapea-alaisesta älyllisestä roolista, esimerkiksi ohjata koulussa ennen kaikkea vain opettajan antamien tehtävien passiiviseen suorittamiseen. *Mentaaliset muurit* liittyvät puolestaan erilaisiin käsitteisiin ja viitekehyksiin, joiden varassa asioita hahmotetaan. Erilaisten sosiaalisten kielet ja tavat hahmottaa asioita saattavat tiedä älyllisten ponnistusten jakamisen haasteelliseksi.

Toinen jännite liittyy siihen kuinka älykkyys, tieto, ja osaaminen tahtoo sosiaalisissa yhteisöissä itseorganisoitumiseen perustuvien prosessien vaikutuksesta keskittyä harvoille ja valituille toimijoille (Palonen, Hakkarainen, Talvitie, & Lehtinen, 2003). Nämä toimijat ovat yleensä työhönsä voimakkaasti sitoutuneita henkilöitä, joilla on vahva organisaation ulkopuolinen tukiverkosto. Heillä saattaa olla sellaisten korkeatasoista erityistietämystä, johon eivät saa neuvoja ja tukea organisaation sisältä. Olisi totuudenvastaista ja yksinkertaistavaa olettaa näiden työntekijöiden poikkeavan muista älyllisiltä perusominaisuuksiltaan. Kysymys on pikemminkin tietyn roolin omaksumisesta ja siihen liittyvästä yksilön ja yhteisön välisestä yhteiskehityksestä. Se mikä tällaisissa asiantuntijoissa on usein erityistä on eräänlaisen adaptiivisen asiantuntijan roolin omaksuminen, joka ohjaa heitä aika ajoin ponnistelemaan oman suorituskykynsä ylärajalla (Bereiter & Scardamalia, 1993; Hakkarainen ym., 2004). Osaaminen tahtoo keskittyä, koska missä tahansa yhteisössä on lähes aina on helpointa antaa vaativa tehtävä sellaiselle, joka on aina ennenkin sellaiset selvittänyt. Organisaatioissa resurssoidaan tietämyksen jakamista vain harvoin. Ei ole myöskään harvinaista, että tietämyksen jakautumista saatetaan vaikeuttaa oman selustan turvaamiseksi. Tämän ongelman ratkaiseminen saattaa vaatia sitä, että tietoisesti ja tarkoituksellisesti pidetään huolta oppimiskokemusten ja älyllisten haasteiden demokraattisemmasta jakautumisesta.

Kolmantena jännitteenä ovat älykkyyden jakamista vaikeuttavat tunteellisesti ladatut eli ”kuumat” kognitiot (Kunda, 1999). Yhteisöissä ja verkostoissa syntyy helposti kilpailua ja inhimillisiä jännitteitä. Yhteisölliseen toimintaan suuntautuneita yksilöitä saatetaan sosiaalisesti saalistaa mikäli muut käyttävät aikansa oman asemansa pönkittämiseen. Kun ihmiset herkistyvät arvioimaan toinen toistensa motiiveja ja tarkoituksia, johtaa tämä helposti toisiaan ruokkivien kielteisten ajatusten kehään. Tätä kutsutaan sosiaalisesti paranoiksi (Kramer, 1999). Sille on tyypillistä ettei asioiden pohtiminen auta pääsemään positiivisempaan vireeseen, vaan vahvistaa kielteisiä tulkintoja. Jaettua älykkyyttä tukevan kulttuurin luominen vaatii yhteisiä ja tietoisia ponnisteluja eikä tapahdu välttämättä kovin helposti.

Kollektiivisesta älykkydestä kollektiiviseen viisauteen

Neljäntenä, periaatteellisempana näkökulmana voidaan kysyä milloin esiintyy kollektiivista älykkyyttä ja milloin kollektiivista tyhmyyttä. Ihmisyhteisöt toimivat monta kertaa sellaisella tavalla, jolla saattaa olla ei-toivottuja tai suorastaan katastrofaalisia seurauksia (Faulkner, Fleck, & Williams, 1998). Liian usein osanottajat delegoivat älyllisen vastuun auktoriteeteille ja keskittyvät vain omaan työhönsä (Janis, 1982). Tällaisen lokeroinnin seurauksena aivan tavalliset ihmiset syyllistyivät Hitlerin tai Stalinin vallan aikana hirmutekoihin. Asiantuntijuuden historia kertoo myös siitä kuinka ihmiset ovat monessa vaiheessa syöneet omaa tulevaisuuttaan, esimerkiksi silloin kun suuret maaeläimet tapettiin Euroopasta sukupuuttoon (Wright, 2004). Pääsiäissaarten historia kertoo poikkeuksellisen korkeatasoisesta asiantuntijakulttuurista, joka pystyi valjastamaan valtavat älylliset voimavarat satojen valtaviin patsaiden rakentamiseen. Samaan aikaan saarten ekosysteemi tuhoutui niin eikä ihmisillä lopuksi ollut paljon muuta kuin rottia syötäväksi (Diamond, 2005; Wright, 2004). Nyt olemme sen kynnyksellä, että myös meret saattavat kuolla. Tämän historian varassa kysyä *onko ihmisellä niin paljon kollektiivista älykkyyttä, että se auttaa meitä selviämään seuraavista sadoista tai tuhansista vuosista?* (Hakkarainen & Paavola, 2006)

Tällaiset näkökulmat ovat herättäneet psykologian tutkijoiden mielenkiinnon. On aivan ilmeistä ettei ihmisen älykstä toimintaa tulisi tarkastella liian kapea-alaisesta, tiedollisesta näkökulmasta. *Viisaus* on muodostunut käsitteeksi, joka auttaa ymmärtämään kuinka huippuosaaminen yhdistyy eettisten näkökulmien huomiin ottamiseen ((Kunzmann & Baltes, 2005; Salomon, Marshall, & Gardner, 2005. Viisaus on asiantuntijuutta, joka kiinnittää huomion ihmistyön pitkäntähtäimen seurauksiin. Viisaat asiantuntijat saattavat toimia ihmiskunnan ”silminä” ja ”sydäminä”. Asiantuntijasta tulee älymystön jäsen vasta sitten kun hän ottaa kantaa oman alansa ulkopuolisiin ihmiskunnan eloonjäämiseen liittyviin kysymyksiin. Näin on muistaakseni G. H. von Wright joskus todennut. Heidän esimerkinsä kertoo siitä mihin ihmiskunta voi parhaimmillaan päästä. Viisauteen liittyy tiedon ja luonteen, mielen ja hyveiden yhdentyminen. Viisaus on vaikea saavuttaa, mutta helppo tunnistaa (Kunzmann & Baltes, 2005). Sitä edustaa tosiaikaisesti ilmenevä poikkeuksellinen tietämys, arviointi- ja neuvontataito pikemmin kuin pelkkä jälkiviisaus (Be-reiter & Scardamalia, 1993).

Salomon ym., (2005) mukaan viisaalle asiantuntijuudelle on ominaista tulevien sukupolvien hyvinvoinnista huolehtiminen. Se merkitsee perinteisten käsitysten ja uskomusjärjestelmien rajojen rikkomista. Se edellyttää tässä-ja-nyt tilanteiden ylittämistä ottamalla huomioon kokonaiskuvan ja toiminnan kauaskantoiset seuraukset. Viisauteen liittyy perinteisten ammatillisten roolien rajojen rikkomisen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sen uudelleen määrittelemistä mitä jonkun alan ammattilaisena oleminen oikeastaan merkitsee. Viisaana asiantuntijana toimiminen on erityisen vaikeaa murrosaikoina, jolloin työn sisällöt, menetelmät, arvot ja seuraukset muuttuvat (Gardner, Csikszentmihalyi, & Damon, 2001). Tämän vaikutuksesta ei ole helppoa tietään kuinka tulisi toimia oikein. Hyvään ammattilaisuuteen liittyy sen pohtiminen

1. Mikä on sinun elämäntehtäväsi (mitkä korkeamman tason tavoitteet ja ihanteet saavat sinut tikittämään)?
2. Mitkä ovat sinun ammatilliset periaatteesi (millaisia ammatillisia hyveitä arvostat)?
3. Millainen on ammatillinen identiteettisi (Mitä rajoja et suostu ylittämään ja miksi et halua sitä tehdä?)?

Minusta tuntuu, että älykkyyteen liittyvä yhteiskunnallinen keskustelu tulisi suunnata tällaisiin ihmiskunnan eloonjäämisen kannalta kriittisiin kollektiivisen älyn ilmentymiin pikemmin kuin yksilösuorituksiin.

Lopuksi: Älykkyyden kehitettävyyden luovuusyhteiskunnan perustana

Silloin kun älykkyydestä kehitettiin ihmisen älykkästä toiminnasta tiedettiin tavattoman vähän. Käsitys ihmisen älykkyyden pysyvyydestä tai muuttumattomuudesta tuntui heijastavan vakaan ja hierarkkisen teollisuusyhteiskunnan vaatimuksia. Tutkijat eivät osanneet tulkita testeissä havaittuja sosiaaliluokkiin ja kulttuurisiin eroihin liittyviä tuloksia muuta kuin ilmaukseksi perityistä geneettisistä tekijöistä.³ Viimeisten vuosikymmenien aikana olemme saaneet aivan valtavan määrän kokeellista ja kulttuuripsykologista tietoa ihmisen älykkästä toiminnasta. Tämä luo perustan toisenlaisen älykkyyksikäsityksen luomiselle. Meidän aikamme globaalissa maailmassa tarvitaan sellaista dynaamista ja joustavaa käsitystä älykkyydestä, joka tekee oikeutta ihmisten älyllisen toiminnan moninaisuudelle sekä kansakuntien sisällä että niiden välillä. Kehittyneessä tietoyhteiskunnassa kaikki ihmiset joutuvat elämänsä aikana hankkimaan säännöllisesti uusia älyllisiä taitoja ja tekemään asioita, joihin he eivät ehkä koskaan uskoneet pystyvänsä. Tarvitaan älykkyyksikäsitystä joka tekee oikeutta niille todellisille itsensä ylittämisen prosesseille, joita ihmisen älykkäessä toiminnassaan joutuvat käymään lävitse.

Edellä esitettyjen tarkastelujen pohjalta voidaan väittää, että ihmisen merkittävät älylliset saavutukset nojautuvat kollektiivisiin toimijaverkkoihin pikemmin kuin pelkästään yksilölliseen älykkyyteen. Keskittynyt ajattelutapa ohjaa meitä etsimään henkilökohtaisesta älystä tai lahjoista selitystä, jos joku ihmisen esittää ”älykkäitä” mielipiteitä paikallisyhteisössään. Hakkarainen ym., painossa esittää *älykkyyden yksinkertaisen selittämisen hy-*

³ Samalla älykkyyden tutkimukseen sekoittui alusta alkaen myös rasistinen ja yläluokkainen pyrkimys osoittaa tutkijoiden ja heidän oman yhteiskuntaluokkansa ja kulttuurinsa yliveraisuus suhteessa vieraisiin kulttuurisiin ja etnisiin ryhmiin sekä köyhiin ihmisiin (ks. Gould, 1994).

poteesin: Jos joku näyttää edustavan poikkeuksellista ”älykkyyttä” tai luovuutta jossakin paikallisyhteisössä, ei ole syytä olettaa lähtökohtaisesti hänen mielensisäisen koneistonsa toimivan eri tavalla kuin muilla ihmisillä, vaan olettaa että

- hän on innostunut ja ”syttynyt” kyseiselle asialle;
- hänellä on verkostoyhteyksiä kollektiiviseen tietämuskulttuuriin, jossa kyseiset ajatukset ovat tavanomaisia;
- hän perustaa päätelmänsä muiden asiaa pohtineiden ajatteluun (vaikka voi tulkita sitä omalla tavallaan);
- hän on harrastanut kyseistä asiaa pitkän aikaa, mahdollisesti vuosia;
- hänellä on ollut mahdollisesti käytössään asian harrastamisessa tarvittavia poikkeuksellisia aikaresursseja tai kulttuurisia, sosiaalisia, ja taloudellisia voimavaroja.

Tämän pohjalta esitän että älykkyys pitäisi ymmärtää pikemminkin heterogeenisen verkoston kuin yksilön ominaisuudeksi. Silloinkin kun katsomme yksilön mieleen, näemme luovan älyllisen mukautumisen tuloksia, joita on syntynyt sosiaaliin verkkoihin ja kollektiiviseen toimintaan osallistumisessa. Meillä ei ole mitään keinoa arvioida älykkyyttä tai mielen ”olemusta” riippumatta sitä tukevasta verkostoälykkyyydestä.

Kollektiivisen älykkyuden viitekehuksesta ei seuraa, että kaikki ihmiset olisivat älyllisesti samanlaisia. Jonkin taidon pitkäaikaisessa harjoittelussa tapahtuu luovaa älyllistä mukautumista, joka merkittävällä tavalla muuttaa yksilön toiminnan ehtoja luomalla uusia älykstä toimintaa tukevia hermoverkkoja. Tästä seuraa kuitenkin, että ihmisten väliset älylliset erot *ovat kehityksellisiä ja historiallisia pikemmin kuin sisäsyntyisiä ja kategorisia.* Joka tapauksessa on olennaista suunnata huomio taitoihin, pätevyyksiin ja prosesseihin, joita voidaan harjoittaa ja kehittää pikemmin kuin luokitella ihmisiä heidän oletettujen piirteidensä varassa.

Jos tutkimme älykkyyttä ilmiönä, joka on hajautunut heterogeenisiin verkostoihin, luonnollinen älykkyuden kehittämisen tapa on luoda uusia verkostosuhteita ja yhteisön tai verkoston laajentaminen sellaisella tavalla, joka luo yhteyksiä kollektiivisia älyllisiä resursseja kantaviin innovatiivisiin tietoyhteisöihin (Hakkarainen ym., 2004). Kuten teoksessa Hakkarainen, Lonka, & Lipponen (2004, s. 267) esitetään, että yksilön älylle *”voidaan antaa tunnustusta vain ymmärtämällä kuinka se ankkuroituu yhteisöllisiin uuden tien raivaamisen prosesseihin ja sosiaalisessa verkostossa tapahtuvaan äärimmäisen taitavaan voimavarojen yhteensovittamiseen ja kehittämiseen. Se kasvaa uskaliaiden ja luovien hankkeiden toteuttamiseen liittyviä vaikeuksia voittamalla. Älykkyys ei ole jotakin myötäsyttyä, vaan yhteisöllisen työskentelyn tulosta: se on kirkas tuli, jonka vasta vuorovaikutus sosiaaliseen verkkoon osallistuvien yksilöiden ja heidän työtään tukevien kulttuuriesineiden välillä saa syttymään ja kasvamaan.”*

Älyllisten hyveiden jalostaminen

Psykologia on koko 1900-luvun korostanut erilaisia ihmisen puutteita ja rajoituksia. Emme ole riittävän älykkäitä tai järkipäisiä. Sekä meidän muistimme että pinnamme on liian lyhyt ja epäluotettava. Monet psyykkiset prosessimme tapahtuvat tietoisien kontrollin ulkopuolella. Kun nämä rajoitukset otetaan huomioon, niin on ihme ja kumma, että ihmiset selviävät projekteistaan lainkaan niin hyvin kuin tekevät. Mistä tämä aiheutuu? Näitä asioita valottaa niin sanottu *positiivinen psykologia* (Seligman & Csikszentmihalyi 2000; Snyder & Lopez, 2005), joka on tuonut esiin myönteisiä älyllisiä, tunteellisia ja sosiaalisia hyveitä, joihin ihmiset nojautuvat älykkäässä toiminnassaan. Näitä hyveitä voi kuka tahansa, tavallinen ihminen kehittää ja jalostaa omassa elämässään.

Kaikkein tärkein älyllinen hyve on se ettei anna periksi erilaisten älyllisten projektien toteuttamisessa. Jos jokin on yhteistä kaikille joihinkin poikkeuksellisiin saavutuksiin ylittäneille ihmisille, se on sisu, sinnikkyys, sitkeys ja peräänantamattomuus. Jos mikään ihmisen älykkäiseen toimintaan liittyvä tekijä on perinnöllinen, niin se saattaa olla juuri liittyä temperamenttiin, joka tukee sinnikästä ja hellittämätöntä älyllistä ponnistelua (Ericsson, 2003b; Howe, 1999). Yksilö voi älyllisen mukautumisen ja kristallisoituneen tietämyksen välityksellä kiertää testiälykkyyteen liittyviä rajoituksia, mutta mikään ei korvaa sisukkuutta!

Muita hyveitä ovat esimerkiksi toivorikas ja optimistinen suhtautuminen tulevaisuuteen, joka auttaa selviytymään vastoinkäymisistä ja ongelmista. Tässä saattaa myös huumori olla tarpeen; on tärkeä oppia nauramaan itselleen ja antaa anteeksi omia heikkouksiaan. Toisaalta tarvitaan tiedonrakkautta ja valmiutta heittäytyä älyllisen toiminnan virtaukseen. Vaikka itseluottamus ja minäpystyvyys ovat tärkeitä onnistumisen avaimia, ne saatavat ilman nöyryyttä johtaa pahaan perfektionismiin (eli täydellisyyden tavoitteluun), jolle on tyypillistä kilpailullinen pyrkimys osoittaa olevansa muita parempi. Hyvään perfektionismiin sen sijaan liittyy pyrkimys oman suorituksen jalostamiseen huippuunsa. Se on helppo liittää altruismiin, myötäelämiseen, empatiaan ja rakkauteen. Loppujen lopuksi tarvitaan myös viisautta, joka auttaa asioiden näkemiseen kaikessa monimutkaisuudessaan ja suuntautumaan tulevien sukupolvien hyvään.

Lähteet

- Barabasi, A.-L. (2002). *Linked: The new science of networks*. Cambridge, MA: Perseus.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1993). *Surpassing ourselves*. Chicago: Open Court.
- Brooks, R. (2002). *Flesh and machines: How robots will change us*. New York: Vintage Books.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newsman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ceci, S., Barnett, S., & Kanaya, T. (2003). Developing childhood proclivities into adult competencies: the overlooked multiplier effect. Teoksessa R. Sternberg & Grigorenko, E. (toim.), *The psychology of abilities, competencies, and expertise* (s. 70-92). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Clark, A. (1997). *Being there: Putting brain, body, and the world together again*. Cambridge, MA: MIT.
- Clark, A. (2003). *Natural-born cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence*. Oxford: Oxford University Press.
- Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. New York: HarperCollins.
- Csikszentmihalyi, M., Rathunde, K., & Whalen, S. (1993). *Talented teenagers: The roots of success & failure*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Cowan, N. (1999). An embedded-process model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (toim.) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (s. 62-101). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Diamond, J (2005). *Collapse : How Societies Choose to Fail or Survive*. New York: Allen Lane.
- Donald, M. (1991). *Origins of the modern mind: Three stages in the evolution of culture and cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Donald, M. (2001). *A mind so rare: The evolution of human consciousness*. New York: Norton.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y., Engeström, R., Kärkkäinen, M. (1995). Polycontextuality and boundary crossing in expert cognition: Learning and problem solving in complex work activities. *Learning and Instruction* 5, 319-336.
- Engle, R., Kane, M. & Lebiere, C. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, fluid intelligence, and functions of prefrontal cortex. Teoksessa A. Miyake & P. Shah (toim.) *Models of working mem-*

ory: Mechanisms of active maintenance and executive control (s. 102-134). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A. (2003a). The acquisition of expert performance as problem solving: Construction and modification of mediating mechanisms through deliberate practice. Teoksessa Davidson, J. A. & R. Sternberg (toim.) The psychology of problem solving (s. 31-83). Cambridge: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A. (2003b). Development of elite performance and deliberate practice: An update from the perspective of the expert performance approach. Teoksessa J. Starkes & K. A. Ericsson (toim.) Expert performance in sports: Advance in research on sport expertise (s. 49-83). Champaign, IL: Human Kinetics.

Ericsson, K. A. (2003c) The search for general abilities and basic capacities: Theoretical implications from the modifiability and complexity of mechanisms mediating expert performance. Teoksessa R. Sternberg & Grigorenko, E. (toim.), The psychology of abilities, competencies, and expertise (s. 93-125). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A. (2003d) How the expert performance approach differs from traditional approaches to expertise in sport: In search of a shared theoretical framework for studying expert performance. Teoksessa J. Starkes & K. A. Ericsson (toim.) Expert performance in sports: Advance in research on sport expertise (s. 371-401). Champaign, IL: Human Kinetics.

Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. Teoksessa K. A. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich, & R. Hoffman (toim.) The Cambridge handbook of expertise and expert performance (s. 683-704). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Ericsson & Charness (1994). Expert performance: its structure and acquisition. *American Psychologists*, 49, 725-47.

Ericsson, K. A. & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory and everyday skilled performance. Teoksessa A. Miyake & P. Shah (toim.) Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control (s. 257-297). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Ericsson, K. A., Delaney, P., Weaver, G., & Mahadevan, R. (2004). Uncovering the structure of a memorist's superior "basic" memory capacity. *Cognitive Psychology*, 49, 191-237.

Ericsson, K. A. & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211-245.

Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review* 100, 363-406.

Ericsson, K. A. & Lehmann, (1996). Experts and exceptional performance. Evidence on maximal adaptation on task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47, 273-305.

- Ericsson, K. A. & Polson, P. G. (1988). A cognitive analysis of exceptional memory of restaurant orders. Teoksessa M. T. H. Chi, R. Glaser, & M. J. Farr (toim.), *The nature of expertise* (s. 23-70). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Faulkner, W., Fleck, J. & Williams, R. (1998). Exploring expertise: Issues and perspectives. Teoksessa R. Williams, W. Faulkner, & J. Fleck (toim.), *Exploring Expertise: Issues and Perspectives* (pp. 1-27). London: Macmillan.
- Feltovich, P. J., Ford, K. M., Hoffman, R. (1997). A preliminary tour of human and machine expertise in context. Teoksessa P. J., Feltovich, K. M., Ford, & R. R. Hoffman (toim.), *Expertise in Context* (s. xiii-xviii). Menlo Park, CA: AAAI Press.
- Fleck, L. (1979). *Genesis and development of a scientific fact*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Gardner, H., Csikszentmihalyi, M., & Damon, W. (2001). *Good work: When excellence and ethics meet*. New York: Basic Books.
- Gigerenzer, G. (2000). *Adaptive thinking: Rationality in the real world*. Oxford: Oxford University Press.
- Gleick, J. (1992). *Genius: The life and science of Richard Feynman*. New York: Vintage Books.
- Glaser, R. & Chi, M T. H. (1988). Overview. In H. T. M. Chi, R. Glaser, & M. Farr, (toim.), *The Nature of Expertise* (s. xv-xxviii). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Goldberg, E. (2005) *The wisdom paradox: How your mind can grow stronger as your brain grows older*. New York: Gotham.
- Goleman, D. (2006) *Social intelligence: The new science of human relationships*. New York: Bantam.
- Goody, J. (1977). *The domestication of the savage mind*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gould, S. J. (1981). *The mismeasure of man*. New York, NY: Norton & Company.
- Gruber, H. (1974). *Darwin on man: A psychological study of creativity*. Chigaco: The University of Chigaco Press.
- Gruber, H. (1989). Networks of enterprise in creative scientific work. Teoksessa B. Gholson, W. R. Shadish, R. A. Neimayer, & A. C. Houts (toim.). *Psychology of science: Contributions to metascience* (s. 246-274). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gruber, H. (1995). Insight and affect in the history of science. Teoksessa R. Sternberg, R. & J. E. Davidson (toim.) *The nature of insight* (s. 397-431). Cambridge, MA: MIT.
- Hakkarainen, K. (2003a). Kollektiivinen älykkyys. *Psykologia* 38, 6, 384-401.
- Hakkarainen, K. (2003b). Tieteellinen kognitio, kulttuurinen oppiminen, ja tiedon yhteisöllinen tuottaminen. *Kasvatus*, 34, 1, 5-17.
- Hakkarainen, K., Lallimo, J., Toikka, S., & White, H. (valmisteilla). Cultivating collective expertise within innovative knowledge-practice networks. Teoksessa S. Ludvigsen, S. & A Lund (toim.) *Computer-mediated communication*.

- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. (2004). Tutkiva oppiminen: Järki, tunteet ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä. Helsinki: WSOY.
- Hakkarainen, K., Paavola, S., & Lipponen, L. (2003). Käytäntöyhteisöistä innovatiivisiin tietoyhteisöihin. *Aikuiskasvatus*, 21, 1, 4-13.
- Hakkarainen, K., Palonen, T., Paavola, S. & Lehtinen, E. (2004). Communities of networked expertise: Professional and educational perspectives. Amsterdam: Elsevier.
- Haraway, D. (2003) Cyborgs to companion species: Reconfiguring kinship in technoscience. Teoksessa D. Ihde & E. Selinger (toim.) *Chasing technoscience: Matrix for materiality* (s. 58-82). Bloomington & Indianapolis, IN: Indiana University Press.
- Hernes, T. (2004). Studying composite boundaries: A framework for analysis. *Human Relations*, 57, 9-29.
- Hill, N. M. & Schneider, W. (2006). Brain changes in the development of expertise: Neuroanatomical and neurophysiological evidence about skill-based adaptations. Teoksessa K. A. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich, & R. Hoffman (Eds.) *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (s. 653-682). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 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.
- Howe, M. (1999). *Genius explained*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Janis, I. L. (1982) *Groupthink*. Second Edition. Dallas, Ill. Houghton Mifflin.
- John-Steiner, V. (2000). *Creative collaboration*. Oxford: Oxford University Press
- Johnson, S. (2005). Everything bad is good for you: How popular culture is making us smarter. London: Allen lane.
- Kitcher, P. (1990). The division of cognitive labor. *The Journal of Philosophy*, 87, 5-22.
- Kramer, R. M. (1999). Social uncertainty and collective paranoia in knowledge communities: Thinking and acting in the shadow of doubt. Teoksessa L. L. Thompson, J. M. Levine, & D. M., Messick (toim.), *Shared Cognition in Organizations: The Management of Knowledge* (s. 163-191). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Krampe, R. & Baltes, P. (2003). Intelligence as adaptive resource development and resource allocation: A new look through the lens of SOC and expertise. Teoksessa R. Sternberg & Grigorenko, E. (toim.), *The psychology of abilities, competencies, and expertise* (s. 31-69). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Kunda, Z. (1999). *Social cognition: Making sense of people*. Cambridge, MA: MIT.
- Kunzman U., & Balter, P. B. (2005). The psychology of wisdom: Theoretical and empirical challenges. Teoksessa R. J. Sternberg & J. Jordan (toim.) *A handbook of wisdom: Psychological perspectives* (s. 110-135). Cambridge, MA: Cambridge University press.

- Kurzweil, R. (1999). *The age of spiritual machines: When computers exceed human intelligence*. New York: Penguin.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McCorduck, P. (2004) *Machines who think: A personal inquiry into the history and prospect of artificial intelligence*. Natick, MA: A. K. Peters.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 101, 343-352.
- Olson, D. (1994). *The world on paper: The conceptual and cognitive implications of writing and reading*. Cambridge; Cambridge University Press.
- Olson, D. (2003). *Psychological theory and educational reform: How education remakes mind and society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Palonen, T., Hakkarainen, K., Talvitie, J., & Lehtinen, E. (2003). Heikot ja vahvat verkostosidokset ja osaamisen keskittyminen tiimityössä – esimerkkinä telealan yritysympäristö. *Aikuiskasvatus*, 21, 1, 14-27.
- Perkins, D. N. (1995). *Outsmarting IQ: The emerging science of learnable intelligence*. New York: The Free Press.
- Pfeifer, R., & Scheier, C. (1999) *Understanding intelligence*. Cambridge, MA: MIT.
- Pillemer, D. & White, S. (2005, toim.). *Developmental psychology and social change: Research, history, and policy*. Cambridge, MA: Cambridge university Press
- Rogoff, B. (2003) *The cultural nature of human development*. Oxford: Oxford University Press.
- Rose, M. (2004). *Mind at work: Valuing the intelligence of the American worker*.
- Resnick, M (1994). *Turtles, termites, and traffic jams*. Cambridge, MA: MIT.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L. and the PDP Research Group (1986). *Parallel Distributed Processing. Exploration in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Salmela-Aro, K. & Jan-Erik Nurmi (1995). *Henkilökohtaiset projektit: kognitiivinen lähestymistapa motivaatioon*.
- Sameroff, A. J. & Mackenzie, M. (2003) *Research strategies for capturing transactional models of development: The limit of the possible*. *Development and Psychopathology*, 15, 613-640.
- Scardamalia, M. (2002). *Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge*. Teoksessa B. Smith (toim.), *Liberal education in a knowledge society* (s. 67-98). Chicago: Open Court.
- Seligman, M. & Csikszentmihalyi, M. (2000) *Positive psychology: An introduction*. *American Psychologist*, 55, 5-14.
- Simon, H. A. (1969). *The Science of Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.

Skagestad, P. 1999. Peirce's inkstand as an external embodiment of mind. *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 35(3), 551-561.

Snyder, C. R & Lopez, S. J. (2005, toim.). *Handbook of positive psychology*. Oxford: Oxford University press.

Spearman, C. (1927). *The abilities of man*. New York: Macmillan.

Stewart, T. A. (1997). *Intellectual capital: The new wealth of organizations*. New York: Currency Doubleday.

Thelen, E. & Smith, L. B. (1994) *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: MIT.

Tomasello, M. (1999). *The cultural origins of human cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotski, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weisberg, R. W. (1999). *Creativity and knowledge: A challenge to theories*. Teoksessa R. Sternberg (toim.). *Handbook of creativity* (s. 226-250). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Wenger, W. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wright, R. (2004). *A short history of progress*. Toronto: Anansi.