

**Math.fi – www-pohjainen oppimisympäristö matematiikan opiskeluun  
peruskoulussa**

Pasi Kiema

Tampereen yliopisto  
Informaatiotieteiden yksikkö  
Tietojenkäsittelyoppi  
Pro gradu -tutkielma  
Ohjaaja: Timo Poranen  
Tammikuu 2013

Tampereen yliopisto

Informaatiotieteiden yksikkö

Tietojenkäsittelyoppi

Pasi Kiema: Math.fi – www-pohjainen oppimisympäristö matematiikan opiskeluun peruskoulussa

Pro gradu -tutkielma, 72 sivua, 4 liitesivua

Tammikuu 2013

---

## Tiivistelmä

Suomalaiset peruskoululaiset ovat menestyneet PISA-tutkimuksissa matematiikassa. Tulokset on saavutettu opettajajohtoisesti painettua kirjaa ja vihkoa käyttäen. Tieto- ja viestintäteknikkaa on hyödynnetty matematiikan opetuksessa hyvin vähän. Erilaiset merkit uhkaavasta taantumisesta matematiikan osaamisessa ja suomalaisten keskinkertainen tieto- ja viestintäteknikan hyödyntäminen eurooppalaisessa vertailussa ovat vauhdittamassa kokeiluja parantaa matematiikan opetusta tieto- ja viestintäteknikan avulla.

Tässä tutkimuksessa esitellään peruskoulun matematiikan opetukseen ja opiskeluun suunniteltu www-pohjainen oppimisympäristö, math.fi. Järjestelmällä pyritään edistämään oppilasjohtoista ja itsenäistä opiskelua. Suunnittelutieteellisen tutkimusotteen mukaisesti selvitetään toteutuksen taustalla olevia periaatteita sekä esitellään teoreettinen malli, joka kuvaa miten oppimisympäristössä tuetaan itsesäätelyn ja metakognition kehittymistä ja siten oppimaan oppimista.

Järjestelmä on toteutettu CakePHP-ohjelmistokehystä ja MySQL-tietokantaa hyödyntäen. Ohjelmistokehys tukee MVC-mallia. Tietokanta-ajuri mahdollistaa järjestelmän tietokantariippumattomuuden sekä vahvistaa tietoturvaa tietokannan osalta. Järjestelmässä sovelletaan useissa kohdissa AJAXia. Sisällöt ovat mm. upotettuja videoita, matemaattisia ongelmia ja niiden ratkaisuesityksiä kuvina sekä ohjelmoituja harjoituksia. Matemaattisessa esittämisessä on hyödynnetty Geogebraa.

**Avainsanat ja -sanonnat:** oppiminen, suunnittelutieteellinen tutkimusote, oppimisympäristö, matematiikka, peruskoulu, ohjelmistokehys, Geogebra, sulautuva oppiminen, metakognitio, itsesäätely.

**Kiitokset**

Kun kaksi ja puoli vuotta sitten jäin opintovapaalle Oriveden yhteiskoulun peruskoulun matematiikan ja tietotekniikan lehtorin virasta, en kuvitellut ikinä suorittavani maisterin tutkintoa ohjelmistokehityksestä. Vastoin suunnitelmiani opintoasian päällikkö Taru Koskinen johdatteli minut aiempaan opintohistoriaani perustuen maisteriohjelmaan. Olen suuresti kiitollinen tästä oikeaan osuneesta opinto-ohjauksesta.

Kun opinnäytetyön laatiminen kävi ilmeiseksi, oli tutkimuksen aihe minulle itsestään selvä: kollegani Sauli Hartikaisen kanssa kehittämämme matemaattisen ajattelun oppimisympäristö, math.fi. Olin jäänyt opintovapaalle edistääkseni tietoteknistä osaamistani v. 2006 aloittamassamme oppimisympäristön kehittämässä. Kiitän ohjaajaani, lehtori Timo Porasta nopeista vastauksista, ohjaamisesta ja johdattelemisesta sekä tietojärjestelmätieteiden että oppimisen suunnittelutieteelliseen tutkimusotteeseen.

Kiitos Opetushallitukselle, joka on tukenut työtämme vuosina 2007 – 2011 ja tukee edelleen 2013 – 2014. Suurkiitos Teknologiaateollisuuden 100-vuotissäätiölle, että kehitystyö on voinut jatkua vuonna 2012 ja tämä opinnäytetyö toteutua apurahan turvin.

Tässä yhteydessä kiitän myös kaikkia heitä lukuisia nimeltä mainitsemattomia henkilöitä, jotka ovat olleet edistämässä laatimamme oppimisympäristön kehittämistä. Projektityökurseilta haluan erityisesti kiittää opiskelijatoveriani Tero Strakhia hyvin sujuneesta yhteistyöstä, erinomaisesta teknisestä tuesta myös kurssien ulkopuolella.

Erityisen kiitollinen olen kollegalleni Sauli Hartikaiselle kaikista yhteistyön vuosista, jotka ovat johtaneet tähän vaiheeseen. Haluan kiittää myös esimiehiäni.

Lopuksi kiitän rakasta puolisoani, Teijaa myötämielisestä suhtautumisesta pitkään opintovapaaseeni ja mahdollisuudestani keskittyä opintoihin ja tähän työhön ja niistä iloitsemiseen.

Orivesi, tammikuu 2013

Pasi Kiema

## Sisällys

1.	Johdanto.....	1
2.	Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö .....	5
2.1.	Käsitteellinen muutos oppimisessa ja teknologiaympäristön tuki .....	6
2.2.	Metakognitio .....	8
2.3.	Metakognitio itsesäätelyssä .....	11
2.4.	Itsesäätelyn ja itsenäisen työskentelyn ero .....	14
2.5.	Itsesäätelyn kehitystä tukevia periaatteita.....	15
3.	Tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen matematiikan opetuksessa .....	17
3.1.	Virtuaalisen oppimisympäristön määrittelyä .....	17
3.2.	Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö matematiikan opetuksessa .....	18
3.3.	Matematiikan opetukseen soveltuvia WWW-sivustoja .....	18
3.4.	Vertailtaviksi valittavat oppimisympäristöt.....	20
4.	Suunnittelutieteellinen tutkimusote .....	23
4.1.	Tietojärjestelmätieteiden suunnittelutieteellinen tutkimusote .....	23
4.2.	Kasvatustieteiden suunnittelutieteellinen tutkimusote.....	24
4.3.	Kasvatustieteiden suunnittelutieteellisen tutkimuksen tunnusmerkkejä.....	26
4.4.	Suunnittelutieteellinen tutkimusote tämän tutkimuksen metodina.....	26
5.	Math.fi - matemaattisen ajattelun oppimisympäristö .....	27
5.1.	Taustaa .....	27
5.2.	Oppimisympäristön pedagogiset tavoitteet ja periaatteet .....	29
5.3.	Palvelun tarjoamisesta ja sen kehittämisestä .....	33
5.4.	Malli matemaattisen ajattelun tukemisesta math.fi -oppimisympäristössä.....	34
5.5.	Ohjelmiston ja sen toteutuksen kuvaus.....	39
6.	Arviointia.....	51
6.1.	Oppimisympäristöjen vertailua .....	51
6.2.	Suunnittelutieteellisen tutkimusotteen toteutumisesta tutkimuksessa .....	56
7.	Yhteenveto.....	62
	Viiteluettelo .....	64
	Liite 1: Yhteenveto digitaalisista oppimisresursseista ja -palveluista .....	73
	Liite 2: Tietokannan ER-malli.....	76

## 1. Johdanto

Suomalaisten nuorten menestyminen matematiikan osaamisessa on kansainvälisissä vertailuissa ollut erinomaista tai hyvää tasoa. Esimerkiksi vuoden 2003 PISA-tutkimuksen mukaan 15-vuotiaiden suomalaisten nuorten matemaattinen osaaminen oli tutkittujen maiden parhaimmista [Kupari ja Välijärvi, 2005]. Vuoden 1999 TIMSS-tutkimuksessa suomalaiset peruskoulun seitsemäsluokkalaisten sijoittuivat 38 maan (14 OECD-maata), vertailuissa kansainvälisen keskitason yläpuolelle. Tutkimukset antoivat hieman erilaisia tuloksia suomalaisten osaamisesta, sillä TIMSS-tutkimuksessa kuusi maata oli tilastollisesti merkittävästi Suomea parempia [Kupari *et al.*, 2000].

Vuoden 2009 PISA-tutkimuksessa matematiikan osaamista kuvaavien pisteiden aleneminen ei ollut tilastollisesti merkitsevää [Sulkunen ja Välijärvi, 2012]. Tästä huolimatta on äidinkielen osaamisen suuntaus huonompaan yhdessä koulujen välisen vaihtelun kasvamisen kanssa huolestuttanut mm. opetusministerin [PISA, 2012]. On tehty huomio käänteestä huonompaan suuntaan kansallisesti vahvuuksina pitämässämme tekijöissä. Jo ennen tätä huomiota korkeakouluista on kantautunut huolestuneita viestejä matemaattisen osaamisen heikkenemisestä [Välijärvi, 1997]. Suuntausta huonompaan vahvistaa myös Hirvonen [2012] Opetushallituksen teettämässä koulutuksen seurantaraportissa.

Huolimatta nykyisten nuorten luontevasta tieto- ja viestintätekniiikan käytöstä vapaa-ajallaan sekä meneillään olevasta työkuulttuurin muutoksesta [Leivo *et al.*, 2009] – on tieto- ja viestintätekniiikan (TVT) hyödyntäminen Haaparannan [2008] mukaan jopa lievästi vähentynyt suomalaisessa perusopetuksessa. Kankaanrannan ja Puhakan [2008] mukaan vain 9 % peruskoulun matematiikan opettajista ilmoitti käyttävänsä tietotekniikkaa säännöllisesti opetuksessaan. Onko syynä Ilomäen [2008] mainitsema digitaalinen kuilu oppilaiden kokemuksissa opetuksessa hyödynnetyn tietotekniikan ja oppilaiden vapaa-ajalla käyttämän tietotekniikan välillä? Haaparanta [2008] toteaa, että teknologioiden käyttöä tulevaisuudessa ennustaa paremmin opettajien kokemus tietokoneiden käyttökelpoisuudesta kuin opettajien tietokoneiden käyttötaito. Kun tietokoneista ei ole koettu olevan hyötyä, ei niitä ole käytettykään. European Schoolnetin – 30 pääosin eurooppalaisen valtion opetusministeriöiden muodostaman verkoston – tutkimuksien mukaan TVT:n hyödyntämistä rajoittaa mm. opettajien puutteelliset tietotekniset taidot, heikko motivaatio ja luottamus tietotekniikan käyttöön, sopimaton opettajien koulutus,

puuttuvat tai huonot TVT-infrastruktuurit ja perinteisen koulujärjestelmän toimintatavat [Balanskat *et al.*, 2006].

Suomessa on asetettu merkittäviä koulutuspoliittisia tavoitteita tieto- ja viestintäteknii-  
kan hyödyntämiseksi ja TVT-taitojen parantamiseksi. Esimerkiksi vuonna 2004 Ope-  
tushallituksen [2004] julkaisemissa perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa  
määritellään niin yleisiä kuin ainekohtaisia tavoitteita tieto- ja viestintäteknii-  
kan hyödyntämiseksi. Kuusi vuotta myöhemmin ilmestyivät Arjen tietoyhteiskunnan neuvotte-  
lukunnan [2010] laatima Kansallinen tieto- ja viestintäteknii-  
kan opetuskäytön suunnitelma ja Opetus- ja kulttuuriministeriön [2010] mietintö Koulutuksen tietoyhteiskunnan  
kehittäminen 2020. Niissä odotetaan merkittävästi opetussuunnitelman perusteiden ta-  
soa korkeampaa tekniikan hyödyntämistä sekä määrällisesti että laadullisesti.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan Internetissä vapaastikäytettävää peruskoulun ylempien  
luokkien matematiikan opiskeluun ja opetukseen tarkoitettua matemaattisen ajattelun  
oppimisympäristöä, math.fi. Oppimisympäristön on tarkoitus olla oppilaiden ja opetta-  
jan käytettävissä kokoaikaisesti. Se sisältää oppimateriaaleja ja ohjaus- ja palauteproses-  
seja, jotka perustuvat automaattisesti tallentuviin ja oppilaiden itse tekemiin päiväkirja-  
merkintöihin. Oppimisympäristön kasvatusfilosofisena ja pedagogisena päämääränä on  
harjoittaa oppilaan kykyä johtaa itse itseänsä ja omaa toimintaansa ja siten oppia oppi-  
maan. Tähän päästään tukemalla oppilaan itsesäätelyn [Lehtelä, 2001] ja metakognitii-  
visten taitojen [Flavell, 1976] kehittymistä.

Tutkielman tavoitteena on kuvata yli kuuden vuoden ajan kehiteltyä oppimisympäristöä  
tieteellisesti suunnittelutieteellisellä tutkimusotteella kasvattaen samalla tietoa tutki-  
musalueesta. Toinen tutkielman tarkoitus on suunnittelutieteellisen tutkimusotteen mu-  
kaisesti tarkastella tehtyjen ratkaisujen rationaalisia perusteita uusien suunnitteluperiaat-  
teiden tuottamiseksi ja ratkaisun parantamiseksi [Reeves, 2006].

Jälkimmäinen tavoite ja koko oppimisympäristön kasvatusfilosofinen ja pedagoginen  
päämäärä kiteytyvät kohdassa 5.4. esiteltävään teoreettiseen malliin matemaattisesta  
ajattelun tukemisesta. Tässä mallissa oppija katsotaan omaa toimintaansa ohjaavaksi  
subjektiksi [Ruohotie, 2000] eikä ulkopuolisten tekijöiden kuten opettajan ohjaamaksi.

Oppilaan itsesäätelyn tueksi automaattisesti saatava ohjaus ja palaute perustuu ns. metatietoihin. Metatiedoilla tarkoitetaan tietoa oppilaan työskentelystä ja siinä menestymisestä. Järjestelmässä työskenneltäessä metatietoja tallentuu automaattisesti. Oppilaan on tehtävä niitä myös itse, mikä on hyödyllistä. Itsearviointi kasvattaa oppilaan tietoisuutta toiminnastaan ja osaamisestaan eli edistää metakognitiivisia taitoja [Lehtelä, 2001]. Metatietoihin perustuen oppilas voi saada järjestelmältä tukea oman opiskelunsa johtamiseen ja itsenäiseen työskentelyyn. Metatietojen avulla oppilaan oppimisprosessi voidaan myös tehdä reaaliaikaisesti näkyvämmäksi opettajalle. Näin opettaja saa informaatiota siihen, millä tavoin tukea oppilaan matemaattista ajattelua eli itsesäätelystä, metakognitiivista ajattelua ja kognitiivisia prosesseja.

Opettajasta riippuu paljon, millä tavoin hän hyödyntää virtuaalista oppimisympäristöä osana opetustaan ja opetuksen järjestelyjä [Gravemeijer and Cobb, 2006]. Onnistuneisiin opetuksen tietotekniikkahankkeisiin liittyy opettajan toimintatapojen ja asenteiden uusiutuminen [Ilomäki, 2008]. Tutkielman tavoitteista ja luonteesta johtuen opettajan muuttuvan roolin tarkempi tarkasteleminen rajataan tämän tutkielman ulkopuolelle.

Oppimisympäristön kehittäminen on ollut syklistä kehitystarpeiden noustessa sekä teknisestä toteutuksesta että pedagogiikasta ja opetuksen järjestelyistä. Näissä kehityssykleissä on siis parannettu sekä järjestelmää, kehitysympäristöä ja kehittämisen käytänteitä että pedagogisia ratkaisuja. Oppimisympäristön kehittämisen voikin todeta noudattaneen hyvin pitkälti sekä tietojärjestelmätieteiden [Hevner *et al.*, 2004] että kasvatustieteiden [Reeves, 2006] suunnittelutieteellistä tutkimusotetta. Kun CakePHP-ohjelmistokehys [CakePHP, 2012] otettiin käyttöön, järjestelmän arkkitehtuuri jäsenyi www-ohjelmoinnissa vallitsevan MVC-mallin [Reenskaug, 2003] mukaiseksi. Ohjelmistokehityksen käyttämä DBO-olio (database owner) toimii järjestelmän ja tietokannan välissä, jolloin järjestelmä on tietokantariippumaton ja tietokanta turvatumppi mahdollisilta vihamielisiltä käyttäjiltä kuin se suoraan järjestelmästä käytettynä olisi. Käytetty tietokanta on tällä hetkellä MySQL [2012]. Käyttöliittymä on toteutettu HTML:lla ja Javascriptillä hyödyntäen jQuerya [2012] sekä AJAXia [Wikipedia, 2012].

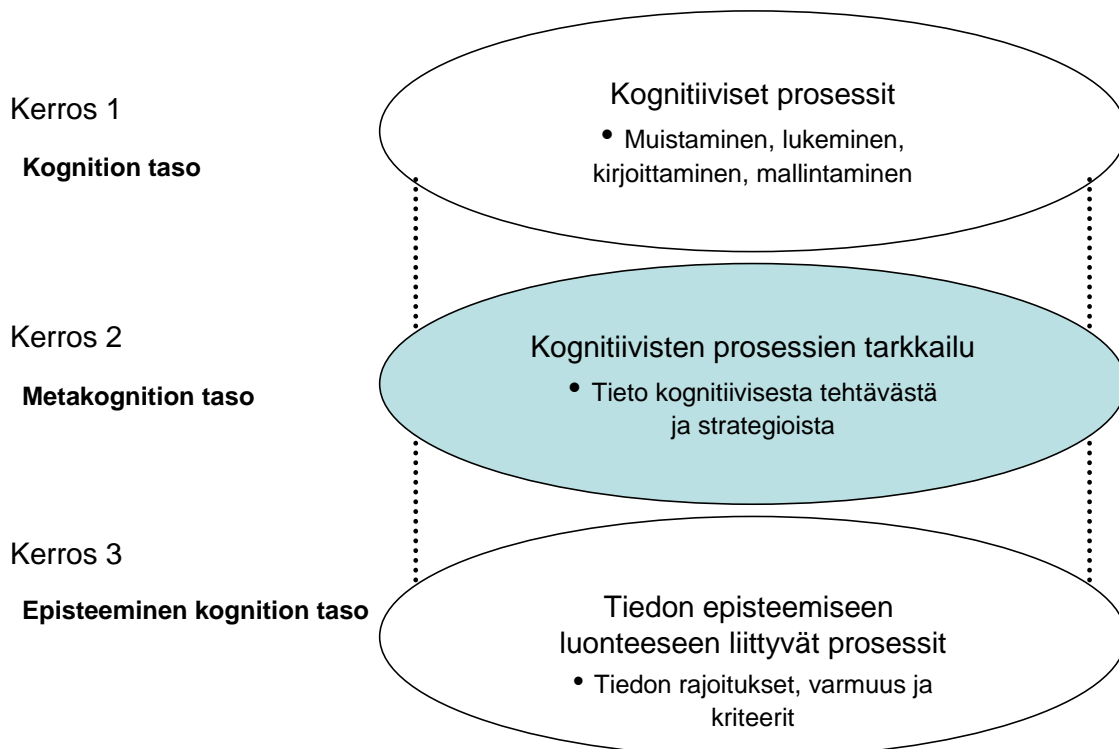
Pyrittäessä kehittämään pedagogisesti tarkoituksenmukaisia virtuaalisia oppimisympäristöjä on välttämätöntä ymmärtää oppimiseen liittyviä teorioita. Näihin asioihin lukijaa johdatellaan toisessa luvussa. Tarkastelussa kiinnitetään huomio metakognitioon ja it-

sesäätelyyn, koska niitä pidetään oleellisina seikkoina pyrittäessä tukemaan oppijan itsenäistä ohjautumista ja oppimaan oppimista. Kolmannessa luvussa luodaan katsaus virtuaalisiin oppimisympäristöihin. Tarkastelua on rajattu siten, että huomion kohteena ovat peruskoulun ylempien luokkien matematiikan opetukseen ja opiskeluun soveltuvat tai siltä kannalta kiintoisat oppimisympäristöt. Tutkittavilta järjestelmiltä edellytetään vapaastikäytettävyyttä tai avointa lähdekoodia. Neljännessä luvussa käsitellään suunnittelutieteellistä tutkimusotetta sekä tietojärjestelmätieteiden että kasvatustieteiden näkökulmasta. Viidennessä luvussa esitellään matemaattisen ajattelun oppimisympäristö, math.fi, sekä teoreettinen malli siitä, miten oppimisympäristö tukee itsesäätelyä ja metakognitiota. Vielä ennen viimeisen luvun yhteenvedoa kuudennessa luvussa vertaillaan kolmea erilaista matematiikan opettamiseen soveltuvaa oppimisympäristöä ja arvioidaan suunnittelutieteellisen tutkimusotteen toteutumista tässä tutkimuksessa.



## 2. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö

Tässä luvussa perehdytään metakognitioon ja itsesäätelyyn, joilla on oleellinen merkitys itsenäisessä työskentelemisessä ja oppimaan oppimisessa. Luku aloitetaan kuitenkin kohdassa 2.1. katsauksella käsitteelliseen muutokseen, joka on mm. matematiikan oppimisessa tärkeää. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan [Merenluoto, 2006] tieto rakentuu aiemman tiedon varaan. Käsitteellisessä muutoksessa tämä aiempi tieto on kyseenalaistettava. Kitchener [1983] esittelee kolmiportaisen kognitiivisen prosessin mallin (kuva 1). Mallin ensimmäinen kerros muodostuu kognitiivisista prosesseista. Toisessa kerroksessa tapahtuu em. prosessien tarkkailua; se on tietoisuutta kognitiivisista prosesseista. Kolmannessa kerroksessa tapahtuvat tiedon episteemiseen luonteeseen liittyvät prosessit kuten Merenluodon [2006] esittämä käsitteellisessä muutoksessa tapahtuva aiemman tiedon kyseenalaistaminen. Näin Kitchenerin mallissa voi muutoksen huomata koskevan kaikkia kerroksia aina tiedon episteemiseen luonteeseen liittyviä prosesseja myöten; sen lisäksi, että oppijan kognitiivisissa prosesseissa tapahtuu muutoksia ja hän tiedostaa niitä, on oppijan pystyttävä myös kyseenalaistamaan varmaksi kokemansa aiempi tietonsa.



Kuva 1. Mukailtu Kitchenerin kognitiivisen prosessin malli [Lehtelä, 2001].

Esimerkiksi laskeminen kuuluu kognition tasoon (kerros 1). Muita kognitiivisen tason toimintoja ovat muistaminen, lukeminen, kirjoittaminen ja mallintaminen. Seuraavalla metakognition tasolla (kerros 2) tapahtuu em. kognitiivisten prosessien tarkkaileminen. Kolmas kerros, episteemisen kognition taso, sisältää tiedon episteemiseen luonteeseen liittyvät prosessit. Näitä ovat yksilön tietoisuus tiedon rajoituksista (asia on tiedettävissä tai ei), tiedon varmuudesta (asia on tiedettävissä vain todennäköisesti) ja tiedon kriteereistä (asia on tiedettävissä, jos se on tieteellisesti todistettavissa). [Kitchener, 1983]

Mallissa kerrokset muodostavat hierarkian. Ensimmäinen kerros on riippumaton muista kerroksista, mutta toinen kerros kytkeytyy ensimmäiseen kerrokseen ja kolmas kerros kumpaankin muuhun kerrokseen. Metakognitio ohjaa kognition tasoa ja metakognition tasoa. Episteeminen kognition taso ohjaa kaikkia tasoja, jolloin puhutaan metameta-tasosta. Metakognition laaja määrittely sisältää kognitiivisten toimintojen tarkkailun. Episteemistä aluetta ei ole kuitenkaan sisällytetty metakognition tutkimuksiin. Metakognition ei yhdistetä episteemisen kognition prosesseja, koska metakognition on katsottu sisältävän uskomukset ja tiedon tietystä kognitiivisesta tehtävästä ja siitä, kuinka se on suoritettu. [Kitchener, 1983]

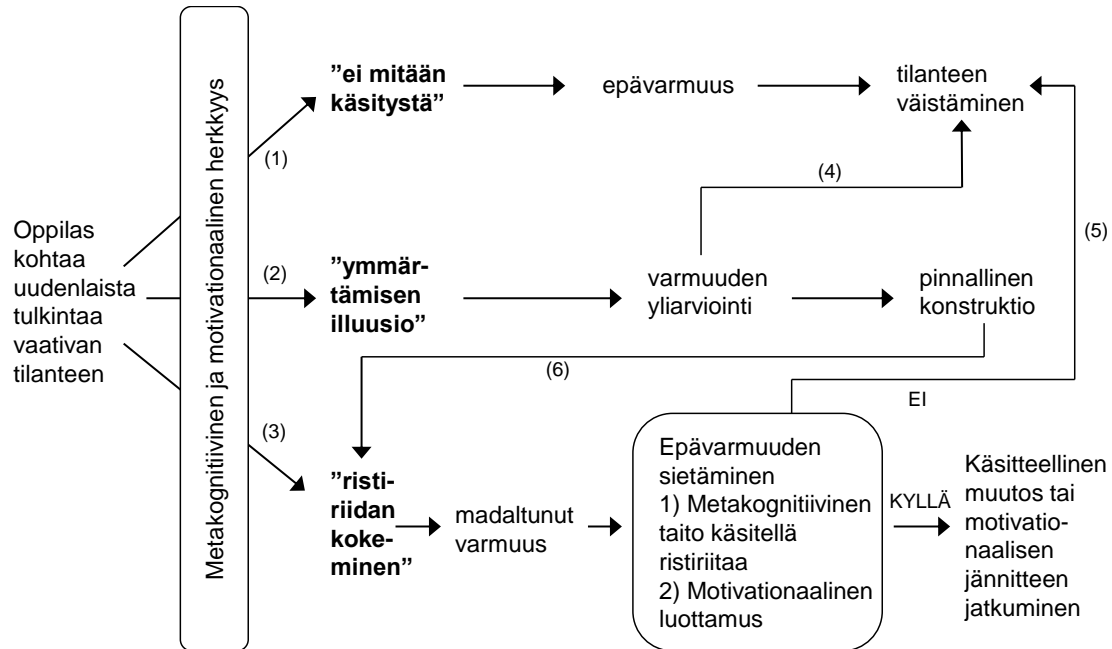
### **2.1. Käsitteellinen muutos oppimisessa ja teknologiaympäristön tuki**

Konstruktivistisessa oppimiskäsityksessä tiedon ajatellaan rakentuvan ja jäsentyvän aina oppijan aikaisemman tiedon varaan vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Oppilaan aikaisemmalla tietämyksellä ja sen luonteella näyttää olevan hyvin olennainen rooli uuden oppimisessa. Helpoimpia ovat sellaiset muutokset, joissa uusi tietämys on rakennettavissa vanhalle pohjalle. [Merenluoto 2006]

Mikäli aikaisempi ajattelutapa on esteenä uuden oppimiselle, kyseessä on käsitteellisen muutoksen ongelma. Vaikeuksia aiheuttaa aikaisemman ja uuden tiedon yhteensopimattomuus tai jopa ristiriitaisuus. Lisäksi oppilaalla voi olla väärä käsitys siitä, että aiempi ajattelu olisi yleistettävissä uudella alueella. Esimerkiksi matematiikan lukukäsitteen laajentaminen luonnollisista luvuista rationaalilukuihin on vaativa käsitteellinen muutosprosessi. [Merenluoto 2006]

Merenluoto [2006] viittaa useisiin tutkimustuloksiin, joissa käsitteellisessä muutoksessa on enemmän kyse vähittäisestä tiedon rakentumisen prosessista kuin kertakaikkisesta nopeasta muutoksesta. Prosessi voi koostua monista osista. On todennäköistä, ettei uusi

ajattelu korvaakaan täysin aiempaa arki ajattelua. Vaan uudesta ajattelusta tulee selitysmalli vanhan rinnalle. Merenluoto ja Lehtinen [2004] ovat mallintaneet käsitteellisen muutoksen prosessia (kuva 2).



Kuva 2. Käsitteellisen muutoksen teoreettinen ja systemaattinen malli [Merenluoto, 2006].

Mallissa oppilas kohtaa uudenlaista tulkintaa vaativan tilanteen. Riippuen metakognitiivisesta ja motivationaalisesta herkkyydestä oppilas voi mallin mukaan suhtautua tilanteeseen kolmella eri tavalla: 1) ”ei mitään käsitystä”, joka johtaa tilanteen väistämiseen. 2) ”ymmärtämisen illuusio”, josta reitti voi johtaa sekä tilanteen väistämiseen että käsitteelliseen muutokseen tai motivationaalisen jännitteen jatkumiseen. 3) ”ristiriidan kokeminen”, josta seuraa todennäköisimmin käsitteen muutos. Kuitenkin tässäkin tilanteessa polku voi johtaa tilanteen väistämiseen. Prosessi voi sisältää nopeitakin oivalluksia ja uusien näkökulmien avautumista, mutta näitä kuitenkin edeltää pitkäaikainen pohdiskelu ja asian parissa viipyminen, minkä vuoksi Merenluoto [2006] pitää oppilaan houuttelemista pitkäaikaiseen pohdiskeluun ja uteliaisuuteen, metakäsitteellisen tietämyksen vahvistamiseen ja prosessin herättämisen epävarmuuden tukemiseen tärkeänä teknologiaympäristöjen haasteena.

Metakognitiivinen herkkyys tarkoittaa sitä, kuinka paljon oppilaalla on metakäsitteellistä tietoisuutta eli kuinka tietoinen oppilas on omasta aikaisemmasta ajattelustaan. Motivationaalinen herkkyys sen sijaan tarkoittaa sitä, kuinka kiinnostunut tai utelias oppilas on selvittämään, mistä tilanteesta oikein on kysymys. [Merenluoto, 2006]

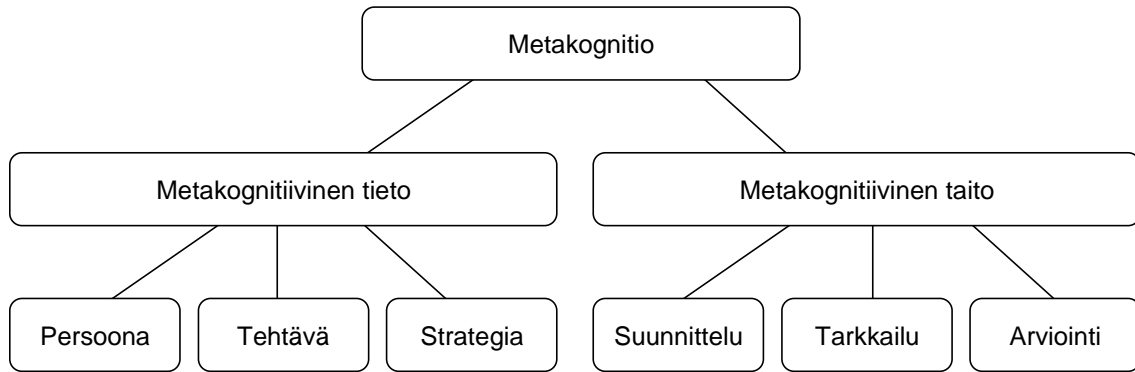
Edelliseen perustuen Merenluoto [2006] määrittelee teknologisen oppimisympäristön haasteeksi saada oppilaat tarkastelemaan käsityksiään uudella tavalla ja vertaamaan omia käsityksiään toisten käsityksiin.

## 2.2. Metakognitio

Metakognitio on oleellinen oppimisen tarkkailuun ja kontrollointiin sisältyvä käsite. Ja tarkkailua puolestaan pidetään itsesäätelyn avainprosessina. Metakognition käsitteen tarkkaa rajausta on tutkimuksista lähes mahdotonta löytää. [Lehtelä, 2001]

Metakognition käsitteen on esittänyt ensimmäisenä Flavell [1976]: ”*Metakognitio tarkoittaa tietämystä omista kognitiivisista prosesseista tai mistä tahansa niihin liittyväs-*”*tä*”. Lehtelä [2001] puolestaan määrittelee väitöskirjassaan metakognition seuraavasti: ”*Metakognitio liitetään ajatteluun, joka kohdistuu suoranaisesti tai välillisesti omaan oppimiseen. Näin ollen metakognitio ymmärretään oppilaan tiedoksi ja tietoisuudeksi omasta oppimisprosessistaan, sen tarkkailusta, arvioinnista ja säätelystä. Metakognitiolla tarkoitetaan siis ajattelua omasta ajattelusta, omien ajatteluprosessien kognitiivisen ja affektiivisen tilan tiedostamista ja tietoista toiminnan säätelyä*”, ja jatkaa tehden eron reflektioon: ”*Vaikka metakognitiivisesta ajattelusta muodostuva tietoisuus tukee ja jäsentää yksilön reflektiota omasta kokemusmaailmasta, kaikkea reflektiota ei kuitenkaan voida pitää metakognitiivisena*”. Iiskala ja Hurme [2006] määrittelevät metakognition seuraavasti: ”*Metakognitiolla tarkoitetaan yksilön kykyä ajatella ajattelua ja ohjata ajattelun toimintoja itsenäisesti ja joustavasti eri tilanteiden vaatimalla tavalla.*”

Kuvassa kolme havainnollistetaan metakognition jakautumista metakognitiiviseen tietoon ja metakognitiiviseen taitoon.



Kuva 3. Metakognition jaottelu eri osa-alueisiin [Iiskala ja Hurme, 2006].

Metakognitiivisella tiedolla tarkoitetaan ajattelun tiedostamista eli yksilön tietoja ja uskomuksia ajattelusta ja sen toiminnasta. Metakognitiivisella taidolla taas tarkoitetaan ajattelun valvontaa ja säätelyä. Metakognitiivinen tieto ja taito eivät ole toisistaan riippumattomia vaan osittain limittäisiä ja vuorovaikutuksessa keskenään. Laadukkaassa oppimisessa tarvitaan sekä metakognitiivista tietoa että taitoa. Toisaalta oppijan on sekä tiedostettava ajatteluaan että hyödynnettävä tätä tietoa tarkoituksenmukaisesti toiminnassaan. Ja toisaalta oppijan on pyrittävä tiedostamaan, minkä vuoksi toimii tietyllä tavalla. Esimerkiksi tehtävän tietäminen vaikeaksi voi johtaa oppijaa tarkkailemaan huolellisesti kognitiivisia prosessejaan. Ja päinvastoin – onnistunut kognitiivisten prosessien tarkkailu voi auttaa oppilasta tiedostamaan, mikä on tehtävässä vaikeaa tai helppoa. Tosin jokin ajatteluun liittyvä toiminta voi olla automatisoitunut siten, ettei oppija välttämättä tiedä, miksi toimii tietyllä tavalla. Toiminta voi silti olla taitavaa metakognitiivista toimintaa, koska tällöin oppija suuntaa energiaansa vaativampiin toimintoihin. [Iiskala ja Hurme, 2006]

*Metakognitiivinen tieto persoonasta* tarkoittaa oppijan tietoja ja uskomuksia itsestään ja muista oppijoista ajattelijana. Se voi käsittää oppijan tiedon vahvuuksistaan ja heikkouksistaan. *Metakognitiivinen tieto tehtävästä* merkitsee yksilön käsityksiä tehtävästä ja siihen liittyvän informaation luonteesta. Metakognitiivisella tiedolla strategiasta tarkoitetaan, että oppija tietää esimerkiksi, miten hänen on tarkoituksenmukaista edetä oppimistehtävässä. [Iiskala ja Hurme, 2006]

Sekä Iiskala ja Hurme [2006] että Lehtelä [2001] tuovat esille myös toisen tutkimuksessa esiintyvän jaottelun metakognitiiviselle tiedolle. Tässäkin jaottelussa metakognitiivinen tieto jaetaan kolmeen eri osaan: deklaratiiiviseen, proseduraaliseen ja konditionaali-

seen tietoon. Deklaratiivinen tieto sisältää tiedon itsestä oppijana sekä tiedon tekijöistä, jotka vaikuttavat omaan suorittamiseen. Proseduraalinen tieto määrittelee kykyä suorittaa annettu tehtävä. Konditionaalinen tieto tarkoittaa tulkintaa siitä, milloin ja miksi käyttää deklarativista ja proseduraalista tietoa. [Lehtelä, 2001]

Sen sijaan metakognitiivisen taidon määrittelyssä tutkijoiden näkemykset ovat yhtenevämmät. Metakognitiivinen taito katsotaan kognitioiden säätelyksi, jonka voi ajatella koostuvan suunnittelusta, tarkkailusta ja arvioinnista (kuva 3). [Iiskala ja Hurme, 2006; Lehtelä, 2001]

### **Metakognitio teknologisessa oppimisympäristössä**

Mikäli oppijalla on oppimisvaikeuksia ja taustalla on heikko metakognitiivinen taju, oppimista voidaan tukea metakognitiivisen ajattelun kehittämällä. On osoittautunut, että metakognitioita voidaan tukea myös teknologioiden avulla. Tällöin virtuaaliseen oppimisympäristöön luodaan oppimista ja oppilaan omaa ajattelua tukevia rakenteita, joiden avulla oppilas voi ratkaista tehtäviä mutta ilman niitä hän ei kykenisi niitä ratkaisemaan. [Iiskala ja Hurme, 2006]

### **Scaffolding ja lähikehityksen vyöhyke**

Scaffolding tarkoittaa, että ohjaaja tukee oppijan ajattelu- ja oppimisprosesseja tarkoituksenmukaisesti ja riittävästi auttamaan oppijaa itse ratkaisemaan ongelman [Wood *et al.*, 1976]. Scaffolding on merkittävä tuettaessa oppijan metakognitiota. Scaffolding on säädeltävää ja väliaikaista tukea. Se perustuu Vygotskyn [1982] esittämään ajatukseen ns. lähikehityksen vyöhykkeestä, joka tarkoittaa oppilaan työskentelemistä tuettuna kykyjensä ylärajoilla ajattelua vaativien tehtävien ratkaisemisessa niin, ettei hän pystyisi ratkaisemaan kyseisiä ongelmia ilman tukea.

*”Teknologisessa oppimisympäristössä scaffolding voidaan rakentaa siten, että se auttaa oppijaa suuntautumaan tehtävään, organisoii tehtävän rakennetta, kiinnittää oppijan huomion ongelmanratkaisun kannalta kriittisiin vaiheisiin esimerkiksi apukysymysten avulla tai tekee ajattelua enemmän näkyväksi visualisoimalla oppimisen eri vaiheita, mallintamalla eksperttien ajattelua sekä tukemalla oppijoiden välistä keskustelua ja vuorovaikutusta.”* [Iiskala ja Hurme, 2006]

## Kognitiiviset tuet

Edellä mainittua oppimisen ohjattua tukemista eli scaffoldingia voidaan lähikehityksen vyöhykkeellä edistää kognitiivisten tukien avulla. Ensimmäisenä idean kognitiivisesta tuesta ovat esittäneet Bruner ja muut [1956]. Kognitiivisten tukien tarkoituksena on auttaa oppijaa suoriutumisessa ja oppimisessa jossain kognitiivisessa tehtävässä. Tämä voi tapahtua muistia ja metakognitiota tukemalla tai kognitiivista kuormitusta jakamalla, jolloin oppilaan on mahdollista suunnata enemmän huomiotaan ylemmän tason ajatteluun. Toiseksi oppilaille voidaan sallia osallistuminen sellaisiin kognitiivisiin toimintoihin, joihin hänellä ei ilman tukia olisi mahdollisuuksia. Kolmanneksi oppilasta voidaan tukea hypoteesien luomisessa ja testaamisessa ongelmanratkaisutilanteissa. [Iiskala ja Hurme, 2006]

### 2.3. Metakognitio itsesäätelyssä

*”Modernin näkemyksen mukaan oppimista säätelee oppijan oma käsitys siitä, onko hän omaa toimintaansa ohjaava subjekti vai ohjaako hänen toimintaansa ulkopuoliset tekijät”* [Ruohotie, 2000]. Oppijan oman toiminnan ohjaamista kutsutaan termillä itsesäätely (engl. self regulation). Mm. Lehtelä [2001] käyttää itsesäätelystä oppimisen yhteydessä määritelmää: *”Itsesäätelyllä tarkoitetaan oppilaan kykyä tarkkailla omaa tietoaan ja prosessejaan sekä niiden pohjalta kykyä ohjata ja suunnitella omaa oppimistaan”*.

Motivaatio riippuu kyvystä säädellä itseään sekä harkitsevasta itsetietoisuudesta, joka mahdollistaa omien ajatusprosessien ja kokemusten arvioimisen. Useimmissa itseohjattavaa oppimista kuvaavissa malleissa itsesäätelyn oletetaan olevan tietoisista. Se voi kuitenkin joissakin tapauksissa olla automaattistakin; esim. sanomalehteä luettaessa ei useinkaan valita tietoisesti lukutapaa. Tämän vuoksi itsesäätely ei ole aina tarkoituksellista, kompleksista tai metakognitiivista, vaan se voi olla muutoinkin kehittynyt automaattiselle ja yksinkertaiselta näyttävälle tasolle. [Ruohotie, 1998].

Vaikka kehittyneen itsesäätelyn ei välttämättä tarvitse olla metakognitiivista, edellyttää strategisen toiminnan kehittyminen oppijan tulemista tietoisiksi kognitiivisesta toiminnastaan ja työskentelyn säätelijöistä ja vaikutuksista [Ruohotie, 1998]. Strategisella toiminnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä kohtalaisen laaja-alaisia ja toiminnallisesti monimutkaisia tiedonmuokkausprosesseja, jotka vaikuttavat oppimistapahtumassa sekä määrällisesti että laadullisesti [Ruohotie, 2000]. Työskentelyn metakognitiivinen säätely on tuettavissa erilaisin kysymyksin, jotka voivat kohdistua oppimisprosessin eri vaihei-

siin. Taulukossa 1 mainitaan Schraw:n [1998] luettelemat kysymykset. On huomattava, että ulkoapäin asetetut kysymykset eivät ole yhtä tehokkaita kuin oppilaiden itse tuottamat kysymykset [Lehtelä, 2001].

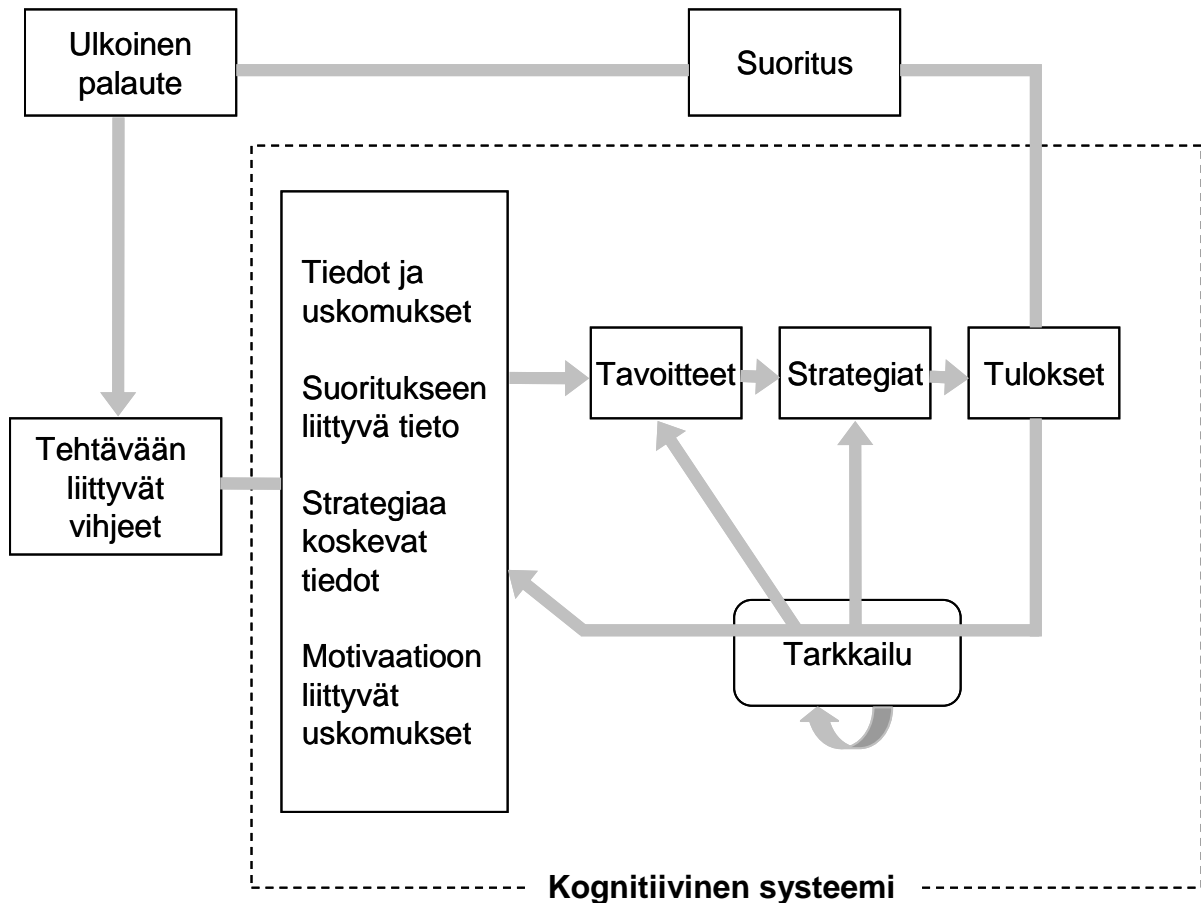
<b>Suunnittelu</b>	<b>Tarkkailu</b>	<b>Arviointi</b>
1. Mikä on tehtävän luonne?	1. Onko minulla selkeä käsitys siitä mitä teen?	1. Olenko saavuttanut päämäärän?
2. Mikä on oma oppimisen tavoitteeni?	2. Onko tehtävällä merkitystä?	2. Mikä asia toimi?
3. Millaisia strategioita ja tietoja tarvitsen tehtävän suorittamiseen?	3. Saavutanko asettamani päämäärät?	3. Mikä puolestaan ei toiminut?
4. Kuinka paljon aikaa ja resursseja tarvitsen?	4. Joudunko tekemään muutoksia?	4. Miten voin tehdä asiat paremmin seuraavalla kerralla?
	5. Olenko ymmärtänyt kaiken?	

Taulukko 1. Oppimisprosessin metakognitiivista säätelyä tukevat kysymykset [Schraw, 1998].

Kohdan 2.2. alussa mainitut tarkkailu ja arviointi katsotaan oleellisimmiksi prosesseiksi itsesäätelyssä. Itse asiassa Lanin [1996] mukaan itsesäätely on mahdollista ainoastaan, kun oppilas tarkkailee ja arvioi omaa oppimistaan ja siihen liittyviä toimintoja. Tämä on ristiriidassa Ruohotien [1998] automatisoituneen, ei metakognitioon perustuvan itsesäätelyn kanssa. Tarkkailun ja arvioinnin voidaan ristiriidasta huolimatta katsoa olevan itsesäätelyn kannalta tavoittelemisen arvoisia metakognitiivisia toimintoja ja taitoja.

Ruohotie [2000] esittelee useita oppimisen itsesäätelyn malleja, joista kuvassa neljä havainnollistetaan Butlerin ja Winnien [1995] mallia.





Kuva 4. Oppimisen itsesäätelymalli [Butler and Winnie, 1995].

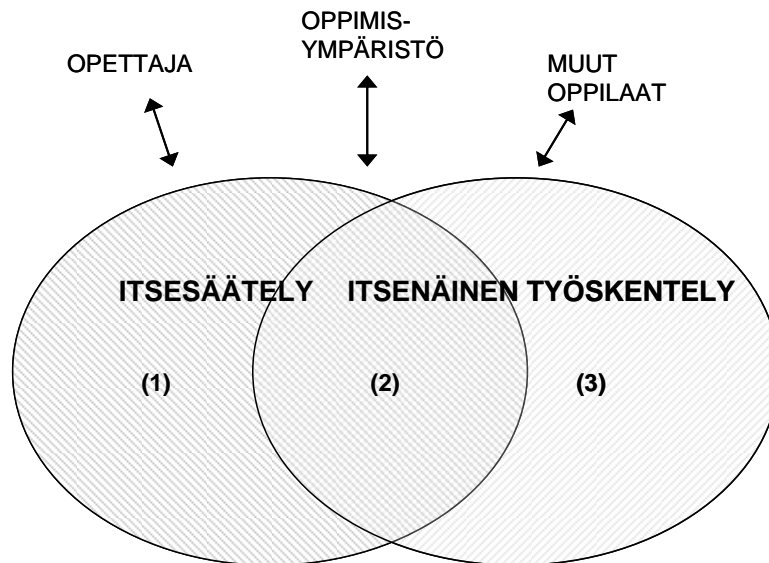
Mallissa oppija arvioi ensin tehtävään liittyviä tietoja ja uskomuksia. Tämän jälkeen hän määrittelee tavoitteet, valitsee sopivaksi katsomansa menetelmät tai strategiat, soveltaa kyseisiä menetelmiä tai strategioita ja tarkkailee ja arvioi tuloksia. Oppijan tarkoituksena on parantaa ymmärtämis-, ennustamis- ja kontrollointitaitoa sekä oppia lisää, välttää epämiellyttäviä tilanteita tai vain suoritua tehtävästä mahdollisimman vähällä vaivalla. Kun oppija tarkkailee ja ohjaa omaa toimintaansa, hän parantaa ja lisää koko ajan itsesäätelyn erilaisia tapoja. [Ruohotie, 1998]

Ruohotie [1996] vetoaa tutkimustulosten perusteella suunnittelemaan opetusjärjestelyt siten, että ne mahdollistavat sekä itsesäätelytaitojen omaksumisen että itseohjauksen, aloitteellisuuden ja itsearvioinnin. Hän listaa itsesäätelyn parantamiskeinot seuraavasti:

- oppijan tietoisuutta omasta toiminnasta, motivaatiosta ja kognitiosta on lisättävä
- oppijan tulee sisäistää myönteisiä motivationaalisia uskomuksia
- opettajan tulee tarjota oppilaille itsesäätelyn malleja
- oppilaiden on voitava harjoitella erilaisten oppimisstrategioiden hyödyntämistä
- oppimistehtävien tulee mahdollistaa monipuolista itsesäätelyä.

## 2.4. Itsesäätelyn ja itsenäisen työskentelyn ero

Kuvassa viisi havainnollistetaan, miten oppilaan itsesäätely [Ruohotie, 1996; Lehtelä, 2001] ja itsenäinen työskentely suhtautuvat toisiinsa oppimisprosesseissa.



Kuva 5. Oppilaan itsesäätelyn ja itsenäisen työskentelyn suhde oppimisprosessissa.

- (1) Oppilas käyttää itsesäätelyyn perustuvia oppimisstrategioita. Samalla hän hyödyntää aktiivisesti kaikkia käytettävissä olevia resursseja, kuten muita oppilaita, opettajaa tai oppimisympäristön itsesäätelyä tukevia prosesseja oppimisensa edistämiseksi.
- (2) Oppilas toimii kuten ensimmäisessä vaihtoehdossa, mutta hän ei hyödynnä muita ihmisiä oppimisensa edistämiseksi. Sen sijaan hän voi käyttää virtuaalisen oppimisympäristön itsesäätelyä tukevia prosesseja hyväkseen.
- (3) Oppilas toimii itsenäisesti, mutta hän ei hyödynnä muiden ihmisten tukea eikä itsesäätelyä oppimisympäristön tukemana tai ilman.

Edellinen kuvaus on voimakas pelkistys käytännöstä. Kuvaus auttaneekin ymmärtämään, ettei itsesäätelyllä ja itsenäisellä työskentelyllä tarkoiteta samaa asiaa. Itsesäätelävä oppija katsotaan omaa toimintaansa ohjaavaksi subjektiksi eikä ulkopuolisten tekijöiden ohjaamaksi [Ruohotie, 2000]. Käytännössä itsesäätelyn ja itsenäisen työskentelyn aste voi vaihdella ja tilojen väliset erot hämärtyvät. Olennaista on, että itsesäätelyn harjoittaminen oppimisessa edistää oppilaan oppimaan oppimisen taitoja ja on siten tavoiteltava asia [Ruohotie, 1996].

## 2.5. Itsesäätelyn kehitystä tukevia periaatteita

Vauras ja muut [2006] ovat koonneet useista eri tutkimuksista itsesäätelyn kehitystä tukevien opetuksellisten periaatteiden luettelon. Luettelo on tehty oppimisvaikeuksia silmällä pitäen, mutta periaatteet ovat yleistettävissä. Samoin periaatteet koskevat kaikenlaisia oppimisympäristöjä – myös virtuaalisia. Oppimisympäristölle asetetut vaatimukset ovat seuraavat:

- 1) Oppija voi toimia oppimistilanteessa arvojensa, tavoitteidensa ja kiinnostuksensa mukaan. Oppimisympäristössä oppilaalla on mahdollisuus tehdä omia valintoja ja säädellä toimintaansa koskien tavoitetasoa, oppimisessa käytettävää aineistoa, osatavoitteiden asettamista, ajankäyttöä ja oppimistulosten arviointia. Tällä pyritään aktivoimaan keskeistä itsesäätelyn osaa: minäjärjestelmän tahdonalaisen oman toiminnan ohjauksen muodostumista.
- 2) Oppimisympäristö edistää oppimistavoitteiden ja -sisältöjen liittymistä oppijan omiin arvoihin ja mielenkiinnon kohteisiin sekä kiinnostusta herättäviin ympäristön vihjeisiin. Tällä tuetaan oppijan omaa älyllistä ja tunnepohjaista kiinnostusta ja siten edistetään tilannekohtaisen toiminnan tahdonalaista ohjausta.
- 3) Oppimisympäristö edistää ulkoisten motiivien (kyky- ja kilpailutavoitteet) korvautumista sisäisillä ja yhteisöllisesti jaetuilla motiiveilla. Tätä tukevat yhteistoiminnalliset työmuodot ja suoritusarvioinnin korvaaminen prosessi- ja itsearvioinneilla.
- 4) Oppimisympäristö tukee joustavien ja tasa-arvoisten suhteiden kehittymistä oppijoiden ja ohjaajan kesken. Tämä tapahtuu mm. oppijan ja ohjaajan toimintojen vastavuoroisuuden harjaannuttamisella.
- 5) Kun palaute on johdonmukaista, säännöllistä ja yksilöllistä, oppijalle vahvistetaan ennustettavuutta ja autonomian tunnetta sekä pyritään parhaaseen mahdolliseen responsiivisuuteen eli yksilölliseen ja oikea-aikaiseen tukeen ja ohjaukseen.
- 6) Oppimisympäristössä huomioidaan herkästi oppijan yksilöllisyys ja hänen toimintansa muutokset ja taidon rakentuminen. Yksilölliset ominaisuudet ovat luonteeltaan kognitiivisia, motivationaalisia, emotionaalisia ja sosiaalisia.
- 7) Oppimisympäristö säätelee joustavasti oppijan toiminnan tarvitsemää tilannekohtaista tukea mahdollistaen mahdollisimman vähäisen mutta riittävän ulkoisen kontrollin.

- 8) Oppimisympäristö edistää oppijan itsesäätelyä ja sisäistä motivoitumista vastaamalla oppijan erilaisiin toiminnan suuntautumisiin kaikissa suorituksen vaiheissa eli ennen suoritusta, suorituksen aikaan ja suorituksen jälkeen. Toiminnan suuntautuminen voi olla tehtäväsuuntautunutta, riippuvuutta osoittavaa tai persoonaa puolustavaa.
- 9) Oppimisympäristö edistää oppijan emotionaalista itsesäätelyä vastaten oppijan tunneilmaisuihin tilanteeseen sopivalla reaktiolla.

### 3. Tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen matematiikan opetuksessa

Tässä luvussa tarkastellaan tieto- ja viestintätekniiikan (TVT) hyödyntämistä matematiikan opiskelussa ja opetuksessa ensisijaisesti peruskoulun ylempien luokkien tarpeet huomioiden. Luvussa käsitellään yksittäisiä tai rajattuja soveltamisalueita, mutta kiinnostuksen kohteena ovat enemmän järjestelmät, joilla pyritään kokonaisvaltaisempaan opetuksen ja oppimisen prosessien tukemiseen. Tällöin useimmiten kyseeseen tulevat oppimisalustat eli virtuaaliset oppimisympäristöt. Luku aloitetaankin virtuaalisen oppimisympäristön käsitteen määrittelyllä. Seuraavassa kohdassa tarkastellaan TVT:n opetuskäyttöä matematiikassa Euroopassa perustuen Eurydicen raporttiin [Eurydice, 2011]. Kohdassa 3.3. tehdään katsaus erilaisiin matematiikan opiskeluun tai opetukseen soveltuviin tietojärjestelmiin, täyttivätpä ne sitten virtuaalisen oppimisympäristön vaatimukset tai eivät. Yhteenvedossa poimitaan peruskoulun matematiikan opetuksen kannalta kiintoisat vapaasti käytettävät tai avoimen lähdekoodin oppimisympäristöt kohdassa 6.3. tehtävää virtuaalisten oppimisympäristöjen vertailua varten.

#### 3.1. Virtuaalisen oppimisympäristön määrittelyä

Sanalla *oppimisympäristö* (engl. *learning environment*) ymmärretään oppimiseen liittyväksi fyysisen ympäristön, psyykkisten tekijöiden ja sosiaalisten suhteiden kokonaisuudeksi, jossa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat [Opetushallitus, 2004, s.18]. WWW-pohjaista oppimisalustaa eli virtuaalista oppimisympäristöä (engl. *virtual learning environment, VLE* tai *learning management system, LMS*) Piccoli ja muut [2001] kuvailevat seuraavasti:

- riippumattomuus aikarajoituksista
- riippumattomuus maantieteellisestä sijainnista
- pääsy laajoihin resursseihin
- työkalukokoelma oppimismateriaalien käyttämiseen ja vuorovaikutukseen oppimisympäristöön osallistujien kesken
- vuorovaikutus oppijoiden kesken sekä oppijoiden ja ohjaajien välillä
- mahdollisuus rakentaa joustavaa ja yksilöllisiä ohjausta.

Virtuaalisia oppimisympäristöjä voi ajatella käytettävän lähiopetuksessa, monimuoto-opetuksessa ja itseopiskelussa. Tässä tutkielmassa ollaan kiinnostuneita virtuaalisen oppimisympäristön käytöstä lähiopetuksessa.

### **3.2. Tieto- ja viestintätekniiikan käyttö matematiikan opetuksessa**

Seuraava yhteenveto TVT:n opetuskäytöstä matematiikan opetuksessa Euroopassa perustuu Eurydicen raporttiin [Eurydice, 2011]. ” *Eurydice-verkko tuottaa tietoa ja analyyskejä Euroopan koulutusjärjestelmistä ja -linjauksista. Vuodesta 2011 lähtien verkostoon on kuulunut 37 kansallista yksikköä kaikista 33:sta EU:n elinikäisen oppimisen ohjelmaan osallistuvasta maasta (EU:n ja EFTA:n jäsenvaltiot sekä Kroatia ja Turkki). Verkostoa koordinoi ja hallinnoi Brysselissä sijaitseva EU:n koulutuksen, audiovisuaalialan ja kulttuurin toimeenpanovirasto, joka vastaa sen julkaisuista ja tietokannoista.*” [Opetushallitus, 2011]

Raportin mukaan vain vähemmistö opettajista on sisällyttänyt tieto- ja viestintäteknikkaa matematiikan opetukseen. TVT:n käyttö opetuksessa on kuitenkin joko määrätty tai suositeltu keskusjohtoisesti kaikissa jäsenvaltioissa. Kuvaukset vaihtelevat hyvin yksityiskohtaisista ohjeista yleisiin suuntaviivoihin. Raportissa todetaan TIMMS-tutkimuksen tietoihin perustuen 57 %:lla neljäsluokkalaisista ja 46 %:lla kahdeksaluokkalaista olleen matematiikan oppitunnilla pääsy tietokoneille vaihteluvälin ollessa suuri Tanskan 95 %:sta aina Kyproksen 10 prosenttiin asti. Käytettävissä olevien tietokoneiden määrä eri Euroopan maissa vaihtelee myös erittäin paljon, kuten myös niiden käytön ohjeistuksen tarkkuus. Korkeasta saatavuudesta huolimatta käyttöaste on voinut olla alhainen. Esimerkiksi Liettuassa 73 prosentilla kahdeksannen luokan oppilaista olisi ollut pääsy tietokoneille, mutta ainoastaan 5 % oppilaista käytti tietokoneita puolelta tai enemmällä määrällä oppitunneista. Eniten tietokoneita hyödynnettiin Alankomaisissa (30 %) ja Englannissa (10 %) ja Skotlannissa (20 %).

### **3.3. Matematiikan opetukseen soveltuvia WWW-sivustoja**

Tässä tarkasteltavilta sivustoilta edellytetään vapaastikäytettävyyttä tai avointa lähdekoodia. Tämä ehto rajaa mielekkäiden sivustojen joukon minimiin. Esiteltävät sivustot eivät välttämättä täytä virtuaalisen oppimisympäristön määrittelyä.

### Suomenkielisiä

- Opetus.tv on sivusto, johon on koottu ja on jatkuvasti tulossa lisää luonnontieteellisiä opetusvideoita. Videot ovat muutaman minuutin kestoisia. Ensisijaisesti sivustolla on aineistoa lukio-opiskeluun, mutta myös peruskoulun ylempien luokkien opetusvideoita löytyy. Sivuston esikuvana on Khan-akatemia [Khan-akatemia, 2012] alkuperäinen idea opetusvideoiden jakamisesta. [Opetus.tv, 2012]
- Mansoftin matematiikan peruskoulun oppimäärän kertaus. [Mansoft, 2012]
- E-math -projektissa tavoitteena on julkaista vapaasti käytettävä oppimisympäristö, joka sisältäisi lukion ensimmäisen vuoden oppimäärän ja antaisi mahdollisuuden laajentaa sisältöjä peruskouluun. Projektin on määrä valmistua vuonna 2013. [E-math, 2012]

### Englanninkielisiä

- Khan-akatemia on vapaasti käytettävä sivusto, jonka toiminta on alkanut opetusvideoiden jakamisella. Tällä hetkellä se tarjoaa myös matemaattisia harjoituksia, joiden tulokset tallentuvat järjestelmään. Käyttäjän on mahdollista valita toinen käyttäjä ohjaajaksi (coach), jolloin ohjaajalla on mahdollisuus tarkastella kyseisen käyttäjän opintosuorituksia. [Khan-akatemia, 2012]
- Geogebra on vapaastikäytettävä sivusto, jolla käyttäjä voi laatia myös itse omille sivustoilleen upotettavia sovelmia (applet). Alkujaan sovelmat olivat ainoastaan geometriasta, mutta tätä nykyä myös algebralliset ominaisuudet ovat mahdollisia. Sivustolla ei ole harjoituksia, mutta GeoGebraTube:sta löytyy 23000 erilaisista käyttäjien laatimaa ja jakamaa demonstraatiota. Geogebra on saatavissa myös suomenkielisenä; myös suomenkielisiä sovelmia on saatavissa. [Geogebra, 2012]
- EDU 2.0 on virtuaalisen oppimisympäristön tunnusmerkit täyttävä verkkopalvelu, joka on ilmainen 2000 oppilaaseen saakka. Kuitenkin esimerkiksi raportit ovat toiminto, joka on ilmainen ainoastaan testijakson ajan. Sisältöjä ei ole, joten opettajan tulee ne tuoda tai luoda itse. [EDU 2.0, 2012]
- BBC:n opetussivut sisältävät teoriaa ja kyselyjä, jotka ohjelmisto tarkistaa. Sivusto ei sisällä tulosten muistiin tallentamista. [BBC, 2012]

Erilaisista digitaalisista oppimisresursseista ja -palveluista on koostettu yhteenveto liitteessä yksi. Tiedot on koottu European Schoolnetin palvelussa Insight [Insight, 2012] julkaistuista maakohtaisista raporteista. European Schoolnet on kolmenkymmenen pääosin eurooppalaisen opetusministeriön verkosto, jonka tarkoitus tarjota opetuksen ja oppimisen innovaatiota sidosryhmilleen: opetusministeriöille, kouluille, opettajille ja tutkijoille [European Schoolnet, 2012]. Maakohtaisissa raporteissa esitellyistä sivustoista ei noussut esiin yhtään erityistä kokonaisvaltaista matematiikan opetukseen soveltuvaa oppimisympäristöä. Useissa yhteyksissä oli esillä joitakin resursseja; useimmiten ne olivat esimerkkejä tai teoriaa. Espanjalainen Descartes-niminen [Descartes, 2013] palvelu oli kiintoisa, mutta sekään ei täyttänyt virtuaalisen oppimisympäristön vaatimuksia.

### **3.4. Vertailtaviksi valittavat oppimisympäristöt**

Internetissä on lukemattomia matematiikan opiskeluun soveltuvia yksittäisiä tehtäviä tai toimintoja tai muutoin alueeltaan rajallisia palveluja. Mm. European Schoolnetin – 30 pääosin eurooppalaisen opetusministeriön muodostaman verkoston – resurssisivulta, Learning Resource Exchange [LRE, 2012], on nelisen tuhatta linkkiä 12 – 16 -vuotiaiden matematiikan opiskeluun tarkoitettuun resurssiin. Kuitenkaan peruskoulun ylempien luokkien matematiikan opettamiseen soveltuvia vapaastikäytettäviä tai avoimeen lähdekoodiin perustuvia sivustoja, jotka tukisivat kokoaikaista opiskelua ja opettamista, en löytänyt suomenkieltä tukevana ainuttakaan.

Kun virtuaaliseen oppimisympäristöön lisätään matematiikan opettamiseen soveltuvat sisällöt, on mahdollista käyttää ko. oppimisympäristöä kokoaikaiseen opetukseen. Näistä virtuaalisista oppimisympäristöistä Moodle [Moodle, 2012] on kiintoisin, koska se on yksi maailman johtavista oppimisympäristöistä ja erittäin laajasti käytössä myös Suomessa.

Toiseksi kohteeksi kohdassa 6.2. tehtävää arviointia varten on sen englanninkielisyydestä huolimatta valittu matematiikkaan erikoistunut oppimisympäristö, Khan-akatemia [Khan-akatemia, 2012].

#### **Moodle**

Moodle on virtuaalisen oppimisympäristön (VLE) tunnusmerkit täyttävä ohjelmistokokonaisuus Internet-pohjaisten kurssien ja WWW-sivujen laatimiseksi. Se on avoimeen



lähdekoodiin perustuvana asennettavissa kaikille tietokoneille, joissa on ajettavissa PHP ja jotka tukevat SQL-tyyppisiä tietokantoja kuten MySQL. [Moodle, 2012]

Moodlen ydin on toimintoja ja resursseja sisältävissä kursseissa, jotka kurssin järjestelyistä vastaava käyttäjä laatii. Noin 20 erilaista toimintotyyppiä on saatavilla (keskustelupalstat, sanastot, wikit, tehtävänannot, kyselyt, äänestykset, tietokannat, jne.) ja ne kaikki on muunneltavissa. Suurin hyöty toimintoihin perustuvasta mallista tulee yhdistelemällä toimintoja jaksoiksi ja ryhmiksi, jotka auttavat kurssilaisen ohjaamista oppimispolkujen kautta. Kukin toiminto on rakennettavissa edellisen tuloksiin perustuen. [Moodle, 2012]

Moodle ilmoittaa oppimisenäkemyksensä perustuvan sosiaaliseen konstruktionismiin, jossa oletuksena on tiedon sosiaalinen rakentuminen. Tämä näkemys on Moodlessa tiivistetty seuraaviin periaatteisiin [Moodle, 2012]:

- Kaikki me olemme potentiaalisia opettajia yhtä lailla kuin oppijoitakin – todellisessa yhteistyöympäristössä olemme molempia.
- Opimme erityisen hyvin esittämällä tai ilmaisemalla jotain toisten nähtäväksi.
- Opimme paljon havainnoiden vertaistemme tekemisiä.
- Ymmärtämällä toisten taustan, voimme opettaa edistyksellisemmin (konstruktivismi).
- Oppimisympäristön tulee olla joustava ja sopeutumiskykyinen, jotta se voisi nopeasti vastata osallistujien tarpeisiin.

### **Khan-akatemia**

Khan-akatemia on yleishyödyllinen organisaatio, jonka tavoitteena on tehdä opetus paremmaksi tarjoamalla vapaan maailmanluokan opetuksen jokaiselle kaikkialla. Kaikki sivuston resurssit ovat ilmaiseksi kaikkien saatavilla. [Khan-akatemia, 2012].

Khan-akatemia sai alkunsa, kun akatemian perustaja Salman Khan alkoi opettaa serkkuaan verkon välityksellä jakaen pian aloitettuaan opetuksensa Youtubessa. 3200 videota muodostaa edelleenkin oleellisen osan palvelua, mutta siihen on lisätty myös dynaamisia harjoituksia. Käyttäjä saa pisteitä tehdyistä harjoituksista. Käyttäjä voi myös laatia itselleen opiskelusuunnitelmia, joiden edistymistä hän voi tarkkailla järjestelmän kautta.

Ilmoittamalla järjestelmässä toisen käyttäjän opettajakseen, on myös hänen mahdollista tarkkailla oppilaan työskentelyn etenemistä.

Khan-akatemia [Khan-akatemia, 2012] ilmoittaa periaatteikseen oppitunneilla:

- Opetuksen yksilöllistäminen korvaamalla ”yksi sopii kaikille” -luennot itse määritellyllä opiskelemisella.
- Mastery learning [Bloom, 1984] -lähestymistapa oppimisen kannalta kriittisten tietojen ja taitojen omaksumiseen (jokainen oppija käyttää aikaa niin paljon kuin hän tarvitsee oppiakseen käsitteen täysin).
- Oppimisympäristöjen kehittäminen opiskelijoiden yhteiseen ongelmanratkaisuun ja toinen toistensa ohjaamiseen.
- Opettajan ohjauksen kohdistaminen opiskelijoiden yksilöllisiin tarpeisiin.
- Reaaliaikaisen oppilaan toiminnan seurannan ja sen raportoimisen tarjoaminen opettajille.

#### 4. Suunnittelutieteellinen tutkimusote

Suunnittelutieteellisen tutkimusotteen (engl. design science) peruseriaatteet tietojärjestelmätieteissä linjattiin Hevnerin ja muiden [2004] julkaisemassa artikkelissa. Tämä oli merkittävä tapahtuma; kyseinen tutkimusote sai lisää hyväksyntää tiedeyhteisössä tietojärjestelmätieteiden kenties arvostetuimmassa lehdessä tapahtuneen julkaisemisen kautta. Silti näkökulma on edelleenkin kiistanalainen erityisesti Pohjois-Amerikassa [Kuechler and Vaishnavi, 2008]. Esimerkiksi March ja Smith [1995] edellyttävät sekä suunnittelutieteellistä että luonnontieteellistä tutkimusotetta varmistamaan, että tietojärjestelmätutkimus on olennaista ja tuloksellista.

Suunnittelutieteellinen tutkimus eroaa suunnittelusta siten, että siinä ratkotaan tärkeitä käytännöllisiä ongelmia ainutlaatuisella tai kekseliäällä tavalla tai kehitetään tehokkaampia tai vaikuttavampia sovelluksia aiemmin keksittyihin ratkaisuihin. Suunnittelututkimus kohdistuu hankaliin ongelmiin, niiden vaatimusten määrittämiseen. [Hevner *et al.*, 2004]

Tutkimus voi edetä epäteoreettisesti siten, että intuitiivisesti ja kokeellisesti ohjattu suunnittelu voi lähentää käytännöllisten tavoitteiden saavuttamista teoreettisen perustan määrittämisen seurattessa vasta toteutuksen jälkeen [Hevner *et al.*, 2004].

Teoreettista perustaa voitaisiin tarkastella esimerkiksi kasvatustieteiden suunnittelutieteellisestä (engl. educational design research) näkökulmasta. Tässä luvussa kasvatustieteiden suunnittelutieteelliseen näkökulmaan perehdytään sen jälkeen, kun on ensin kohdassa 4.1. käsitelty Hevnerin ja muiden [2004] määrittelemät suuntaviivat suunnittelutieteelliselle tutkimusotteelle tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta. Viimeisessä kohdassa (4.4.) määritellään suunnittelutieteellinen ote tämän tutkimuksen tutkimusmetodiksi.

##### 4.1. Tietojärjestelmätieteiden suunnittelutieteellinen tutkimusote

Tutkimuksen tekemisen perustaksi voidaan ottaa Hevnerin ja muiden [2004] määrittelemät tietojärjestelmän (engl. information system, IS) suunnittelun tutkimuksen seitsemän ohjetta. Seuraavassa luettelossa ohjeet esitetään Kuechlerin and Vaishnavin [2008] mukailemana.

1. *Artefaktin luominen.* Tuloksen on oltava tarkoituksenmukainen tietojärjestelmä-  
artefakti merkittävään käytännön ongelmaan.
2. *Ajankohtaisuus.* Tietojärjestelmän tulee tuottaa merkityksellistä tietämystä ja  
ymmärrystä, joka mahdollistaa teknologiaperustaisen kehityksen ja toteutuksen  
tärkeään, ennalta ratkaisemattomaan käytännölliseen ongelmaan.
3. *Arviointi.* Artefakti on arvioitava tieteellisesti hyvin toteutetuilla arviointimene-  
telmillä.
4. *Edistyminen.* Tehokkaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen tulee tarjota selkeää  
edistymistä suunnitellun artefaktin alueella, kehittämisen tietämyksessä ja / tai  
arvioinnissa.
5. *Tasapaino.* Mitä enemmän tutkimusasettelusta rajataan tekijöitä tutkimuksen  
täsmällisyyden saavuttamiseksi, sitä etäämmälle loitonnutaan todellisuudesta.  
Pyrkimykset tutkimuksen täsmällisyyteen eivät saa häivyttää sen käytännöllistä  
merkitystä.
6. *Ratkaisun on toimittava.* Suunnittelu on tehokkaan ratkaisun etsimistä. Etsimi-  
nen edellyttää keinojen (toimenpiteet ja resurssit) hyödyntämistä toivottuun lop-  
putulokseen (tavoitteet ja rajoitukset) pääsemiseksi huomioiden ympäristössä  
sellaiset rajoitteet, joihin ei voida vaikuttaa. On oleellista huomioida, että etsi-  
minen on iteratiivinen prosessi, jonka pyrkimyksenä on tarkentaa kehitystyössä  
suunnittelun keinoja, tarkoituksia ja lakeja.
7. *Tulosten esitleminen.* Tutkimustulokset tulee esitellä sekä tekniselle että arte-  
faktia hyödyntävälle yleisölle.

#### **4.2. Kasvatustieteiden suunnittelutieteellinen tutkimusote**

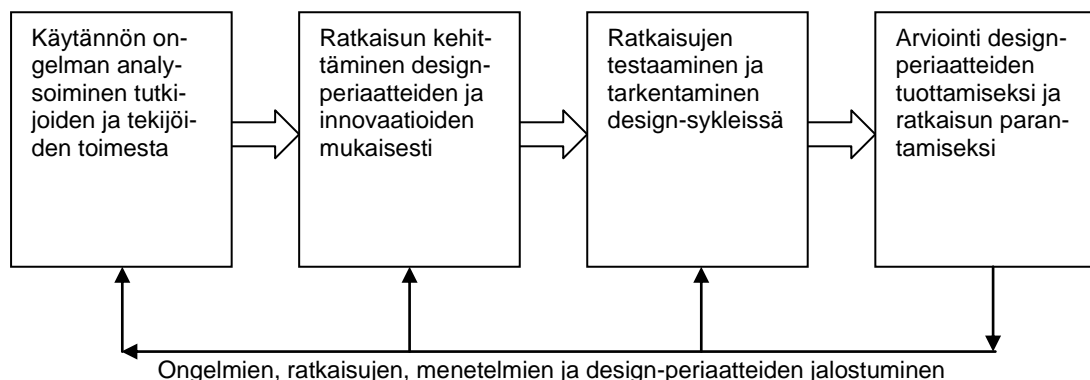
Edellä esiteltiin suhteellisen uutta, kiisteltyäkin tietojärjestelmätieteen suunnittelutie-  
teellistä tutkimusotetta. Vastaavasti kasvatustieteissäkin on ilmentynyt tarvetta uuteen,  
oppimisen suunnittelutieteelliseen (engl. educational design research) lähestymistapaan.  
On huomattava, että oppimisen suunnittelutiedettä nimetään aiemmin mainitun ”educa-  
tional design research” -käsitteen lisäksi mm. seuraavin sanoin: ”design-based re-  
search”, ”development research”, ”design experiments” tai ”formative research” [Ree-  
ves, 2006]. Oppimisen suunnittelutieteellisen tutkimusotteen tarpeellisuutta van den  
Akker ja muut [2006] perustelevat kolmella kohdalla:

1. Tutkimuksen kasvatustieteellisen ja käytännöllisen merkityksellisyyden kasvat-  
taminen, koska perinteistä kasvatustieteellistä tutkimusta on kritisoitu heikosta  
yhteydestä käytäntöön.

2. Käytäntöön perustuvien teorioiden kehittäminen tieteellisen kunnianhimon tyydyttämiseksi.
3. Pyrkimys lisätä suunniteltujen käytänteiden rotevuuutta. Monet kekseliäät ratkaisut sisältävät tiedostamattomia päätöksiä ja tieteellisellä lähestymisellä on tarkoitus tehdä nuo päätökset näkyvämmäksi.

Kuvassa kuusi havainnollistetaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen etenemistä. Ensimmäisessä vaiheessa sekä tutkijat että toimijat analysoivat ongelmaa. Tämän jälkeen pyritään kehittämään ratkaisu, jota testataan ja tarkennetaan ns. design-sykleissä. Neljännessä vaiheessa ratkaisua arvioidaan, jotta sitä saataisiin parannettua ja tuotettua uusia suunnitteluperiaatteita. Kaikissa prosessin vaiheissa on takaisinkytkentä edellisiin vaiheisiin. Reevesin [2006] mukaan yksi perustavimmista suunnittelutieteellisen tutkimuksen eduista on se, että se edellyttää käytännön toimijoita ja tutkijoita työskentelemään yhdessä todellisten opetuksen ja oppimisen ongelmien ja suunnitteluperiaatteisiin perustuvien ratkaisuehdotusten määrittelemisessä ja testaamisessa sekä ratkaisuehdotuksen että suunnitteluperiaatteiden jalostamisessa kunnes kaikki osapuolet ovat tyytyväisiä. Suunnittelutieteellinen tutkimus ei ole toimintaa, jota itsenäinen tutkija voi ohjata eristyksissä käytännöstä.

On luontevaa varmistaa, että prosessi tulee tehtyä kunnioittaen loppujen lopuksi opettajien ja oppilaiden kohtaamien ongelmien selvittämistä. Ja on ideaalista sopeuttaa ja luoda ratkaisuja samanaikaisesti suunnittelumallien ja -periaatteiden selkeyttämisen kanssa. Tässä tutkimuksessa tuo vuoropuhelu toteutuu siten, että tämän tutkielman kirjoittajana tarkastelen toteuttamaamme järjestelmää oppimisen suunnittelutieteellisestä näkökulmasta.



Kuva 6. Design-tutkimuksen rakenne [Reeves, 2006].

### 4.3. Kasvatustieteiden suunnittelutieteellisen tutkimuksen tunnusmerkkejä

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen käytänteet vaativat intensiivistä ja pitkäkestoista yhteistyötä tutkijoiden ja käytännön toteuttajien kesken. Suunnittelutieteellinen tutkimus integroi käytännön ongelmien ratkaisujen kehittelyn oppimisympäristöihin yksilöiden uudelleenkäytettäviä suunnitteluperiaatteita. Edelleen van den Akker ja muut [2006] kuvailevat oppimisen suunnittelutieteellistä tutkimusta seuraavasti:

- puuttuvaa (engl. interventionist): tutkimuksen tavoitteena on suunnittelu tosielämän tarkoituksiin
- iteratiivista: tutkimus on syklissä toistuvaa suunnittelua, arviointia ja uudistusten julkaisemista
- prosessikeskeistä: mustalaatikko syöte – tuloste -mallia vältetään; huomio on ymmärtämisessä ja intervention parantamisessa
- hyötyä tavoittelevaa: osa suunnittelun tuloksista mitataan todellisessa kontekstissa käyttäjien kokemusten perusteella
- teoriasuuntautunut: suunnittelu pohjautuu ainakin osittain teoreettisiin oletuksiin; kenttätestit myötävaikuttavat teorian kehittelyyn.

Van den Akker ja muut toteavat [2006] Barabin ja Squiren [2004] yleistävän kasvatuksen design-tutkimuksen määrittelyn sarjaksi tutkimuksia aikomuksena kehittää uusia teorioita, artefakteja ja käytänteitä, jotka selittävät ja mahdollisesti vaikuttavat oppimiseen ja opetukseen luonnollisessa ympäristössään.

### 4.4. Suunnittelutieteellinen tutkimusote tämän tutkimuksen metodina

Kuten luvun alussa todettiin, tutkimus voi edetä luonnontieteellisen tutkimusotteen vastaisesti siten, että intuitiivisesti ja kokeellisesti ohjattu suunnittelu voi lähentää käytännöllisten tavoitteiden saavuttamista teoreettisen perustan määrittelemisen seurattessa vasta toteutuksen jälkeen [Hevner *et al.*, 2004]. Tässä tutkimuksessa on juuri tämä tilanne; kuusivuotisen intuition ja kokeilujen varassa edistyneen artefaktin teoreettista perustaa mallinnetaan kohdassa 5.4. ja suunnittelua ohjanneita periaatteita kirjoitetaan näkyväksi kohdissa 5.2. ja 5.3..

## 5. Math.fi - matemaattisen ajattelun oppimisympäristö

Tässä luvussa perehdytään tarkemmin varsinaiseen tutkimuksen kohteeseen, virtuaaliseen oppimisympäristöön math.fi. Luvussa kuusi sitä tullaan vertailemaan aiemmin luvussa kolme esiteltyihin oppimisympäristöihin.

### 5.1. Taustaa

Tämäntyyppisten hankkeiden takaa löytyy useimmiten joku tai jotkut innostuneet tekijät; niin on nytkin. Työskennellessäni Oriveden yhteiskoulun matematiikan ja tietotekniikan lehtorina aloimme yhdessä kollegani, maantieteen ja biologian lehtori Sauli Hartikaisen kanssa kevättalvella 2006 kehittää tieto- ja viestintäteknikkaa – käytännössä Internetiä – hyödyntävää oppimisympäristöä. Seuraavana vuonna (v. 2007) Opetushallitukselta hankkeeseen saamamme apuraha oli ehkä merkittävämpi psykologisesti kuin taloudellisesti. Se antoi meille uskoa pyrkimystemme yhteiskunnalliseenkin arvoon henkilökohtaisten intressiemme lisäksi ja kannusti jatkamaan työskentelyä oman toimmemme ohella ilman tuntipalkkoja. Kirjaa emme ole tunneista pitäneet, mutta karkean arvion mukaan palkattomien työtuntien lukumäärää kuuden vuoden aikana olisi tuhansien suuruusluokkaa.

Jälkikäteen on huomattavissa tehdyn työn noudattavan design-tutkimuksen vaiheita varsin selkeästi, tarkastellaanpa sitten oppimisen ja opetuksen mallin tai järjestelmän kehittämistä. Tämän tutkielman laatiminen edustaa tutkimusprosessissa vaihetta, jossa ratkaisua arvioidaan design-periaatteiden tuottamiseksi ja ratkaisun parantamiseksi (kuva 6).

Ennen kuin tartuimme käytännön toimeen, maltoimme perehtyä aiheeseen liittyvään tutkimukseen. Huhtikuussa 2006 laatimassamme suunnitelmassa [Kiema ja Hartikainen, 2006] käytimme lähteinä yhdeksää eri teosta koskien mm. metakognitioiden tukemista luokkatyöskentelyssä [Annevirta ja Iiskala, 2003], näkökulmia matematiikan opettamiseen ja oppimiseen [Räsänen *et al.*, 1997] sekä tietenkin PISA-tutkimuksiin liittyvää aineistoa [Kupari ja Välijärvi, 2005]. Oletettavasti myös laaja-alainen ja poikkitieteellinen taustamme on vaikuttanut pedagogisiin periaatteisiimme ja valitsemiimme ratkaisumalleihin [Wahlstedt, 2007]. Jo tuolloin laatimassamme suunnitelmassa on kirjattuna edelleen voimassa oleva päämäärä: ”*Opiskelijalle opetetaan ajattelemisen taitoja: kontrolloimaan itse ajatteluaan ja käyttämään erilaisia ongelmanratkaisustrategioita. Täl-*

*löin varsinainen matemaattisten mallien ja ratkaisujen opiskeleminen muuttuu itsenäiseksi ja itseohjautuvaksi, jolloin opettajan resurssit vapautuvat matemaattisten mallien opettamisesta matemaattisen ajattelun taitojen opettamiseen ja opiskelijan tukemiseen oppimisvaikeuksissa.”*

Kehittämistä on tehty sykleinä sekä koko järjestelmän kuin sen osienkin kohdalla. Järjestelmän tekninen kohentaminen ja pedagoginen parantelu ovat luonnollisesti kulke-  
neet rinnakkain; sekä teknologiaa koskevia että pedagogisia ratkaisuja on tehty saman-  
aikaisesti. Aluksi sivustoon tarvittava PHP-koodi koetettiin laatia kokonaan itse. En-  
simmäiset sivut sijoitettiin web-hotelliin. Sivustoon viitattiin domain-nimellä matema-  
tiikka.net. PHP- ja HTML-koodia tuli käytettyä sekaisin ilman erityisiä suunnittelumal-  
leja. Alusta pitäen taustalla oli edelleenkin käytössä oleva MySQL-tietokanta. Tietokan-  
taratkaisu oli tämän päivän tietämyksellä arvioiden yllättävänkin kypsä, mikä viitannee  
myös tietomallin hyvään jäsentymiseen alusta pitäen. Tosin tietokantaan tallentuneet  
käyttäjätiedot pyyhittiin huhtikuussa 2011 yli ja toiminta aloitettiin siltä osin alusta.  
Tietoturvasta ei voinut puhua, kun sitä ei ollut. Toisessa vaiheessa järjestelmä laadittiin  
Mediawikin oheen. Mediawikin avulla pystyttiin tarjoamaan päätason käyttöliittymä ja  
käyttäjähallinta. Näin päästiin syksyllä 2009 Oriveden yhteiskoulun kahden seitsemän-  
nen luokan oppilasryhmän kanssa kokoaikaiseen opiskeluun järjestelmää hyödyntäen.  
Kolmas kokonaisvaltainen kehityssykli alkoi, kun syksyllä 2010 oppimisympäristöä  
alettiin kehittää Tampereen yliopiston tietojenkäsittelyopin projektityökurssilla [Pora-  
nen, 2011]. Kehitystyössä ryhdyttiin käyttämään CakePHP-ohjelmistokehystä. Sen  
myötä ohjelmiston arkkitehtuuri muuttui merkittävästi paremmaksi. Huhtikuussa 2011  
julkaistiin tämä uusi järjestelmä, johon osoittaa domainnimi math.fi. Nämä sivustot si-  
joitettiin virtuaalipalvelimelle. Julkistaminen tuli viime hetkellä, koska pilottikäytössä  
olleeseen Mediawikiin perustuvaan järjestelmään alkoi ilmaantua sopimatonta aineistoa.  
Toista projektityökurssin projektia lukuvuonna 2011 – 2012 [Mäkiäho and Poranen,  
2012a] voidaan pitää kolmanteen sykliin kuuluvana. Samassa yhteydessä sivuston ilme  
uusittiin kokonaan ammattigraafikoiden suunnitellessa sivuston ulkoasun ja kuvittaessa  
sen. Projektityökurssille osallistuneet opiskelijat vastasivat toteutuksesta. Kehitystyö  
jatkuu edelleen lukuvuonna 2012 – 2013 projektityökurssilla. Projektissa hyödynnetään  
tämän tutkielman laatimisesta saatuja tuloksia.



Vastaavasti kuten tekninen kehitys on tapahtunut sykleittäin, myös pedagogisesti on ollut erilaisia vaiheita. Esimerkiksi alkuvaiheessa oppilaita veloitettiin työskentelemään kotona tietokoneella. Ennen tätä oli tietenkin varmistettu vanhemmilta, että se olisi mahdollista. Vähitellen tämä alettiin kokea kodeissa rasittavaksi ja tästä toimintatavasta luovuttiin. Tälläkään hetkellä ei edellytetä kotityöskentelyä tietokoneella. Ajatus itsenäisestä opiskelun lisäämisestä johti myös siihen, että vähensimme opetuksestamme merkittävästi opettajajohtoista teorian opettamista. Tämä osoittautui huonoksi ratkaisuksi, kun tuolloin emme tarjonneet vaihtoehtoa teoriaopetukseen. Niin aloimme laatia opetusvideoita, joita jaoimme aluksi DVD:llä. Verkossa julkaisemista viivyteltimme osittain epäillessämme Youtuben soveltuvuutta lasten ja nuorten kanavaksi. Opetushallituksen esimerkin rohkaisemana kynnys julkaista opetusvideoita aleni niin, että tällä hetkellä Sauli Hartikaisen Youtuben-kanavalla [Hartikainen, 2013] on 169 opetusvideota. Lisäksi olemme sopineet Juha Pietiläisen ja Janne Cederbergin [opetus.tv, 2012] kanssa oikeudesta upottaa heidän opetusvideoitaan oppimisympäristöömme.

Tämän opinnäytetyön tekeminen on jatkoa syksyllä 2010 alkaneelle Koulutusrahaston rahoittamalle puolentoista vuoden mittaiselle opintovapaalleni. Aiempien opintojeni vuoksi pääsin Tampereen yliopistossa suoraan tietojenkäsittelytieteiden ohjelmistokehityksen maisteriohjelmaan. Opintojen edettyä hyvin, saatoinkin keskittyä päätoimiseen tutkielman tekemiseen kevätlukukaudella 2012 Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiön apurahan turvin.

## **5.2. Oppimisympäristön pedagogiset tavoitteet ja periaatteet**

Tässä kohdassa esitellään pedagogiset periaatteet ja tavoitteet, jotka ovat ohjanneet suunnittelua. Yhdessä kohdassa 5.4 esiteltävän teoreettisen mallin kanssa ne muodostavat sen pedagogisen kokonaisuuden, jonka voi ajatella olevan tämän oppimisympäristön oppimiskäsityksen.

### **Pedagogisena päämääränä oppimaan oppiminen**

Yhteiskunnassa korostetaan nykypäivänä oppijoilta jatkuvaa muutoskykyä [Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2010]. Perinteinen opettajajohtoinen opetusmuoto tukee huonosti siihen tarvittavien taitojen harjoittamista. Oppimisympäristön hyödyntämisessä onkin tarkoitus tukea oppilasjohtoista työskentelyä ja antaa oppilaalle mahdollisuus johtaa itse omaa opiskeluaan, opetella oppimista. Itsensä johtamisessa metakognitiiviset taidot [Flavell, 1976] ovat erityisen tärkeitä [Lehtelä, 2001]. Ja päinvastoin: antamalla oppilaal-

le mahdollisuus harjoittaa itsenäistä ohjautumista, hän harjoittaa metakognitiivisia ja itsesäätelytaitojaan [Ruohotie, 1996].

### **Järjestelmän tuki saadaan oppimispäiväkirjan metatietoihin perustuen**

Tietojärjestelmä tukee oppilaan työskentelyä antamalla automaattista ohjausta ehdottaen seuraavia toimenpiteitä. Käytännössä tämä tarkoittaa ehdotusta seuraavasta vihkotehtävästä tai drillistä tai opetusvideoon tutustumisesta. Automaattinen ohjaus perustuu oppilaiden työskentelystä ja siinä menestymisestä tallennettuihin tietoihin, joita tässä yhteydessä kutsutaan metatiedoiksi. Ne voivat olla oppilaan itse tekemiä muistiinpanoja tai järjestelmän automaattisesti tuottamia kuvauksia työskentelystä ja siinä menestymisestä. Oppilaan itse tekemä arviointi harjoittaa metakognitiivisia taitoja ja siksi pelkästään itsearviointi on arvokas vaihe [Ruohotie, 1996]. Osittain itsearvioinnista saataviin ja osittain automaattisesti syntyviin metatietoihin perustuva ohjaus on ohjelmiston oleellinen piirre. Koska sekä oppimisympäristöltä automaattisesti saatava tuki että metakognitiivisen ajattelun kehittäminen perustuu metatietoihin, on erittäin tärkeää tukea ja kannustaa oppilasta tekemään huolellisia huomioita toiminnastaan, ajatuksistaan, tuntemuksistaan ja motivaatiostaan. Harjoittelun myötä merkintöjen tekemisestä tulee helppoa ja luontevaa. Motivoimista ja ohjausta merkintöjen tekemiseen oppilas voi saada sekä järjestelmältä että opettajalta. Myös kavereiden toiminnan näkyminen järjestelmässä kannustaa oppilasta omassa työskentelyssään.

### **Oppimisympäristö jatkuvasti käytettävissä**

Järjestelmää ja menetelmää on kehitetty alusta alkaen ajatellen, että oppimisympäristö olisi oppilaiden käytettävissä kokoaikaisesti eli jokaisella oppitunnilla ja koko oppitunnin ajan. Perusteluna on se, että näin järjestelmän avulla voidaan tarjota tuki kohdassa 2.3. mainituille oppilaan itsesäätelylle ja metakognitiiviselle ajattelulle. Jotta järjestelmään tallentuisi tarvittavat merkinnät työskentelystä oppilaan itsesäätelyn tukemiseksi, on järjestelmää käytettävä kokoaikaisesti.

Kokoaikaisen opiskelun mahdollistamiseksi oppimisympäristöä käyttäen sisällöissä on pyritty kattavuuteen sekä teoria-aineiston että harjoitusten osalta. Näin painetun oppikirjan rooli on muuttunut opiskelua täydentäväksi käsikirjaksi.

Oppimisympäristöä on mahdollista käyttää mielekkäästi myös esimerkiksi silloin tällöin opettajajohtoisena kirja- ja vihkotyöskentelyyn perustuvan matematiikan opiskelun vaihteluksi ja täydennykseksi. Satunnainen oppimisympäristön käyttäminen ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista itsesäätelyn kehittämisen kannalta.

### **Oppimisympäristö käytössä ilman erillisiä asennuksia**

Oppimisympäristön sijainti Internetissä vapaastikäytettävänä antaa mahdollisuuden opiskella myös koulun ulkopuolella. On olemassa oppimisympäristöjä, jotka vaativat erillisiä asennuksia sille laitteelle, jolta sitä käytetään. Käyttö on haluttu tehdä tässä suhteessa mahdollisimman helpoksi ja joustavaksi.

### **Teoriaopetuksen perusta opetusvideoissa**

Kuten kohdassa 4.1. on mainittu, aloimme tuottaa opetusvideoita alkuvaiheessa saatujen kielteisten kokemusten vauhdittamana. Opetusvideoista tulleen myönteisen palautteen kannustamana olemme tuottaneet videoita kattamaan koko lailla peruskoulun ylempien luokkien valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden [Opetushallitus, 2004] sisällöt. Todettakoon, että videoiden tuottamisen aloitimme ennen kuin olimme kuulleetkaan Khan-akatemiasta [Khan-akademia, 2012] tai kotimaisista matematiikan opetusvideoiden tekijöistä [Opetus.tv, 2012].

### **Harjoitusten ratkaisujen tekeminen vihkoon**

Oppimisen kannalta on tärkeää, että oppilas kielentää ratkaisunsa vaiheet [Joutsenlahti, 2012]. Koska matemaattinen kirjoittaminen on tietokoneella edelleen hyvin hankalaa, on tarkoituksenmukaista, että oppilaat laativat tehtävien ratkaisut vihkoon.

### **Vihkoon tehtyjen ratkaisujen itsearviointi oppilaan toimesta**

Järjestelmässä on malliratkaisut vihkotehtäviin. Oppilas arvioi itse ratkaisuaan tehden tässä yhteydessä aiemmin mainitut päiväkirjamerkinnot tehtävän ratkaisemiseen liittyen. Tällä saavutetaan kaksi erittäin merkittävää etua. Ensinnäkin kohdan 2.5. luettelon kohdassa kolme todetaan suoritusarvioinnin korvaamisen prosessi- ja itsearvioinneilla tukevan itsesäätelyn kehitystä. Itsearviointi nostaa kohdan 2.3. lopussa Ruohotien mainitsemaa oppijan tietoisuutta omasta toiminnastaan. Toinen merkittävä etu on tekninen; oppilaan itsearvioinnista järjestelmään tallentuu tarvittavaa informaatiota ohjauksen ja pa-

lautteen perustaksi. Lisäksi päiväkirjamerkintöjen kautta opettajan on mahdollista tarkkailla oppilaan edistymistä, kun oppimisprosessi tulee näkyvämmäksi.

### **Yksinkertaisten kognitiivisten prosessien harjoittaminen drillein**

Klassiset tietokoneen arpomat ja tarkistamat tehtävät kuuluvat oppimisympäristöön. Ideana on harjoituttaa tiettyä suhteellisen yksinkertaista matemaattista kognitiivista prosessia. Esimerkiksi ympyrän pinta-alan laskemisen harjoittamisessa tietokone arpoo, ilmoitetaanko lähtöarvona säde vai halkaisija ja arpoo ko. muuttujalle arvon. Kone tarkistaa käyttäjän vastauksen, antaa palautteen ja pitää kirjaa onnistumisista. Näitä harjoituksia, joihin käyttäjä antaa ainoastaan vastauksen kutsutaan drilleiksi, koska oppilas tekee kerralla sarjan vastaaventyyppisiä tehtäviä. Drillin tekemistä voi tarkastella kuvan neljä mukaisena kognitiivisena systeeminä. Suoritus on lyhyt, palaute välitön ja kierros toistetaan useita kertoja. Näin pyritään automatisoimaan toiminta yksinkertaisissa matemaattisissa tehtävissä, jotta oppilas voisi suunnata energiansa vaativampiin toimintoihin, kuten kohdassa 2.2. Iiskalan ja Hurmeen [2006] todetaan mainitsevan.

### **Tekemisen jakaminen**

Tällä hetkellä järjestelmässä on kaveritoiminto, jonka avulla oppilas voi jakaa kavereiden kesken harjoituspäiväkirjamerkinnot eli harjoituksista tallentuneet metatiedot. ”*Yhteisöllistä työskentelyä ei tueta yhteistyön vuoksi, vaan sen takia, että se käynnistää tehokkaita oppimisen mekanismeja*”, sanovat Pönkä ja Impiö [2009].

### **Matemaattinen esittäminen Geogebra**

Geogebra [Geogebra, 2012] on vapaasti käytettävä www-ohjelmisto matemaattiseen esittämiseen. Oppimisympäristössä Geogebraa on hyödynnetty kaikissa sisältömuodoissa eli opetusvideoissa, vihkotehtävissä ja drilleissa.

### **Selkeä esitystapa**

On tarpeen kiinnittää huomiota oppimisympäristön kognitiiviseen kuormittavuuteen. Löfström ja muut [2008] suosittelevat, että oppimisympäristön tulee olla sitä selkeämpi ja yksinkertaisempi mitä monimutkaisempi ja vaativampi opittava asia on kyseessä ja mitä vähemmän oppijalla on aiheeseen ja oppimisympäristön käyttöön liittyviä tietoja ja taitoja. Ohjeistus on annettu yliopiston opettajille. On selvää, että kohderyhmän ollessa koko perusopetuksen ikäluokka, selkeän esitystavan merkitys korostuu.

## **Kansainvälisyys**

Järjestelmä tukee kielen vaihtamista oppimisympäristössä.

## **Seurauksena muuttuva opettajuus**

Menestyksellinen opettaminen em. periaatteita noudattaen edellyttää opettajajohtoiseen opetukseen totuneelta opettajalta muutosta monella eri tasolla [Ilomäki, 2008]. Tutkielman luonteen ja tarkoituksen vuoksi tarkempi opettajan roolin muutoksen tarkastelu kuitenkin sivuutetaan tässä tutkimuksessa.

### **5.3. Palvelun tarjoamisesta ja sen kehittämisestä**

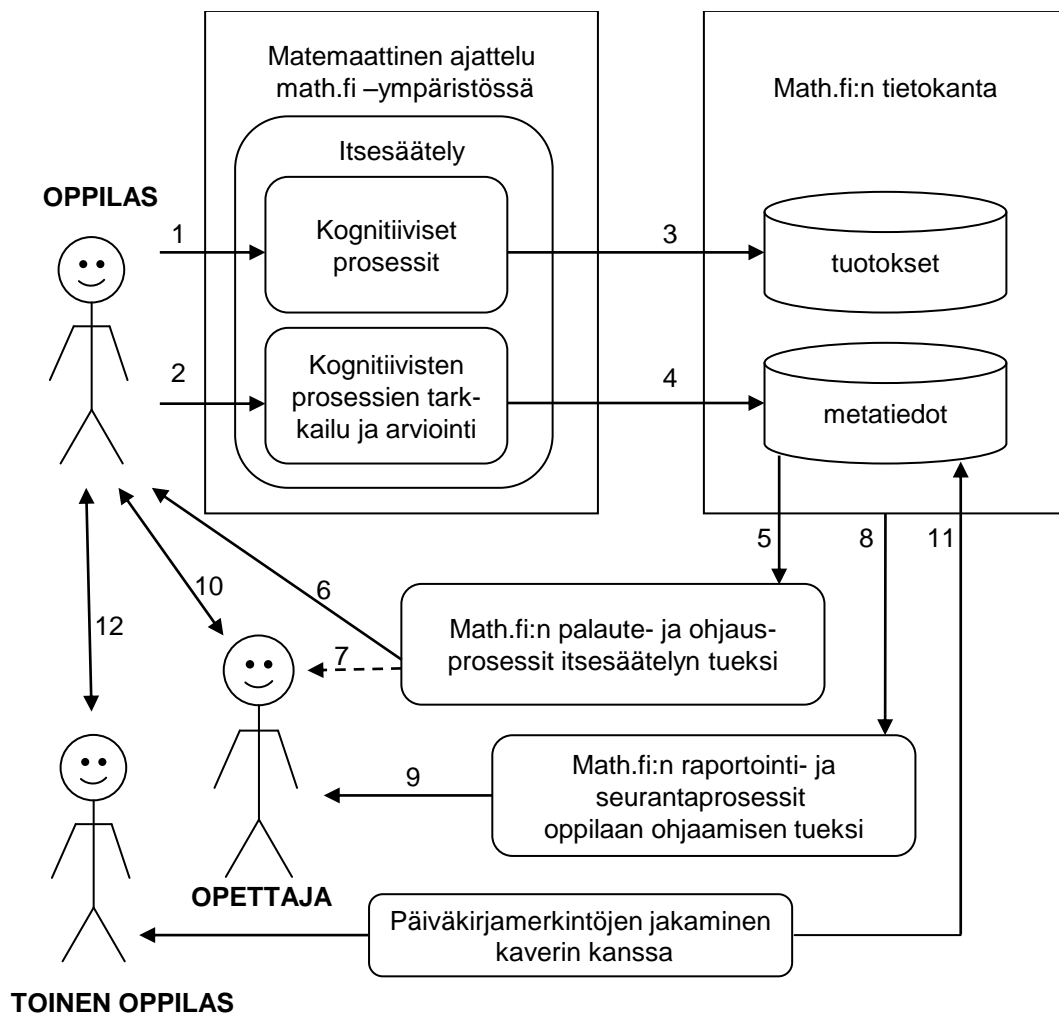
Oppimisympäristöä on kehitetty Opetushallituksen ja Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiön tuella. Opetushallitus tukee hanketta edelleen vuosina 2013 – 2014. Rahoittajat ovat edellyttäneet oppimisympäristön vapaata käytettävyyttä.

Wahlstedt [2007] toteaa tutkimuksessaan, että virtuaalisten oppimisympäristöjen laamiseen osallistuvien sidosryhmien (opettajat, suunnittelijat, sisällöntuottajat, oppilaat, jne.) edustajilla on omat ainutlaatuiset, kuitenkin tunnetuihin teorioihin liittyvät oppimiskäsityksensä, jotka vaikuttavat kehitettävään oppimisympäristöön. Lisäksi hän toteaa, että koska oppimiskäsitykset muuttuvat ajassa ja ihmiset toimivat muuttuvassa ympäristössä, tulisi tietojärjestelmät – myös oppimista tukevat – kehittää jatkuvan muutoksen pohjalta. Tämän vuoksi järjestelmän muunneltavuus on merkittävä laadullinen ominaisuus. Päämääränämme onkin jatkuva oppimisympäristön kehittäminen ja avoimuus muutokselle.

Jossain vaiheessa kehittämistä nousi esiin kysymys oppimisympäristön rakentamisen tarkoituksenmukaisuus verrattuna siihen, että käytettäisiin jotain tarjolla olevaa alustaa kuten Moodlea. Moodlen perustuessa sosiokonstruktivistiseen oppimiskäsitykseen [Moodle, 2012] se ei tue itsesäätelyä ja oppilasjohtoisuutta. Näiden piirteiden kehittäminen on periaatteessa mahdollista Moodleenkin sen ollessa avointa lähdekoodia. Lopullisen vahvistuksen päätöksemme oikeellisuudesta saimme kuultuamme vaikeuksista, joita Moodlea hyödyntäneellä projektiryhmällä [Mäkiäho and Poranen, 2012b] oli ollut Moodlen puutteellisesta dokumentoinnista ja sekavalta tuntuneesta toteutuksesta johtuen.

#### 5.4. Malli matemaattisen ajattelun tukemisesta math.fi -oppimisympäristössä

Tässä kohdassa esitellään malli matemaattisen ajattelun tukemisesta math.fi -oppimisympäristössä. Malli perustuu oppimisen teoriaan, erityisesti metakognition ja metakognition osuuteen itsesäätelyssä. Tärkeimpänä mallin kehittämistä ohjaavana päämääränä on ollut kohdan 2.5. luettelossa ensimmäisenä mainittu pyrkimys aktivoida keskeistä itsesäätelyn osaa: minäjärjestelmän tahdonalaisen oman toiminnan ohjauksen muodostumista.



Kuva 7. Malli matemaattisen ajattelun tukemisesta math.fi -oppimisympäristössä.

Mallin selitys sekä toteutettujen ratkaisujen kuvailua:

- 1) Oppilaan kognitiivinen ajattelu [Vygotsky, 1982] aktivoituu. Tietyn *kognitiivisen prosessin* valitseminen voi perustua oppilaan omaan suunnitelmaan, järjestelmän (6) tai opettajan (10) ehdottamaan toimenpiteeseen tai muuhun ulkoiseen tai sisäiseen ärsykkeeseen. *Kognitiivisia prosesseja* ovat:

- opetusvideon katsominen
  - muuhun teoriaan, esim. pdf-dokumentteihin, perehtyminen
  - vihkotehtävän ratkaiseminen
  - vihkotehtäväratkaisun tarkistaminen
  - drillin tekeminen.
- 2) Oppilaan metakognitiivinen ajattelu [Flavell, 1976] aktivoituu. Vaikka oppilaan kognitiivinen ajattelu olisi aktivoitunut, ei siitä välttämättä seuraa sitä, että hän käyttäisi itsesääteilyyn liittyviä oppimisstrategioita. Itsesääteilyyn perustuvien strategioiden aktivoitumiseksi järjestelmässä on seuraavia *kognitiivisten prosessien tarkkailuja ja arviointeja*:
- oppilas merkitsee videon katsotuksi ja kirjoittaa kommentteja videosta
  - oppilas arvioi omaa vihkotehtäväänsä (kuva 8)
  - oppilas merkitsee kommentteja drilliharjoituksesta.
- 3) Oppilas tallentaa kognitiivisen prosessin tuotokset tietokantaan. Järjestelmään tallentuu seuraavia *tuotoksia*:
- oppilas tallentaa ehdotuksen vihkotehtävän vastauksesta
  - videoon ja drilliin liittyvän kommentin sisällöstä riippuu, onko se luonteeltaan kognitiivisen vai metakognitiivisen prosessin tulos.
- 4) Oppilas tallentaa ajattelun arvioinnin tulokset tietokantaan. Näitä kutsutaan *metatiedoiksi*. Kun oppilas tallentaa omat arviointimerkintänsä, järjestelmässä tallentuu myös automaattisesti tietoa oppilaan suorituksesta. Tässä yhteydessä näitäkin kutsutaan *metatiedoiksi*. *Metatietoja* ovat:
- sellaiset videon katseluun liittyvät kommentit, jotka sisältävät arviointia oppijan omasta ajattelusta
  - vihkotehtävän tekemiseen liittyvät päiväkirjamerkinnät (kuva 8)
  - sellaiset drillin tekemiseen liittyvät kommentit, jotka sisältävät arviointia oppijan omasta ajattelusta
  - automaattisesti tallentuvat drilliharjoitusten pisteet.
- 5) Math.fi:n tietokannasta noudetaan tiedot, jotta voidaan toteuttaa *math.fi:n palaute- ja ohjausprosessit itsesääteilyn* [Lehtelä, 2001] *tueksi*. Palaute- ja ohjausprosessit ovat seuraavia:
- Järjestelmä muodostaa kouluarvosanan oppilaan menestyksestä tietyssä aiheessa (esimerkiksi kertolasku murtoluvuilla). Arvosana perustuu sekä oppi-

laan itsearviointiin että järjestelmään automaattisesti tallennettuihin merkin-  
töihin.

- Järjestelmä laatii ehdotuksen seuraavaksi tehtäväksi toimenpiteeksi. Ehdotus perustuu samoihin tietoihin kuin edellä.
- 6) Edellä mainittujen palautteen ja ehdotuksen näyttäminen oppilaalle.
  - 7) Opettaja voi nähdä oppilaalle annettavan palautteen ja ehdotuksen. Tätä ei ole toteutettu vielä.
  - 8) Math.fi:n tietokannasta noudetaan tiedot, jotta voidaan toteuttaa *math.fi:n raportointi- ja seurantaprosessit oppilaan ohjaamisen tueksi*. Raportointi- ja seuranta-  
prosessit ovat seuraavia:
    - Järjestelmä laatii yhteenvedon opetusryhmän suorituksista tietyssä aiheessa (esimerkiksi kertolasku murtoluvuilla).
    - Järjestelmä laatii yksityiskohtaisen raportin tietyn oppilaan suorituksista ja päiväkirjamerkinnoista.
  - 9) Edellä mainittujen raporttien näyttäminen opettajalle.
  - 10) Oppilaan ja opettajan välinen vuorovaikutus. Päämääränä on oppilaan itsenäisyyden ja oppimaan oppimisen tukeminen. Opettajalla on erittäin merkittävä asema itsesääätelyn toteutumisessa oppimisessa [Gravemeijer and Cobb, 2006]. Opettajan toimintaa ohjaa ajatus oppilaan työskentelyyn puuttumisesta vain tarvittaessa ja tällöinkin kohdaten oppilas tasa-arvoisesti, kuten kohdan 2.5. luettelon kohdassa neljä mainitaan. Näin oppilaan on mahdollista kokea, että hän on oma toimintaansa ohjaava subjekti kohdassa 2.3. mainitulla tavalla.
  - 11) Järjestelmässä oppilaat voivat luoda kaveruussuhteita, jolloin he jakavat reaaliaikaisesti päiväkirjamerkinnot. Kuvassa molempiin suuntiin piirretyt nuolet havainnollistavat molemminpuolisuutta.
  - 12) Oppilaiden välinen vuorovaikutus kasvoista kasvoihin esim. oppitunnilla.



### Tee päiväkirjamerkintä

Tehtävä oli:  helppo  
 sopiva  
 vaikea

Ratkaisuni oli:  oikein  
 osittain oikein  
 virheellinen

Tehtävä on minulle:  selvä  
 yhä epäselvä

Kommentti:

Kuva 8. Kuvaruutukaappaus vihkotehtävän itsearviointista.

### Math.fi:n palaute- ja ohjausprosessit itsesäätelyn tueksi

Oppilas voi tällä hetkellä pyytää järjestelmältä aihekohtaisesti kahdenlaista informaatiota itsesäätelyn tueksi: menestysarvion kouluarvosanana ja ehdotuksen seuraavasta toimenpiteestä.

Tietokannasta luetaan tällöin:

- luettelo mahdollisista aiheen opetusvideoista
- opetusvideoihin liittyvät käyttäjän päiväkirjamerkinnät
- luettelo mahdollisista aiheen vihkotehtävistä
- vihkotehtäviin liittyvät käyttäjän päiväkirjamerkinnät
- luettelo mahdollisista aiheen drilleistä
- drilleihin liittyvät käyttäjän päiväkirjamerkinnät.

Opetusvideoiden katsomiseen liittyvä tieto on ainoastaan se, onko käyttäjä merkinnyt videon katsotuksi vai ei. Videon katsotuksi merkitseminen vastaa kouluarvosanaa kymmenen ja merkinnän puuttuminen vastaa kouluarvosanaa neljä. Aiheen videoiden katsomisesta muodostuu estimaatti (v) näiden arvosanojen keskiarvona.

Palautteessa huomioitavat vihkotehtävän tiedot ovat oppilaan itsearviointi tehtävässä menestymisestä ja itsearviointi siitä, onko oppilas merkinnyt ymmärtäneensä ratkaisun vai ei (kuva 8). Kunkin vihkotehtävän viimeisin merkintä huomioidaan. Aiheen vihko-

tehtävien harjoittelun estimaatti ( $t$ ) muodostuu yksittäisten vihkotehtävien pisteiden keskiarvona. Yksittäinen vihkotehtävä pisteytetään seuraavasti:

- tehtävä merkitty oikeaksi ja ymmärretyksi 10
- tehtävä merkitty oikeaksi mutta ei ymmärretyksi 9
- tehtävä merkitty osittain oikeaksi ja ymmärretyksi 8
- tehtävä merkitty osittain oikeaksi mutta ei ymmärretyksi 7
- tehtävä merkitty vääräksi mutta ymmärretyksi 6
- tehtävä merkitty vääräksi eikä ymmärretyksi 5
- tehtävästä ei ole päiväkirjamerkintää 4.

Drilleihin liittyvistä tiedoista luetaan oppilaan viimeisimmän päiväkirjamerkinnän onnistumisprosentti. Aiheen drillien harjoittelun estimaatti ( $d$ ) muodostuu drillien tulosten keskiarvona, kun yksittäinen drilli pisteytetään seuraavasti:

- onnistumisprosentti 91 % – 100 % 10
- onnistumisprosentti 76 % – 90 % 9
- onnistumisprosentti 61 % – 75 % 8
- onnistumisprosentti 46 % – 60 % 7
- onnistumisprosentti 31 % – 45 % 6
- onnistumisprosentti 20 % – 30 % 5
- onnistumisprosentti vähemmän kuin 20 % tai drilliä ei ole tehty 4.

Kouluarvosana lasketaan tämän jälkeen funktion  $K(v,t,d)$  mukaan seuraavasti:

- Aiheessa on vain videoita  $K(v,t,d) = v$
- Aiheessa on vain vihkotehtäviä  $K(v,t,d) = t$
- Aiheessa on vain drillejä  $K(v,t,d) = d$
- Aiheessa on vain videoita ja vihkotehtäviä  $K(v,t,d) = 0,2d + 0,8t$
- Aiheessa on vain videoita ja drillejä  $K(v,t,d) = 0,25v + 0,75d$
- Aiheessa on vain vihkotehtäviä ja drillejä  $K(v,t,d) = 0,6t + 0,4d$
- Aiheessa on videoita, vihkotehtäviä ja drillejä  $K(v,t,d) = 0,1v + 0,55t + 0,35d$ .

Toinen ohjauksen muoto on oppilaan järjestelmältä saama ehdotus toimenpiteeksi arvosanan korottamiseksi. Kun oppilaalla on olemassa aiheesta jokin merkintä tai joitakin merkintöjä, järjestelmä antaa linkin edellä esitetyn pisteytyksen mukaisesti huonoimmin

menneeseen videoon, vihkotehtävään tai drilliin. Jos oppilaalla on aiheessa tekemättömiä tehtäviä, järjestelmä tarjoaa niitä järjestyksessä ensin teoriaan perehtyminen opetusvideoiden avulla ja sitten harjoittelemine aloittaen vihkotehtävistä ja lopuksi tulevat drillit. On huomattava, että menetelmän periaatteisiin kuuluu oppilaan valinnanvapaus. Hänen ei tarvitse noudattaa oppimisympäristöltä saamaansa ehdotusta.

Edellä kuvattu palaute- ja ohjausprosessin toteutus on ensimmäinen kokeilu järjestelmältä saatavasta palautteesta ja ohjauksesta. Rajallisten resurssien puitteissa tärkeintä on se, että kyseinen ominaisuus on ylipäättään toteutettu tietojärjestelmässä. Videoiden, vihkotehtävien ja drillien painokertoimet perustuvat kehittäjän opetuskokemukseen, jonka mukaan tehtävien tekeminen vihkoon on tärkeintä. Tämän piirteen jatkokehittäminen on projektityökurssin 2012 – 2013 tärkein tavoite. Sen jälkeen on vuorossa luonnontieteellinen tutkimus palaute- ja ohjausprosessin arvioimiseksi, kuten March ja Smith [1995] edellyttävät luvun neljä alussa.

### **5.5. Ohjelmiston ja sen toteutuksen kuvaus**

Ohjelmiston toteutus on edennyt vuodesta 2006 lähtien useassa syklissä. Syksyyn 2010 saakka tietojärjestelmän kehitystyö tapahtui käytännössä yksinomaan toimestani kollegani Sauli Hartikaisen vastatessa sisällöntuotannosta. Kun oppimisympäristön kehittäminen saatiin Tampereen yliopiston projektityökurssille, sekä järjestelmän kehitysympäristö ja kehittämisen käytänteet että tuotteen laatu rupesivat parantumaan merkittävästi. Tässä tutkielmassa tarkastellaan järjestelmää, joka otettiin käyttöön huhtikuussa 2011 ja johon tehtiin merkittäviä päivityksiä lukuvuoden 2011 – 2012 projektityökurssilla. Tutkielman luonteeseen liittyen tarkastelussa pitäydytään yleisellä tasolla.

#### **Yleiskuvaus palvelusta**

Kuvassa yhdeksän näkyy oppimisympäristön, math.fi, etusivu. Ylhäällä oleva otsake ja sivuston yleisilme on piirtäjä Seppo Leinosen ja graafisen suunnittelijan Jyrki Heimosen käsialaa. Samoin keskellä näkyvä kuva on piirtäjä Seppo Leinosen tekemä. Otsake vaihtuu otsakkeen alapuolisen valikon valinnan mukaisesti. Oikeasta reunasta havaitaan, että järjestelmään on kirjaututtu; tällöin myös kaverien toiminta tulee näkyviin. Liput symbolisoivat kieltä. Vasemmassa reunassa näkyy pikaohjeet. Kun käyttäjä valitsee ylävalikosta luokka-asteen, vasempaan reunaan tulee näkyviin opintokokonaisuudet, joita on viidestä kuuteen riippuen luokka-asteesta. Näytön alaosan linkistä voi avata lomakkeen kehitysehdotuksen jättämiseksi.

**Math.fi** Matematiikkaa ajatteleville 7 8 9

Etusivu 7.luokka 8.luokka 9.luokka Ohjeet Kaverit Tiedotteet Ryhmat Raportit Pasi Kiema Kirjaudu ulos

**Valitse luokka-asteesi tehtävät**

Voit perehtyä kunkin aiheen teoriaan opetusvideoiden ja muun materiaalin avulla sekä harjoitella erilaisia tehtäviä ja drillejä.

**Lue myös ohjeet**

Eniten hyödyt, kun tallennat päiväkirjamerkinnot huolellisesti. Tällöin järjestelmä voi ohjata opiskeluasi.

**Voit seurata kaverien työskentelyä**

Opiskelemisen jakaminen luotettavien kaverien kanssa tekee matematiikan opiskelustasi mukavaa.

**Tiedotteet**

Seuraa tiedotteita, sillä niissä kerrotaan ajankohtaisista asioista.

**Ajattele matemaattisesti!**

Tässä ympäristössä voit harjoitella peruskoulun ylempien luokkien matematiikkaa.

Nettisivujen käyttäminen on ilmaista.

Rekisteröidy ja kirjaudu voitaksesi hyödyntää näitä nettisivuja. Tietojasi ei käytetä muualla.

TÄÄ TULOISTIN ON LIITUKAUDELTA! NÄKISITPÄ OPETTAJAN!

Jätä kehitysehdotus

**Kaverien toiminta**

Tommi Kuusisto harjoitelli viikkotehtävää 3 viikkoa, 4 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitelli viikkotehtävää 3 viikkoa, 4 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitelli viikkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitelli viikkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitelli viikkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Kuva 9. Kuvaruutukaappaus oppimisympäristön math.fi etusivulta, kun järjestelmään on kirjaututtu opettajan tunnuksella.

Järjestelmä on sijoitettu Debian Linux -virtuaalipalvelimelle, joka on vuokrattu toimintaan erikoistuneelta yritykseltä. Virtuaalipalvelimelle on asennettu Apache, MySQL-tietokanta ja PHP, jotka muodostavat yhdessä www-palvelimen. Ohjelmisto on toteutettu CakePHP-ohjelmistokehystä hyödyntäen (CakePHP:n versio 1.3, joka on yhteensopiva PHP:n version 5.2.kanssa).

Oppisisällöt kattavat tällä hetkellä valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteet [Opetushallitus, 2004] siten, että päätoiminen opiskeleminen järjestelmän avulla on mahdollista matematiikan oppikirjan toimiessa käsikirjana. Oppisisällöt on jaoteltu ensin luokka-asteittain, sitten opintokokonaisuuksittain (esim. murtoluvut) ja lopulta aiheittain (esim. murtolukujen jakolasku). Tavanomaisesti oppilaat työskentelevät oppitunnilla yhdessä aiheessa. Kuvassa kymmenen on kuvaruutukaappauksen osa aiheen (murtolukujen jakolasku) etusivulta. Murupolku yläosassa auttaa käyttäjää liikkumaan sivustolla. Videoita-otsikon alla on linkit kolmeen eri opetusvideoon, jotka liittyvät aiheeseen.

Vihkotehtäviä tässä aiheessa on neljä, joista käyttäjä on tehnyt yhden. Kumpaakaan drilliä käyttäjä ei ole vielä tehnyt. Oikeasta reunasta käyttäjän on mahdollista siirtyä näkymään, jossa hän saa palautteen menestymisestään kouluarvosanan muodossa ja ehdotuksen jatkotoimenpiteestä.

Etusivu > Murtoluvut > Aiheen etusivu

**Murtolukujen jakolasku** Yhteenveto ja palaute

**Videoita**

- Murtolukujen jakolasku
- Murtolukujen osamäärä
- Murtoluvun ja kokonaisluvun osamäärä

**Vihkotehtävät**

- Tehtävä A104
- Tehtävä B106 ✓
- Tehtävä C117
- Tehtävä B119

Tulosta vihkotehtävät

**Drillejä**

- Kahden murtoluvun jakolasku
- Kahden sekalukumuotoisen murtoluvun jakolasku

Jätä kehitysehdotus

Kuva 10. Kuvaruutukaappaus aiheen (murtolukujen jakolasku) etusivulta.

## Käyttötapauksia

”Käyttötapaus (engl. use case) on kuvaus järjestelmän ja sen käyttäjien välisestä vuorovaikutuksesta tietyn, käyttäjän kannalta mielekkään tuloksen saamiseksi” [Koskimies, 2000]. Kuvassa kaksitoista esitetään math.fi -oppimisympäristön käyttötapauskaavio UML-kielellä (Unified Modelling Language) [Booch *et al.*, 1999]. Oleellisimmat käyttötapaukset ovat seuraavat:

- *Rekisteröityminen*. Käyttäjä rekisteröityy palveluun. Mikäli hän on oppilas, hän voi valita luokkansa ja koulunsa opetusryhmän perustamisen helpottamiseksi. Huhtikuuhun 2011 asti käyttäjähallinta toteutettiin Mediawikin avulla. Rekisteröityminen on luonnollisesti kertaluontoinen tapahtuma.

- *Kirjautuminen.* Käyttäjä kirjautuu palveluun. Käyttäjä saa välittömästi kirjaututtuaan mahdolliset pääkäyttäjän tiedotteet sekä mahdolliset opettajan tiedotteet, mikäli käyttäjä kuuluu opetusryhmään ja ryhmän opettaja on tiedotteen laatinut.
- *Teoriaopiskelu.* Käyttäjä tutustuu opiskeltavan aiheen teoriaan (esimerkiksi murto-lukujen jakolasku) mm. opetusvideoita katsomalla. Katsomisen yhteydessä oppilas voi merkitä videon katsotuksi sekä lisätä kommentteja. Tällöin tallentuu videoon liittyvä päiväkirjamerkintä. Joihinkin aiheisiin on lisätty teoriaopetusta myös pdf-dokumentteina tai Geogebra-sovelmina.
- *Vihkoarjoittelu.* Käyttäjä harjoittelee opiskeltavan aiheen vihkotehtäviä. Hän avaa tehtävän linkistä, laatii ratkaisun vihkoonsa, tallentaa järjestelmään vastausehdotuksensa ja tarkistaa tehtävän verraten sitä malliratkaisuun. Tarkistamisen yhteydessä käyttäjä merkitsee tietoja harjoituksen sujumisesta (kuva 8 ja kuva 11). Kuvassa yksitoista näkyy, että käyttäjä on tehnyt merkinnät vihkotehtävään B106.
- *Drillaaminen.* Käyttäjä harjoittelee opiskeltavan aiheen drillejä eli tehtäviä, jotka järjestelmä tarkistaa automaattisesti ja välittömästi. Tehtyään drilliharjoituksen käyttäjä voi lisätä harjoitteluun liittyvän kommentin. Mahdollinen kommentti ja tulokset tallentuvat tietokantaan drilliin liittyvänä päiväkirjamerkintänä. Drillit on jouduttu laatimaan järjestelmään kahteen otteeseen sen vuoksi, ettei ensimmäistä toteutusta voitu hyödyntää CakePHP-ohjelmistokehyksellä laaditussa versiossa. Projektityökurssin 2012 – 2013 katselmointitilaisuudessa joulukuussa 2012 on esitelty pilotti kolmannesta, vieläkin paremmasta tavasta toteuttaa drillit.
- *Palautteen tutkiminen.* Käyttäjä tutkii tehtyihin päiväkirjamerkintöihin perustuvaa järjestelmän antamaa palautetta suoriutumisesta aiheesta.
- *Opetusryhmän perustaminen.* Opettajan oikeudet omaava käyttäjä perustaa opetusryhmän. Opettajan oikeudet anotaan tässä vaiheessa henkilökohtaisella pyynnöllä järjestelmänvalvojille esimerkiksi sähköpostilla. Piirre julkaistiin huhtikuussa 2011.
- *Tiedotteen laatiminen.* Opettajan oikeudet omaava käyttäjä laatii, muokkaa tai poistaa tiedotteita opetusryhmälle. Pääkäyttäjä laati tiedotteita kaikille käyttäjille. Tämä piirre julkaistiin maaliskuussa 2012.
- *Raporttien laatiminen.* Opettajan oikeuden omaava käyttäjä laatii raportteja oppilasryhmän toiminnasta tietyissä aiheissa tai yksittäisen oppilaan kaikista toimenpiteistä. Jonkinlaiset raporttitoiminnot ovat olleet mukana alusta alkaen.
- *Kaverien seuraaminen.* Käyttäjä seuraa kaverien toimintaa näkymän oikeanpuoleisella palstalla. Kaveritoiminto julkaistiin huhtikuussa 2011.

- *Kaveruuden hallinnoiminen.* Käyttäjä hallinnoi kaveruussuhteita erillisellä Kaveritvälilehdellä.

Pääkäyttäjät ja opettajat voivat tehdä kaikki samat toimenpiteet kuin käyttäjät ja oppilaatkin. Kuvassa kaksitoista ko. käyttäjästä on yhdistetty viivat luonteviin käyttötapauksiin.

Etusivu 7.luokka 8.luokka 9.luokka Ohjeet Kaverit Tiedotteet Ryhmät Raportit Pasi Kiema Kirjaudu ulos

9.luokka  
Trigonometriaa  
Avaruusgeometriaa  
Funktiot  
Epäyhtälöt, yhtälöt ja yhtälöparit  
Tilastotiede

**Ehdotuksesi tallennettiin. Tee nyt päiväkirjamerkinnät.**

Etusivu > Epäyhtälöt, yhtälöt ja yhtälöparit > Epäyhtälö > Tehtävän ratkaisu

**Tehtävä 958**

**Mitkä luvuista**  
-12, -4, 0, 7, 18 ja 34 toteuttavat epäyhtälön  $x \leq 7$ ?

Ehdotus: -12, -4, 0

**Ratkaisu**

-12, -4, 0 ja 7 toteuttavat epäyhtälön  $x \leq 7$ .

**Tee päiväkirjamerkintä**

Tehtävä oli:  helppo  sopiva  vaikea

Ratkaisuni oli:  oikein  osittain oikein  virheellinen

Tehtävä on minulle:  selvä  yhä epäselvä

Kommentti: Oho! En huomannutkaan, että yhtäsuurikin kelpaa.

Tallenna

**Kaverien toiminta**

Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 4 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 4 päivää sitten

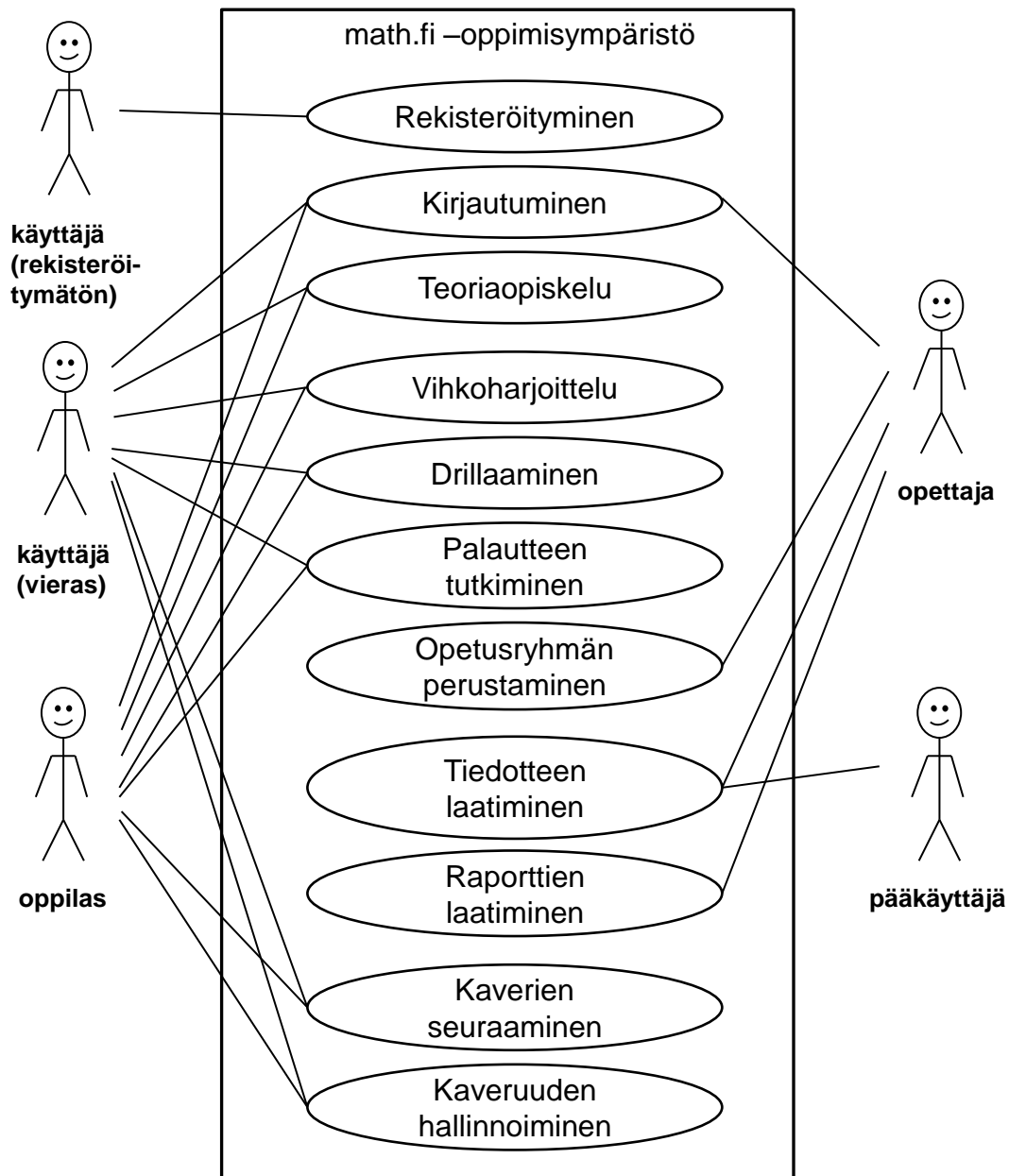
Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Tommi Kuusisto harjoitteli vihkotehtävää 3 viikkoa, 6 päivää sitten

Kuva 11. Vihkotehtävään liittyvän päiväkirjamerkinnän tekeminen.



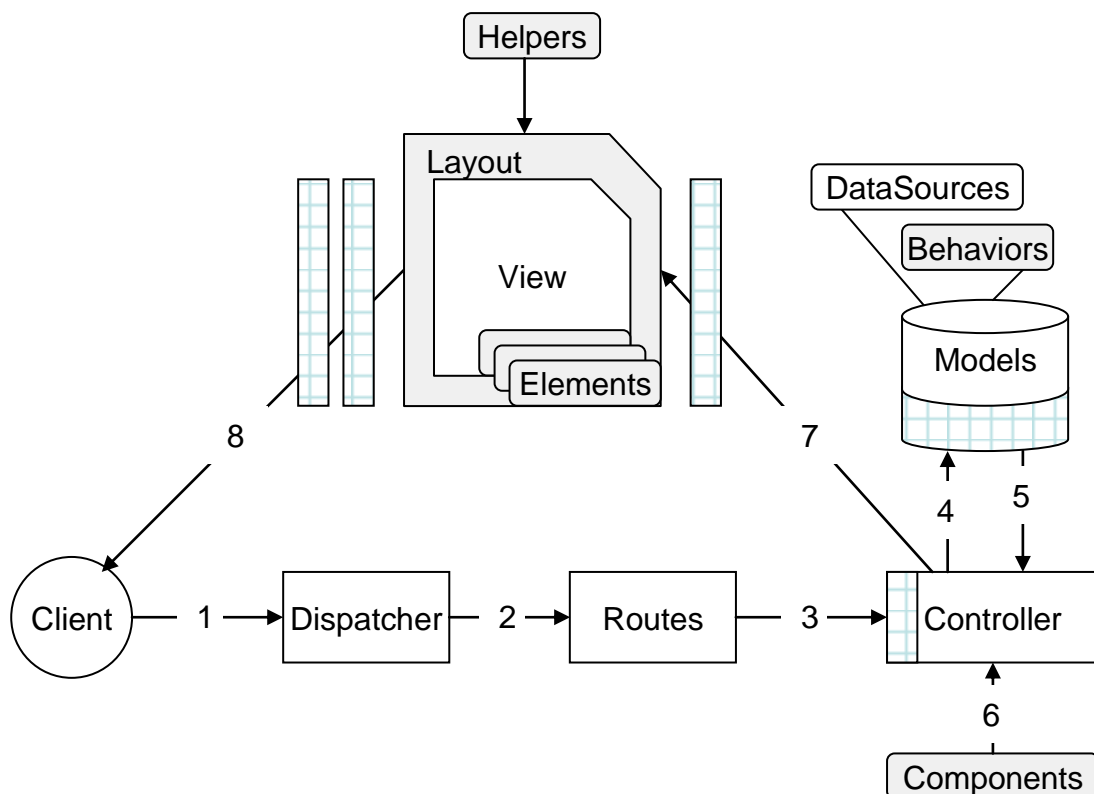
Kuva 12. Math.fi -oppimisympäristön käyttötapauskaavio.

### Erilaiset käyttäjäryhmät

CakePHP:n pääsynvalvonta perustuu pääsilystoihin (engl. access control list, ACL) [Sandhu and Samarati, 1994]. Pääsilystoissa luetellaan ohjaimet (engl. controller) tai tarvittaessa yksityiskohtaisemmin ohjainten prosessit (engl. function). Kukin tällainen objekti linkitetään tiettyyn rooliin eli käyttäjäryhmään. Näin järjestelmässä voidaan sallia tai estää tietyn käyttäjän oikeus käyttää tiettyä ohjainta tai ohjaimen prosessia. ACL:llä voidaan määrätä myös yksittäisten käyttäjien oikeuksia, mutta math.fi:ssä käyttöoikeuksia jaetaan ainoastaan käyttäjäryhmille. Järjestelmässä käyttäjät on ryhmitelty viiteen eri käyttäjäryhmään:



- Kirjautumaton käyttäjä pääsee silmäilemään sivustoa, mutta hän ei voi katsella opetusvideoita järjestelmän kautta eikä tehdä harjoituksia.
- Vieras on käyttäjä, joka voi katsoa opetusvideoita, tehdä harjoituksia, tallentaa päiväkirjamerkintöjä ja kutsua kavereita.
- Oppilas on käyttäjä, jolla on käytännössä samat ominaisuudet kuin edellisellä käyttäjällä. Lisäpiirre on se, että oppilaskäyttäjällä on oppilas – opettaja -suhde. Tällöin hän saa opettajansa lähettämiä tiedotteita. Lisäksi opettaja voi tarkastella raporteista oppilaan suorituksia ja saada sen perusteella ohjausta suoraan opettajalta.
- Opettaja on käyttäjä, joka voi perustaa muista käyttäjistä oppilasryhmiä. Opettaja voi lähettää tiedotteita oppilasryhmilleen ja tarkastella oppilasryhmiensä toimintaa raporttien avulla. Opettajan oikeudet anotaan pääkäyttäjiltä esim. sähköpostin tai puhelimen välityksellä.
- Pääkäyttäjällä on käyttäjä, joka hallinnoi koko järjestelmää.



Kuva 13. Tyypillinen HTTP-pyyntö CakePHP:ssä. Harmaat osat eivät ole välttämättömiä, ruudutetut osat kuvaavat takaisinkutsua. [CakePHP, 2012b]

## Ohjelmiston toteuttamisesta CakePHP-ohjelmistokehystä käyttäen

Projektityökurssin myötä järjestelmää alettiin kehittää CakePHP 1.3 -ohjelmistokehystä hyödyntäen. Se on yhteensopiva PHP:n version 5.2 kanssa. Tyypillinen HTTP-pyyntö CakePHP:ssa on kuvailtu edellisellä sivulla kuvassa kolmetoista. Selitykset [CakePHP, 2012]:

1. Käyttäjä näpäyttää linkkiä ja selain tekee HTTP-pyyntöä palvelimelle. Esimerkiksi murtolukujen opintokokonaisuus saadaan osoitteella <http://math.fi/subjects/content/15>.
2. Lähettäjä (engl. router) jäsentelee (engl. parse) pyynnön mukana tullessa URL:ssa lähetetyt parametrit kuten ohjaimen (engl. controller), toiminnon ja muut argumentit. Edellisestä esimerkistä tiedetään, että ohjain on CakePHP:n nimeämiskäytännön mukaisesti SubjectsController-niminen luokka, jossa on content-niminen metodi. Parametrina annetaan aiheen tunnus 15.
3. Väyliä (engl. routes) käyttäen pyyntö yhdistetään ohjaimen toimintoon eli tietyn luokan metodiin. Ohjaimen beforeFilter-takaisinkutsu suoritetaan ennen ohjaimen logiikan suorittamista. Edellisessä esimerkissä takaisinkutsussa tarkistetaan käyttäjän oikeudet ko. metodiin.
4. Ohjain voi käyttää malleja (engl. model) sovelluksen tiedon saamiseksi tietokannasta. Mallissa voi esiintyä takaisinkutsu, tietty käyttäytyminen (engl. behavior) tai kytkentä eri tiedonlähteisiin. Esimerkissä noudetaan aiheen tunnusta 15 vastaavat tiedot tietokannasta.
5. Kun malli on hakenut tiedon, se tarjotaan ohjaimelle. Mallin takaisinkutsuja voi ilmetä.
6. Ohjain voi käyttää komponentteja (engl. component) tiedon käsittelyyn tai toteuttamaan muita operaatioita kuten esimerkiksi istunnon manipuloiminen, oikeuksien tarkistaminen tai sähköpostien lähettäminen. Esimerkissä käytetään mm. SessionComponent-nimistä CakePHP:n omaa komponenttia.
7. Kun ohjain on käyttänyt malleja ja komponentteja riittävästi tiedon käsittelyyn, tieto annetaan näkymälle (engl. view) käyttäen ohjaimen set-metodia. Ohjaimen takaisinkutsuja saattaa esiintyä ennen tiedon lähettämistä. Näkymän logiikka toteutetaan, jolloin saatetaan käyttää elementtejä (engl. elements) ja/tai avustajia (engl. helpers). Oletusarvoisesti näkymä esitetään (engl. render) tietyssä asetuksessa (engl. layout). Esimerkissä aiheen etusivulla tarvittavan näkymän tiedot annetaan content.ctp -nimiselle näkymätiedostolle, joka avautuu tässä tapauksessa

sa default.ctp -nimiseen oletusasetteluun. Erilaisia elementtejä ja CakePHP:n omia avustajia käytetään sivun luomiseen.

8. Ennen kuin sivu lähetetään asiakkaan (engl. client) selaimen, saattaa esiintyä vielä ohjaimen takaisinkutsuja (kuten afterFilter). Esimerkissämme ei esiinny näitä takaisinkutsuja.

Kuten HTTP-pyynnön vaiheiden kuvauksesta voidaan lukea, CakePHP-ohjelmistokehys tukee MVC-suunnittelumallia [Reenskaug, 2003].

### **MySQL-tietokannasta**

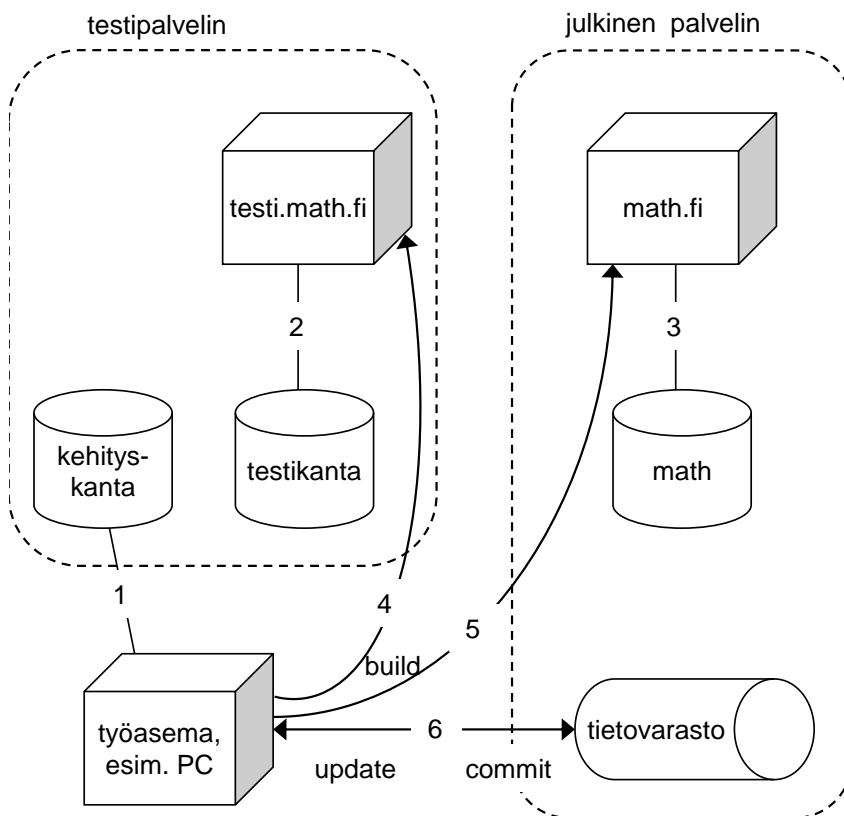
CakePHP tukee useita tunnetuimpia tietokantajärjestelmiä kuten MySQL, Oracle ja PostgreSQL. Sivuston tietokanta-asetuksissa (engl. database configuration) määritellään tietokannan ajuri (engl driver), jota ohjelmistossa käytetään. Math.fi:ssä se on MySQL. Ajuri mahdollistaa ohjelmiston riippumattomuuden tietokannasta. Ajurin lataaminen tarkoittaa DBO-olion luomista DBO-oliolla hoidetaan yhteys mallin ja relaatiotietokannan välillä. Tietokannan käyttäminen ainoastaan DBO-olion välityksellä ehkäisee mm. SQL-injektioilta [Anley, 2003] ym. tietokantaan kohdistuvilta hyökkäyksiltä.

Kun tietokannan taulut luodaan CakePHP:n periaatteiden mukaisesti, saadaan mallit kytkettyä automaattisesti tietokantaan. Esimerkiksi jokaisessa taulussa tulee olla avainkenttä nimeltään id. Tällöin toisessa taulussa vierasavaimen nimi muodostuu taulun nimen ja id-tunnuksen yhdistelmänä. Esim. subjects-nimisen taulun id-kenttään voidaan viitata vierasavaimella nimeltään subject\_id. Muitakin periaatteita esiintyy; esimerkiksi created- ja modified-kenttien aikaleima päivittyy automaattisesti tietokantakutsun yhteydessä, kunhan kentät ovat tyyppiä datetime. Myös monen suhde moneen riippuvuuksien purkamiseksi tehtävien taulujen nimeämiskäytäntö on tarkkaan määrätty. Esimerkiksi taulujen subjects ja exercises välinen monen suhde moneen -riippuvuus puretaan taulun exercises\_subjects avulla.

Sivuston tietokanta koostuu 35:stä taulusta. CakePHP tukee object role modeling -suunnittelumallia (ORM) [Halpin, 1998]. Tietokanta on kuvattu ER-mallin mukaisesti liitteessä kaksi.

### Kehittämisen käytänteet projektityökurssilta

Kehittämisen käytänteet ovat vakiintuneet kahden lukuvuoden aikana Tampereen yliopiston informaatiotieteiden projektityökurssilla, jossa kaksi eri seitsemän hengen projektiryhmää on kehittänyt järjestelmää [Poranen, 2011; Mäkiäho and Poranen, 2012a]. Kehittämismallina on sovellettu ketterän kehityksen [Beck *et al.*, 2012] menetelmää, scrumia [Schwaber and Sutherland, 2011]. Scrumissa kehittäminen tapahtuu syklisesti ns. sprinteissä, joissa toteutetaan jokin tai joitakin sillä hetkellä tärkeimmäksi katsottuja piirteitä. Sprinttien kesto on muutamia kymmeniä työtunteja per henkilö. Scrumissa kehitysryhmä tapaa päivittäin. Tämän osalta projektityökurssilla scrumia on sovellettu siten, että säännölliset tapaamiset ovat olleet kahdesti viikossa. On huomattava, että puhuttaessa oppimisympäristön ratkaisujen testaamisesta ja tarkentamisesta design-sykleissä (kuva 6), tarkoitetaan pedagogisen ratkaisun kehittämistä [Reeves, 2006] eikä tietojärjestelmän kehittämisessä, scrumissa esiintyvää sykliä, sprinttiä.



Kuva 14. Kaavio tuotanto- ja kehitysympäristöstä.

Kukin projektityöryhmän jäsen on asentanut omalle tietokoneelleen www-palvelimen (esim. XAMPP / Windows tai LAMP / Linux). Lisäksi on asennettu Netbeansin IDE

[Netbeans, 2012] eli työasemakohtainen kehitysympäristö. Kun IDE:ssä on luotu yhteys Subversion-versionhallintaan [Subversion, 2012], voidaan komennolla checkout ladata versionhallinnan tietovarastosta järjestelmän tiedostot. Versionhallinta on asennettu tuotannon palvelimelle. Tämän jälkeen kehittäjä tekee muutoksia ohjelmistoon ja jakaa (commit) muuttamansa tiedostot tietovarastossa. Tiedostojen päivittäminen tietovarastosta tapahtuu update-komennolla. Kun lopulta halutaan siirtää tiedostot testipalvelimelle, se tapahtuu siirtämistä varten räätälöidyllä build-komentojonolla. Nuoli neljä kuvassa neljätoista ilmaisee tätä tapahtumaa. Kun testiympäristössä suoritettavat testit osoittavat, että ohjelmisto on päivitettävissä tuotannossa, suoritetaan build-komentojono parametrein, joka päivittää tuotannon. Tietokantaan muutokset on tehtävä käsin. Kehityksessä käytetään yhteistä tietokantaa (kuvassa 14, kohta 1). Kaikki tietokannoissa tehtävät muutokset dokumentoidaan huolellisesti ja muutettavasta tietokannasta otetaan varmuuskopiot tarpeen mukaan.

### **Kansainvälistäminen**

CakePHP-ohjelmistokehitys tukee kansainvälistämistä ja oppimisympäristössä tätä tukea on hyödynnetty. Käyttöliittymän sanat sijaitsevat omissa käännetiedostoissaan (engl. PO files), jolloin käsitteiden kääntäminen eri kielille on niin joustavaa kuin se tietojärjestelmissä tällä hetkellä ylipäätään voi olla. Itse järjestelmän lokalisointiin ei ole keskitytty.

### **JIRA-projektinhallintaohjelmiston hyödyntämisestä**

Jälkimmäisellä projektityökurssilla projektinhallinnassa alettiin käyttää JIRAA [2012]. JIRA asennettiin virtuaalipalvelimelle ja se yhdistettiin sähköpostipalvelimeen siten, että projektipäälliköinä saatoimme kollegani Tero Strakhin kanssa saada sähköpostiimme reaaliaikaiset viestit työn etenemisestä. Netbeans [2012] tukee JIRAA, joten kehittäjien töiden raportoiminen tapahtui helposti merkitsemällä Netbeansissa työn alku ja loppu.

JIRA on jätetty käyttöön projektityökurssin päätyttyä mahdollista uutta projektia varten. Toinen tärkeä syy JIRAn käytön jatkamiseen on se, että math.fi:n kirjautunut käyttäjä voi lähettää sivustolta lomakkeessa kehitysehdotuksen (kuva 15). Kehitysehdotus lähetetään sähköpostina JIRaan, jossa ehdotus tallentuu tehtäväksi. JIRASTA lähtee vielä viesti kehittäjien sähköpostiin. Joten käyttäjien kehitysehdotus tai ilmoitus mahdollises-

ta epäkohdasta tulee järjestelmän ylläpitäjille ja kehittäjille reaaliaikaisesti. JIRAan tallentuneet kehitysehdotukset on käsiteltävä tapauskohtaisesti. Jos ehdotus on kehittämisen kannalta merkityksetön, se poistetaan projektinhallintajärjestelmästä.



**Kehitysehdotus** ✕

Tällä lomakkeella voit ilmoittaa huomaamastasi epäkohdasta sivustolla tai jättää kehitysehdotuksen.

**Aihe:**

**Viesti:**

< | >

Lähetä Peruuta

Kuva 15. Kehitysehdotuksen jättäminen.

## 6. Arviointia

Arviointi aloitetaan vertailemalla kohdassa 6.1. kahta (Khan-akatemia ja math.fi) eri matematiikan opetukseen tarkoitettua oppimisympäristöä ja kolmantena Moodlea mahdollisesti matematiikan opetukseen soveltuvana oppimisympäristönä. Kohdassa 6.2. pohdiskellaan, millä tavoin suunnittelutieteellinen ote on tutkimuksessa toteutunut.

### 6.1. Oppimisympäristöjen vertailua

Tavoitteena on pystyä vertailun perusteella arvioimaan, onko tutkielmassa esitellyn materiaattisen ajattelun oppimisympäristön, math.fi, kehittäminen mielekäästä vai olisiko peruskoulun ylempien luokkien matematiikan opetuksessa tarkoituksenmukaisempaa tukeutua esimerkiksi Moodleen tai Khan-akatemiaan. Vaikka Khan-akatemia onkin amerikkalainen ja niin ollen englanninkielinen järjestelmä, on siinä periaatteessa tuki myös suomenkielelle.

#### Vertailtavat seikat

Etujen ja hyötyjen punnitsemiseen vaikuttavat asentamiseen ja ylläpitoon, kehittämiseen sekä opetukseen liittyvät tekijät. Asentamiseen ja ylläpitämiseen liittyviä seikkoja ovat saatavuus ja käyttökustannukset. Kehittämiseen liittyviä seikkoja ovat lähdekoodi, teorian, rutiiniharjoitusten ja soveltavien ongelmien lisääminen, ominaisuuksien muuttaminen ja kehitysnäkymät. Asentamiseen, ylläpitämiseen ja kehittämiseen liittyviä seikkoja vertaillaan taulukossa kaksi. Opetukseen liittyviä seikkoja ovat sisältöjen kattavuus ja jäsentely, teoriaopetus, rutiinien harjoittelu, soveltavat ongelmat, tuotosten jakaminen, vuorovaikutus, opiskelun ohjaus, suoritusten tarkasteleminen. Opetukseen liittyvien seikkojen arviointiin ovat vaikuttaneet mm. Vauraksen ja muiden [2006], Ruohotien [1996; 1998; 2000] ja Lehtelän [2001] näkemykset itsesäätelystä. Näitä seikkoja verrataan taulukossa kolme.

Vertailussa painotetaan sitä, että oppimisympäristön on oltava joko avoin tai vapaasti käytettävä ja sitä, että se voi olla sovellettavissa peruskoulun ylempien luokkien matematiikan opetukseen tavoitteena oppilasjohtoinen opetus. Painotus johtuu siitä, että math.fi -oppimisympäristön kehittäjät ovat itse peruskoulun matematiikan opettajia ja haluavat arvion siitä, kannattaako tukeutua olemassa olevaan tarjontaan vai jatkaako math.fi -oppimisympäristön käyttöä ja kehittämistä omaan ja yhteiseen käyttöön.

Vertailtavien seikkojen kuvailua:

- *Saatavuus.* Millä tavoin oppimisympäristö on otettavissa opetuskäyttöön.
- *Käyttökustannukset.* Mistä oppimisympäristön kustannukset muodostuvat.
- *Lähdekoodi.* Onko lähdekoodi avoin vai ei.
- *Sisältöjen kattavuus.* Kuinka hyvin sisällöt kattavat valtakunnalliset matematiikan opetussuunnitelman perusteet [Opetushallitus, 2004].
- *Sisältöjen jäsentely.* Millä tavoin sisällöt on jäsennetty oppimisympäristössä.
- *Teoriaopetus.* Millaista matematiikan teoriaopetusta järjestelmässä on tarjolla.
- *Teorian lisääminen.* Miten matematiikan teoriaopetusta voidaan lisätä järjestelmään.
- *Rutiinien harjoittelu.* Millaisia laskemisen rutiineja parantavia toimintoja on tarjolla. Math.fi:ssä nämä ovat drillejä.
- *Rutiiniharjoitusten lisääminen.* Miten laskurutiinia parantavia harjoituksia voidaan lisätä järjestelmään. Tällä tarkoitetaan nimenomaan dynaamisia parametroituvia harjoituksia, jotka edellyttävät niiden ohjelmoimista.
- *Soveltavat ongelmat.* Millaisia soveltavia matemaattisia ongelmia on tarjolla. Math.fi:ssä nämä ovat vihkotehtäviä.
- *Soveltavien ongelmien lisääminen.* Miten soveltavia matemaattisia ongelmia voi lisätä järjestelmään.
- *Tuotosten jakaminen.* Millä tavoin oppilas voi jakaa tekemiään tuotoksia.
- *Vuorovaikutus.* Millä tavoin järjestelmä tukee kurssilaisten ja opettajien keskinäistä vuorovaikutusta.
- *Opiskelun ohjaus.* Millä tavoin järjestelmä ohjaa oppilaan työskentelyä sekä tukee itsesäätelyä ja metakognitiota.
- *Suoritusten tarkasteleminen.* Millä tavoin opettaja voi tarkkailla oppilaan työskentelyä ja tekemisiä.
- *Ominaisuuksien muuttaminen.* Millä tavoin oppimisympäristön ominaisuudet on muutettavissa. Tässä yhteydessä ajattelemme, että kehittäjinä voimme muuttaa math.fi:n ominaisuuksia.
- *Kehitysnäkymät.* Arvio oppimisympäristön tulevaisuudesta.

Seuraavien taulukoissa kaksi ja kolme tehtävien vertailujen jälkeen eri oppimisympäristöjen edut ja haitat on koottu taulukkoon neljä.



<b>Vertailtava seikka</b>	<b>Moodle</b>	<b>Khan akatemia</b>	<b>Math.fi</b>
Saatavuus	Avoin lähdekoodi asennettavissa omalle palvelimelle.	Vapaastikäytettävä, heti saatavilla, khanacademy.org	Vapaastikäytettävä, heti saatavilla, math.fi
Käyttö-kustannukset	Palvelinkustannukset.	Ei kustannuksia.	Palvelinkustannukset.
Lähdekoodi	Avoin.	Osittain avoin: rutiiniharjoitukset avointa lähdekoodia.	Suljettu (ainakin toistaiseksi).
Teorian lisääminen	Moodleen on upotettavissa videoita, Geogebra-sovelmia, yms.	Videoita voivat lisätä ilmeisesti vain kehittäjät.	Materiaalin lisääminen tapahtuu toistaiseksi kehittäjien toimesta.
Rutiiniharjoitusten lisääminen	Järjestelmän tarkastamia monivalinta- ja aukkotehtäviä on lisättävissä. Dynaamiset harjoitukset lisättävissä esim. plugineina.	Menettely lisätä avoimen lähdekoodin kehittämisen kautta harjoituksia järjestelmään.	Rutiiniharjoitukset lisätään kehittäjien toimesta.
Ominaisuuksien muuttaminen	Mahdollista avointa lähdekoodia muuttamalla.	Ei käytännössä mahdollista.	Kehittäjinä voimme toteuttaa haluamme ominaisuudet ja tehdä muutoksia.
Kehitysnäkymät	Oppimisympäristön asema vaikuttaa vahvalta.	Oppimisympäristö on noussut Yhdysvalloissa erittäin merkittävään asemaan, joten jatko näyttää turvatulta.	Oppimisympäristön kehittymisen edellytykset ovat hyvät sekä pedagogisesti että tietoteknisesti.

Taulukko 2. Asentamiseen, ylläpitämiseen ja kehittämiseen liittyvien seikkojen vertailu.

<b>Vertailtava seikka</b>	<b>Moodle</b>	<b>Khan akatemia</b>	<b>Math.fi</b>
Sisältöjen kattavuus	Sisällöt on lisättävä.	Melko kattava.	Kattava.
Sisältöjen jäsentely	Moodle tukee sisällön jäsentelyä monipuolisesti.	Käsittekartta. Käyttäjä voi laatia itselleen tavoite-ohjelmia.	Valtakunnallisen opetussuunnitelman mukainen.
Teoriaopetus	Ei ole, mutta hyvä tuki materiaalin liittämiselle.	Videot	Videot, Geogebra-demonstraatioita ja pdf-dokumentteja.
Rutiinien harjoittelu	Ei ole. Olisi ohjelmitavissa (vaikeahkoa).	Monipuoliset ja laadukkaat harjoitukset.	Harjoitukset on laadittu noin puoleen aiheista.
Soveltavat ongelmat	Ei ole. Järjestelmä tukee liittämistä, mutta se ei tue itsearviointia.	Ei ole.	Järjestelmässä on kattava kokoelma tehtäviä, jotka tehdään vihkoon ja tarkastetaan mallivastauksista.
Tuotosten jakaminen	Monipuoliset tavat.	Mahdollisuus valita, toimiako yksityisesti vai julkisesti.	Kaveritoiminnon avulla toiminta näkyväksi muille.
Vuorovaikutus	Monipuoliset keinot	Ei erityisiä vuorovaikutus-ominaisuuksia.	Opettajan tiedotteet oppilasryhmilleen.
Opiskelun ohjaus	Ei menettelyä kokonaisvaltaista edistymisen seurantaan varten.	Pisteytyssysteemi ja kannustava ohjaus perustuen edistymiseen.	Aiheesta saatava yhteenveto kouluarvosanana ja parannusehdotukset.
Suoritusten tarkasteleminen	Opettaja voi tarkastella oppilaan jättämiä yksittäisiä suorituksia.	Opettajalle raportteja niin ryhmän kuin yksittäisen oppilaan suorituksista.	Opettajalle ryhmäkohtaisia ja yksittäisiä oppilaita koskevia raportteja.

Taulukko 3. Opetukseen liittyvien seikkojen vertailu.

	<b>Moodle</b>	<b>Khan-akatemia</b>	<b>math.fi</b>
Edut	<ul style="list-style-type: none"> <li>– monipuoliset virtuaalisen oppimisympäristön (VLE) piirteet</li> <li>– laaja käyttö → jatkuvuus</li> <li>– vapaa lähdekoodi → mahdollisuus kehittää itse järjestelmää</li> <li>– räätälöinti-mahdollisuus, esim. liitännäisten avulla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kattavasti videoita</li> <li>– hyvät harjoitukset</li> <li>– käsitekartta</li> <li>– hyvä oppilaan ohjaussystemi</li> <li>– opettajalla hyvät mahdollisuudet seurata oppilaan edistymistä</li> <li>– vapaasti käytettävä</li> <li>– kehittynyt käytännön tarpeista</li> <li>– jatkuvuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kattavat sisällöt</li> <li>– erikoistettu peruskoulun matematiikan opiskelua varten</li> <li>– vapaasti käytettävä</li> <li>– kehittämistä ohjaa vahva pedagoginen näkemys oppilaan itseohjautumisen ja -säätelyn tukemisesta</li> <li>– kehittäjien sekä pedagoginen että tietotekninen ammattitaito</li> </ul>
Haitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ylläpito on hoidettava tai hankittava</li> <li>– matematiikan sisällöt puuttuvat</li> <li>– laskurutiinia kehittävät harjoitukset tulisi koodata erikseen</li> <li>– sosiaaliseen tiedon rakentumiseen perustuva näkemys ei sovi kovin hyvin matematiikkaan</li> <li>– räätälöinnin työläys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ei kunnollista tukea suomenkielelle</li> <li>– jäsentely ei suomalaisen opetussuunnitelman mukainen</li> <li>– soveltavat tehtävät puuttuvat</li> <li>– ei mahdollisuus vaikuttaa järjestelmän ominaisuuksiin</li> <li>– videot tarpeettoman pitkät</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– toistaiseksi vajaat seurantaominaisuudet</li> <li>– testauksen keskenheräisyys → virheitä ohjelmistossa</li> <li>– kehittäminen pienillä, määräaikailla resursseilla on hidasta ja epävarmaa</li> </ul>

Taulukko 4. Oppimisympäristöjen edut ja haitat.

## Johtopäätös

Upotettavat videot ja vihkotehtävät malliratkaisuineen olisi helppoa toteuttaa Moodlella. Kuitenkin dynaamiset, parametroidut rutiinia kehittävät ja automaattisesti tarkastettavat tehtävät olisi koodattava järjestelmään esimerkiksi liitännäisinä. Ja koska loppujen lopuksi oppilaan ohjaus ja itsenäisen työn tukeminen ja oppilaalle annettava kokonaisvaltainen palaute vaatisi huomattavaa ohjelmiston räätälöimistä, on ollut perusteltua laatia mieluummin erillinen järjestelmä, joka on kaikilta osin suunniteltu ja tarkoitettu nimenomaan peruskoulun matematiikan opetukseen. Edes erittäin vahvat ja pitkälle kehitetyt monipuoliset piirteet mm. vuorovaikutuksessa yms. eivät nosta Moodlen hyödyntämistä itse rakennettavan järjestelmän edelle. Matematiikan opiskelussa kyseisten piirteiden merkitys ei ole erityisen ratkaiseva ja ne ovat toteutettavissa tarvittavissa määrin itsekin tehtyyn järjestelmään.

Khan-akatemia hyödyntäminen tyrehtyy jo pelkästään heikkoon suomenkielen tukeen. Opetusvideot olisi periaatteessa mahdollisuus tekstittää suomeksi. Mutta koko ympäristöä ei ole suomeksi saatavilla. Lisäksi järjestelmästä puuttuvat soveltavat tehtävät kokonaan ja oppisisällöt ovat hankalasti jäsenneilty ajatellen v. 2004 määriteltyjä valtakunnallisia opetussuunnitelman perusteita [Opetushallitus, 2004]. Kokonaisuutena Khan-akatemian on mielenkiintoinen oppimisympäristö, josta kannattaa ammentaa virikkeitä math.fi -oppimisympäristön kehittämiseen.

Joten johtopäätös on, että math.fi -oppimisympäristön kehittäminen on ollut tarkoituksenmukaista ja sitä kannattaa jatkaa.

## 6.2. Suunnittelutieteellisen tutkimusotteen toteutumisesta tutkimuksessa

Tässä kohdassa tarkastellaan aluksi millä tavoin math.fi -oppimisympäristö toteuttaa Hevnerin ja muiden [2004] määrittelemät ja Kuechlerin and Vaishnavin [2008] mukailemat ohjeet suunnittelutieteelliseen tietojärjestelmän kehittämiseen. Tarkasteluun on sisällytetty Reevesin [2006] esittämä kasvatustieteiden suunnittelutieteellisen tutkimusotteen näkökulma viittaamalla millä tavoin pedagogiset ongelmat, ratkaisut, menetelmät ja design-periaatteet ovat tutkimuksen tekemisessä jalostuneet (kuva 6). Seuraavaksi tässä kohdassa käsitellään Anjalan [2013] kvantitatiivisia tutkimustuloksia oppilaiden matematiikkakuvasta. Anjalan tutkimus tukee Marchin ja Smithin [1995] edellytysten mukaisesti tutkimuksen tuloksellisuuden luonnontieteellistä testaamista. Tämän kohdan lopuksi kuvaillaan millä muilla keinoin tutkimuksessa on pyritty tuloksellisuuteen ja

todetaan miksi on tarvetta tutkia lisää luonnontieteellisin menetelmin tutkimuksen tu-  
loksellisuuden varmentamiseksi.

### **Kuechlerin ja Vaishnavin [2008] mukailemien suunnittelutieteellisten ohjeiden toteutuminen**

Seuraava luettelo ohjeista on esitelty tarkemmin kohdassa 4.1. Kursiivilla merkityn ot-  
sikon jälkeen kuvaillaan, miten math.fi:n kehittämisessä ja tässä tutkimuksessa ko. vaa-  
timukset toteutuvat.

1. *Artefaktin luominen.* Suomalaisessa matematiikan perusopetuksessa on tarve vir-  
tuaaliselle oppimisympäristölle, joka tukee oppilaan oppimistaitojen kehittymis-  
tä. Toteutettu järjestelmä on käytännössä koeteltu virtuaalinen oppimisympäris-  
tö, jonka kehitystyö suuntautuu tässä tutkielmassa linjatulla tavalla kohti kysei-  
ttä päämäärää. Tässä tutkimuksessa on ohitettu toteutetun ko. artefaktin laadullis-  
nen arviointi. Laadullisia tekijöitä on vain sivuttu ja systemaattinen arviointi  
esim. ISO 9126 -standardiin peilaten on jäänyt tekemättä. Myös Hughes ja Cot-  
terell [2009] tarjoavat erilaisia menetelmiä artefaktin arviointia varten. Tähän on  
jatkossa keskityttävä enemmän.
2. *Ajankohtaisuus.* Johdannossa mainitut viitteet suomalaisten matematiikan opis-  
kelun ongelmista ja yhteiskunnallisesti linjatut odotukset tieto- ja viestintätek-  
niikan hyödyntämisestä perusopetuksessa perustelevat tarpeen uudenlaisten vir-  
tuaalisten oppimisympäristöjen kehittämiseksi. Nimenomaan tämän hankkeen  
yhteiskunnallinen kiinnostavuutta osoittaa Opetushallitukselta ja Teknologiate-  
ollisuuden 100-vuotissäätiöltä saadut rahoitukset. Tässä tutkimuksessa laaditun  
oppimisympäristön tarpeellisuutta tukee vertailu tarjolla oleviin vartenotetta-  
viin vapaastikäytettäviin tai avoimeen lähdekoodiin perustuviin matematiikan  
opetukseen soveltuviin virtuaalisiin oppimisympäristöihin sekä huomio tällais-  
ten oppimisympäristöjen puuttumisesta (ks. luku 3). Lisäpontta ajankohtaisuu-  
teen antaa laki perusopetuslain muutoksen [2010] pykälä 17, joka koskee eri-  
tyisopetusta. Käytännössä tämä merkitsee entistä heterogeenisempiä ryhmiä,  
joissa on yhä enemmän erilaista tukea tarvitsevia oppilaita. Oppilasjohtoinen  
opiskelu itseohjautumista tukevalla oppimisympäristöllä vastaa tähän tarpee-  
seen.
3. *Arviointi.* Tähän mennessä Anjala [2011, 2013] on tarkastellut opiskelemiseen  
liittyviä asenteita sekä math.fi -oppimisympäristöä käyttäneissä ryhmissä että

vertailuryhmissä. Luonnontieteellisellä tutkimusmenetelmällä saatujen tulosten perusteella oppilaat ovat kokeneet matematiikan opiskelemisen mielekkääksi math.fi -oppimisympäristössä. Opiskelutuloksia ei ole tarkasteltu luonnontieteellisesti. Tämän voi katsoa tutkimuksen puutteeksi. Jatkotutkimuksissa on tarkastettava oppimistuloksia luonnontieteellisin menetelmin.

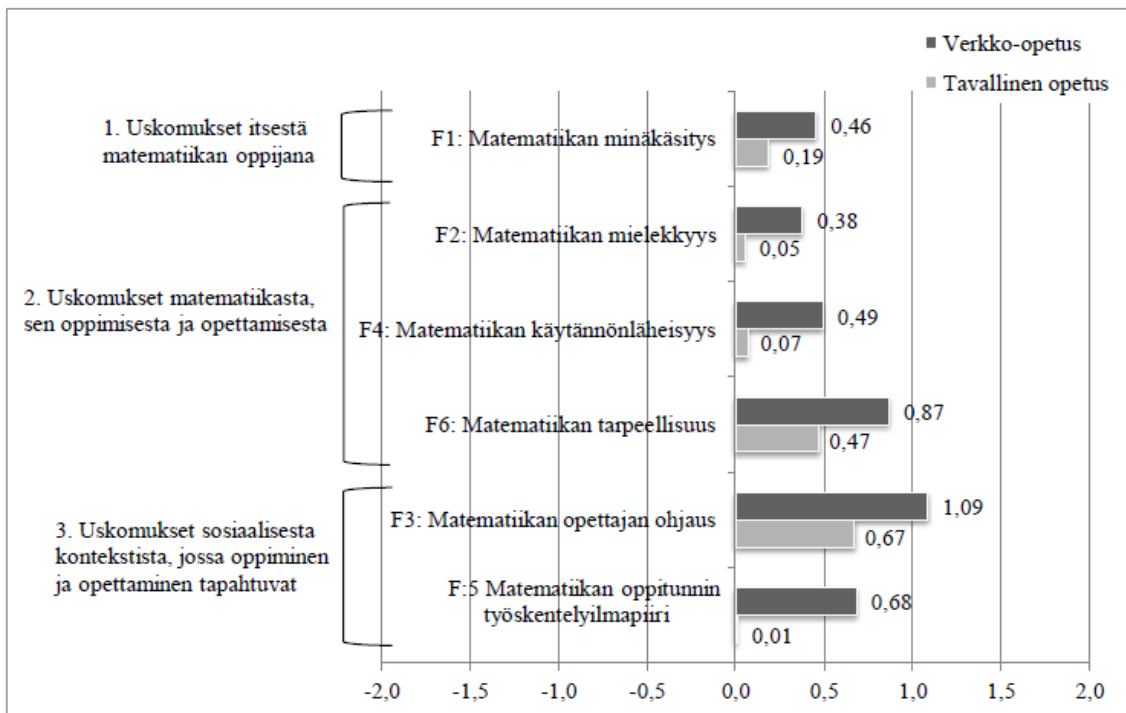
4. *Edistyminen*. Edistymistä on saavutettu tässä tutkimuksessa suunnitellun, toteutetun ja koko ajan laajemmin käyttöön tulevan artefaktin muodossa.
5. *Tasapaino*. Käytännölliset tavoitteet ovat ohjanneet työtä tieteellisen näkökulman oltua vähäisellä huomiolla. Vastapainoksi tälle tässä tutkimuksessa on keskitytty erityisesti itsesäätelyyn ja metakognitioihin liittyvän mallin kehittelyyn. Kyseessä on siis luvun neljä alussa mainittu tapa soveltaa tutkimusmetodia, jossa teorian kehittäminen voi seurata toteutusta [Hevner *et al.*, 2004].
6. *Ratkaisun on toimittava*. Tässä vaiheessa järjestelmäkehityksessä on useiden iteraatioiden jälkeen päästy oppimisympäristön versioon, jonka avulla opiskeleminen on Anjalan [2011, 2013] tutkimusten mukaan mielekästä. Oppilaat ovat myös kokeneet saaneensa enemmän henkilökohtaista ohjausta opettajalta oppimisympäristöä käytettäessä, mikä on ollut tavoitteenakin. Vertailtaessa matematiikan kokeiden tuloksia vertailuryhmiin ei ole huomattu eroja oppimistuloksissa. Järjestelmän kehittäjät katsovat tämän tuloksen myönteiseksi ottaen huomioon kehitystyön keskeneräisyyden. Oriveden yhteiskoulussa onkin vuosi vuodelta lisätty oppimisympäristöä käyttävien luokkien määrää. Oppilaiden mielipiteitä on kuultu, eikä yksikään ryhmä ole luopunut oppimisympäristön käyttämisestä. Keskeneräisyydestään huolimatta oppimisympäristö on osoittautunut toimivaksi.
7. *Tulosten esitleminen*. Tutkimus esitellään sekä tekniselle yleisölle että kasvatustieteilijöille. Tekninen yleisö tarkoittaa ohjelmistokehityksen pro gradu -työhön liittyviä sidosryhmiä ja hyödyntävä yleisö muodostuu kasvatustieteilijöistä ja opettajista, jotka ovat kiinnostuneita matematiikan opetuksen virtuaalisista oppimisympäristöistä.

### **Tutkimustulokset oppilaiden matematiikkakuvasta**

Anjala [2013] on tutkinut verkko-opetuksessa olevien oppilaiden matematiikkakuvaa vertaamalla heidän antamia vastauksia tavallisessa opetuksessa olevien oppilaiden antamiin vastauksiin. Tämä luonnontieteellinen tutkimus tukee tietojärjestelmätutkimuksen tuloksellisuuden arviointia [March and Smith, 1995].

Tutkimustulokset on esitetty kootusti kuvassa 16 ja 17. Summamuuttujiin ja yksittäisiin väittämiin liittyvät tilastolliset erot Anjala on käsitellyt järjestämällä ne matematiikka-kuvaan liittyvien peruskomponenttien mukaiseen järjestykseen. Yksittäisten väittämien prosenttijakaumat Anjala esittää niin, että Likert-asteikon kaksi ensimmäistä ja kaksi viimeistä porrasta on yhdistetty toisiinsa. Kuvissa koeryhmällä tarkoitetaan verkko-opetuksessa olevia oppilaita ja vertailuryhmällä tavallisessa luokkaopetuksessa olevia oppilaita.

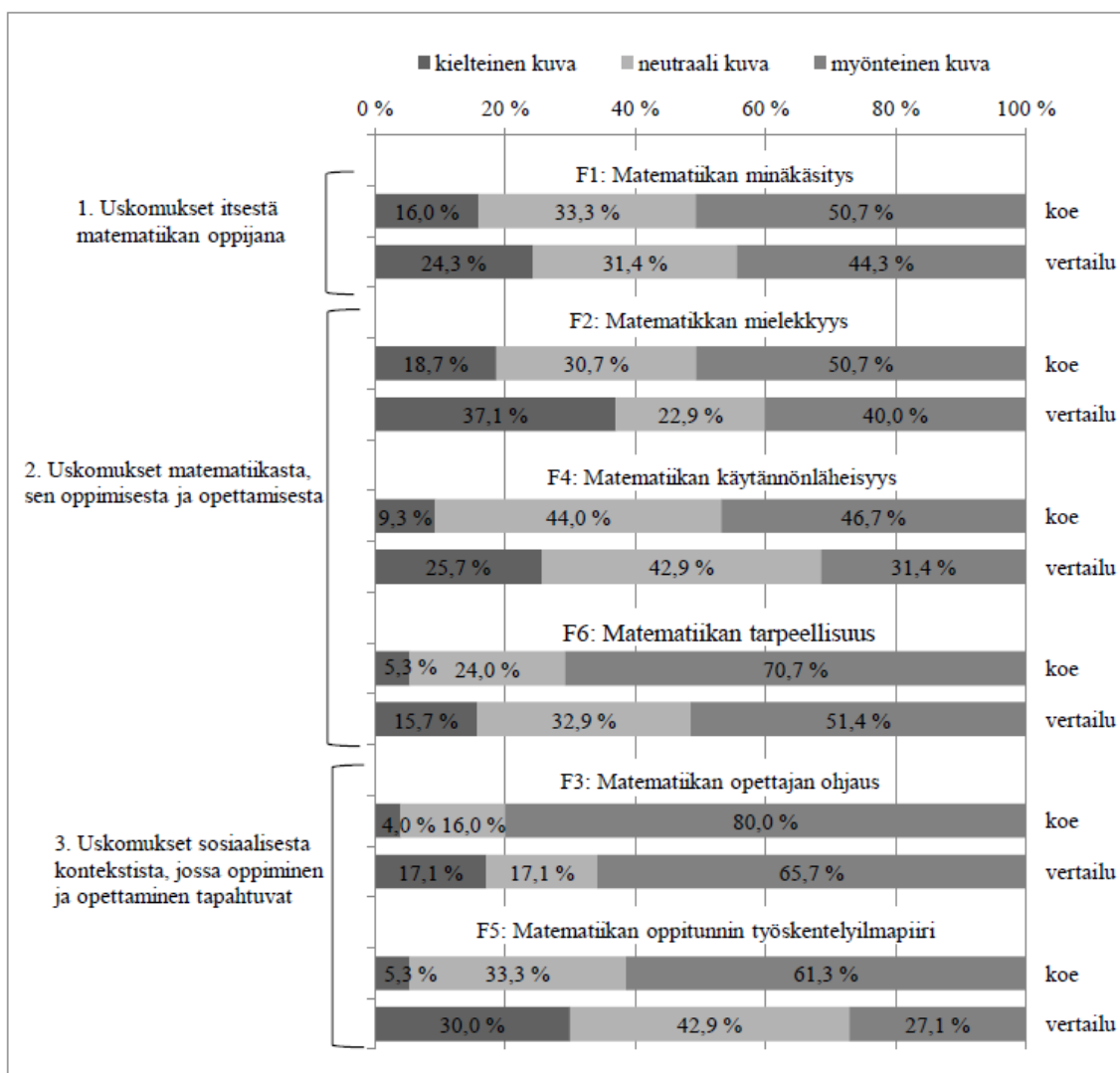
*”Oppilaiden vastaukset pisteytettiin summamuuttujien avulla... Keskiarvot kuvaavat oppilaiden keskimääräisiä uskomuksia matematiikkakuvan eri osa-alueisiin, jotka on ryhmitelty matematiikkakuvaan liittyvien kolmen eri peruskomponentin mukaisesti. Yksittäisen vastaajan uskomuksia voidaan pitää sitä myönteisempänä, mitä lähempänä hänen pisteensä ovat arvoa 2 ja sitä kielteisempänä, mitä lähempänä hänen pisteensä ovat arvoa -2.” [Anjala, 2013]. Pisteiden keskiarvot on esitetty kootusti kuvassa 16.*



Kuva 16. Summamuuttujapisteiden keskiarvot faktoreiden ja opetustavan mukaan jaoteltuina (N=145: verkko-opetus=75; tavallinen opetus=70) [Anjala, 2013].

*”Kaikki oppilaat on myös jaettu kolmeen eri ryhmään heidän saamiensa pisteidensä perusteella. Myönteisen kuvan muodostaneet oppilaat olivat vastanneet keskimäärin vähintään puoleen faktorin väittämistä ”olen jokseenkin samaa mieltä” ja loppuihin*

väittämiin ”en osaa sanoa”. Kielteisen kuvan muodostaneet oppilaat olivat vastanneet keskimäärin vähintään puoleen faktorin väittämistä ”olen jokseenkin eri mieltä” ja lopuihin väittämiin ”en osaa sanoa”. Loput oppilaat kuuluvat ryhmään neutraali kuva.” [Anjala, 2013]. Kuvassa 17 on esitetty kootusti oppilaiden vastausten prosenttijakaumat faktoreittain eroteltuina.



Kuva 17. Vastausten prosenttijakaumat faktoreiden ja opetustavan mukaan eriteltyinä (N=145: koeryhmä=75; vertailuryhmä=70) [Anjala, 2013].

Kuvista 16 ja 17 voidaan nähdä, että Anjalan [2013] tutkimustulokset tukevat yksiselitteisesti oppimisympäristön käyttöä. Tutkimusaineisto on kerätty helmikuussa 2012 eli ennen viimeisintä versiopäivitystä. On perusteltua olettaa, että uudella versiolla tulokset eivät ainakaan huononisi. Pelkästään parantuneesta ulkoasusta on tullut myönteistä palautetta.



### **Tutkimuksen tuloksellisuuden varmentamiseksi tarvitaan lisää tutkimusta**

Edellä osoitettiin tieteellisesti, että oppilaat ovat kokeneet oppimisympäristöllä opiskelun mielekkääksi. Lukuvuoden päättyessä oppilailta on kysytty myös suullisesti mielipidettä siitä, haluavatko he jatkaa opiskelemista math.fi -oppimisympäristöä käyttäen vai eivät. Tähän asti jokainen oppimisympäristöä käyttänyt ryhmä Oriveden yhteiskoulussa on halunnut jatkaa oppimisympäristön käyttöä.

Oriveden yhteiskoulussa on käytäntö, jossa kaikilla luokka-asteen oppilasryhmillä on sama koe. Kullakin luokka-asteella on ollut kuudesta seitsemään rinnakkaisluokkaa. Noin puolet ryhmistä on käyttänyt oppimisympäristöä ja puolet ei ole käyttänyt sitä. Näin oppimistuloksia on voitu seurata vertailemalla eri tavoin opiskelevien oppilaiden kirjallisten kokeiden tuloksia. Kokeissa ei ole huomattu merkittäviä eroja oppimistuloksissa. Tieteellisesti tätä ei ole osoitettu, joten tarvitaan luonnontieteellistä tutkimusta oppimisympäristön käytön vaikutuksista oppimistuloksiin.

Tutkimuksessa esitellään kohdassa 5.4. malli oppilaan matemaattisen ajattelun tukemisesta math.fi -oppimisympäristössä. Mallin oleellisin osa on palaute- ja ohjausprosessit itsesäätelyn tueksi. Sen tämänhetkinen toteutus on kuvattu myös kohdassa 5.4.. On koettu, että toteutusta voidaan vielä parantaa käytännön opetuskokemukseen perustuen, joten kyseisten piirteiden kehittäminen valittiin tärkeimmäksi tavoitteeksi projektityökurssilla lukuvuonna 2012 – 2013. Muutettavana ovat sekä palautteen ja ohjauksen sisältö että sen esittämistapa. Tämän jälkeen on suunnittelutieteellisen tutkimusotteen mukaisesti vuorossa luvun neljä alussa mainitut luonnontieteelliset tutkimukset toteutettujen palaute- ja ohjausprosessien arvioimiseksi.

Kun kohdassa 3.3. asetettiin vertailtavien oppimisympäristöjen kartoittamisessa reunaehdoksi vapaastikäytettävyys tai avoin lähdekoodi, rajautui tarkastelusta pois oppimisympäristöjä, joissa on parempia oppilaan itseohjautumista tukevia ominaisuuksia kuin vertailuun valituissa oppimisympäristöissä. Jatkossa on tarpeen perehtyä paremmin itsesäätelyä tukevista oppimisympäristöistä saatuihin kokemuksiin ja tutkimustuloksiin. Esimerkiksi kaupallinen ohjelma Luotsi [2012] on tällainen oppimisympäristö.

## 7. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa on esitelty peruskoulun ylempien luokkien matematiikan opetuksen tarkoitettu matemaattisen ajattelun oppimisympäristö math.fi. Sivusto on toteutettu www-palveluna ajanmukaista tekniikkaa käyttäen. Tutkimuksen lähestymistapa on ollut suunnittelutieteellinen [Hevner *et al.*, 2004; Reeves, 2006]. Suunnittelutieteellisen tutkimusotteen luonteen mukaisesti on tutkimuksen kuusivuotisen käytännön kehitystyön jälkeen voitu esitellä teoreettinen malli matemaattisen ajattelun tukemisesta. Mallissa on kuvailtu, miten järjestelmän avulla voidaan tukea oppilaan matemaattista ajattelua. Tässä tutkimuksessa matemaattiseksi ajatteluksi katsotaan kognitiiviset ja metakognitiiviset prosessit, jotka toimivat oppilaan kokiessa olevansa oman toimintansa subjekti [Ruohotie, 2000]. Erityisesti metakognitiivisen ajattelun [Flavell, 1976] ja itsesäätelyn [Lehtelä, 2001] katsotaan olevan avaintekijöitä pyrittäessä oppimisympäristön avulla korkeimpaan päämäärään – oppimaan oppimiseen.

### Opettamisen paradigmat tarkasteluun

Tutkimukset tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntämisestä opetuksessa osoittavat [Gravemeijer and Cobb, 2006], että erittäin merkitsevää on tapa, miten tekniikkaa sovelletaan. Tässä tutkimuksessa tuo tarkastelu on käytännössä ohitettu. Onkin tarpeen tehdä käytännön kokeiluja ja lisätutkimusta tavoista, miten opettaja käyttää math.fi -oppimisympäristöä opetuksessaan. Oleellista on nimenomaan etsiä uusia opetusparadigmoja, koska eräänä tunnusmerkkinä TVT:n hyödyntämisen epäonnistumisessa on ollut se, että tietotekniikkaa on koettu sovitaa vanhoihin opetuksen käytäntöihin [Ilomäki, 2008]. Esimerkiksi Mastery learning -opetusparadigman [Bloom, 1984] kokeilut Suomessa ovat olleet lupaavia [Peura, 2012]. Pääosa kokemuksista on saatu lukioista, mutta myös kahdeksannen luokan perusopetuksessa Kilterin koulussa opetusmenetelmä on koettu mielekkääksi [Matematiikan opetuksen tulevaisuus, 2012]. Kyseinen opetusmenetelmä on linjassa tässä tutkielmassa esiteltävän oppimisympäristön periaatteiden kanssa, joten Mastery learning -opetuksen soveltamista on tarpeen tutkia jatkossa.

### Kehitystarpeet oppimisvaikeuksien näkökulmasta

Räsänen ja Ahonen [2002] toteavat, että lapset, joilla on matemaattisia vaikeuksia, voidaan ryhmitellä kahdella tavalla. On lapsia, joilla on yleinen hitaus kehityksessä ja oppimisessa, sekä lapsia, joilla on todellinen vaikeus oppia ja ymmärtää matematiikkaa.

Oppimisympäristön käyttämisessä opettajan tulee huomioida nämä molemmat ryhmät. Ensimmäisessä tapauksessa Räsänen ja Ahonen [2002] pitävät tärkeimpänä tarjota oppilaille riittävästi aikaa ja harjoitusta. Toisen ryhmän lapset tarvitsevat muuta huomiota ja erityisjärjestelyjä kenties aina opetuksen mukautukseen ja henkilökohtaisen oppimissuunnitelman laatimiseen saakka. Oppimisympäristöä ei ole toistaiseksi suunniteltu erityisesti tukemaan oppimisvaikeuksissa, vaikka se välillisesti niin tekeekin vapauttamalla opettajan resursseja yksilölliseen ohjaamiseen. Tähän asti metakognitiivisen ajattelun kehittämisellä on keskitytty tukemaan itsesäätelyn kehittymistä ja itsenäistä työskentelyä. Kognitiivisten tukien avulla [Iiskala ja Hurme, 2006] olisi kuitenkin edistettävissä myös metakognitioiden kehittymistä itse ongelmanratkaisussa. Jatkossa resursseja kannattaneen suunnata myös kognitiivisten tukien kehittämiseen aloittaen lukukäsitteen laajentamisessa luonnollisista ja kokonaisluvuista rationaalilukuihin. Em. kehittämiselle lisäpontta antaa laki perusopetuslain muuttamisesta [2010], jonka pykälässä 17 määrää eriytettyä erityisopetuksen järjestämisestä. Käytännössä tuo kohta merkitsee entistä heterogeenisempiä opetusryhmiä, jolloin opetus tulee pystyä järjestämään tavalla tai toisella huomioiden oppijoiden yksilölliset erot.

### **Math.fi:n erityispiirre: kokonaisvaltainen oppilaan itsesääteily**

Tutkimuksen yhteydessä tehty selvitys peruskoulun matematiikan opetukseen soveltuvista vapaasti käytettävistä tai avoimeen lähdekoodiin perustuvista oppimisympäristöistä osoittaa, että erilaisia yksittäisiä tai pieneen osa-alueeseen rajautuvia sivustoja löytyy Internetistä lukemattomia määriä. Kuitenkaan sellaisia oppimisympäristöjä, joissa matematiikan opiskelu pyritään järjestämään kokonaan oppilasjohtoiseksi, ei löydy lainkaan. Tämän vuoksi sisällöllisesti ja pedagogisilta periaatteiltaan vahva oppimisympäristön, math.fi:n kehittäminen edelleen on tarkoituksenmukaista. Lähiajan tavoitteena on mm. parantaa oppilaan itsesäätelyn tukea. Se onkin projektityökurssilla 2012 – 2013 tärkein kehitettävä piirre. Kehitettävänä ovat niin palautteen muodostamiseen liittyvät algoritmit ja parametrit kuin tapa, jolla palautetta ja ohjausta oppilaalle annetaan.

## Viiteluettelo

[Anjala, 2011] T. Anjala. *Verkko-opetuksen vaikutukset oppilaiden asenteisiin tietokoneiden avulla opiskelua kohtaan - Kokemuksia Matemaattisen ajattelun oppimisympäristöstä Oriveden yhteiskoulussa*. Tampereen yliopisto, Kasvatustieteiden yksikkö. Julkaisematon kandidaatintyö, 2011.

[Anjala, 2013] T. Anjala. *Math.fi verkko-oppimisympäristöä käyttävien oppilaiden matematiikkakuva*. Pro gradu –työn käsikirjoitus, 23. tammikuuta 2013.

[Anley, 2003] C. Anley, *Advanced SQL Injection In SQL Server Applications*. An NGSSoftware Insight Security Research (NISR) Publication. Next Generation Security Software Ltd 2002.

[Annevirta ja Iiskala, 2003] T. Annevirta ja T. Iiskala, *Miten tukea oppilaiden metakognitiota luokkatyöskentelyssä?* Turun yliopisto, Oppimistutkimuksen keskus 2003.

[Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta, 2010] Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta, *Kansallinen tieto- ja viestintätekniikan opetuskäytön suunnitelma*. Helsinki, 2010.

[Balanskat *et al.*, 2006] A. Balanskat, R. Blamire and S. Kefala, *The ICT Impact Report. A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet, 2006.

[Barab and Squire, 2004] S. Barab, and K. Squire, Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, **13**, 1 (2004), 1-14.

[BBC, 2012] BBC, *Learning Schools*.  
<http://www.bbc.co.uk/schools> Viitattu 9.6.2012.

[Beck *et al.*, 2012] K. Beck *et al.*, *Manifesto for Agile Software Development*.  
<http://agilemanifesto.org> Viitattu 27.12.2012.

[Bloom, 1984] B.S. Bloom, The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, **13**, 6 (1984), 4-16.

[Booch *et al.*, 1999] G. Booch, J. Rumbaugh and I. Jacobsen, *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley 1999.

[Bruner *et al.*, 1956] J.S. Bruner, G. Goodnow and A. Austin, *A study of thinking*. New York, Wiley, 1956.

[Butler and Winnie, 1995] D. Butler and P. Winnie, Feedback and Self-Regulated Learning: A theoretical synthesis. *Review of Educational Research*, **65** (1995), 245-281.

[CakePHP, 2012] CakePHP. The rapid development php framework.  
<http://cakephp.org> Viitattu 25.5.2012.

[Descartes, 2013] Descartes Web 2.0, Para la creación de unidades didácticas interactivas de matemáticas.  
<http://arquimedes.matem.unam.mx/DescartesWeb2.0/index.html> Viitattu 26.1.2013

[Hughes and Cotterell, 2009] B. Hughes and M. Cotterell, *Software Project Management*. 5th edition. McGraw-Hill Education, 2009.

[E-math, 2012] E-Math, Matematiikan osaamisen parantamista käyttämällä uutta opetusmenetelmää sekä tieto- ja viestintätekniiikkaa.  
<http://emath.utu.fi/index.php?la=fi> Viitattu 29.12.2012.

[EDU 2.0, 2012] EDU 2.0, Simple, Powerful E-learning Platform.  
<http://www.edu20.org> Viitattu 9.6.2012.

[European Schoolnet, 2012] European Schoolnet, Transforming education in Europe.  
<http://www.eun.org> Viitattu 4.6.2012.

[Eurydice, 2011] Eurydice, *Mathematics Education in Europe: Common Challenges and National Policies*. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency, 2011.

[Flavell, 1976] J.H. Flavell, Metacognitive Aspects of Problem Solving. In: L.B. Resnick (ed.). *The Nature of Intelligence*. New York. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1976, 231-235.

[Geogebra, 2012] Geogebra. Ilmainen ohjelma matematiikan oppimisen ja opettamisen tueksi. <http://geogebra.org/cms> Viitattu 9.6.2012.

[Gravemeijer and Cobb, 2006] K. Gravemeijer and P. Cobb, Design research from a learning design perspective. In: J.V. Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney and N. Nieveen (eds.), *Educational design research*. London: Routledge, 2006, 45-85.

[Haaparanta, 2008] H. Haaparanta, *Tietokoneet perusopetuksen opettajan arkipäivässä. Opettajien työhyvinvoinnin, työuupumuksen ja koulun tietostrategioiden vaikutukset teknologia-asenteeseen*. Väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopisto, julkaisu 761, 2008.

[Halpin, 1998] T. Halpin, Object-Role Modeling (ORM/NIAM). In: P. Bernus, K. Mertins and G. Schmidt (eds.), *Handbook on Architectures of Information Systems* Springer-Verlag, Berlin 1998, 81-103.

[Hartikainen, 2013] S. Hartikainen, Matematiikan opetusvideoita sisältävä Youtube-kanava. <http://www.youtube.com/user/siphartikainen> Viitattu 26.1.2013.

[Hevner *et al.*, 2004] A.R. Hevner, S.T. March, J. Park and S. Ram, Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, **28**, 1 (2004), 75-105.

[Hirvonen, 2012] K. Hirvonen, Onko laskutaito laskussa? Matematiikan oppimistulokset peruskoulun päättövaiheessa 2011. Opetushallitus, *Koulutuksen seurantaraportit* 4, 2012.

[Iiskala ja Hurme, 2006] T. Iiskala ja T.R. Hurme, Metakognitio teknologisissa oppimisympäristöissä. Teoksessa: S. Järvelä, P. Häkkinen ja E. Lehtinen (toim.), *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö*. WSOY, 2006.

[Ilomäki, 2008] L. Ilomäki, *The effects of ICT on school: teachers' and students' perspectives*. Väitöskirja, Turun yliopiston julkaisuja, B-2008-314.

[Insight, 2012] Insight, *2011 Insight Country Reports launched*.  
<http://insight.eun.org> Viitattu 4.6.2012.

[JIRA, 2012] JIRA, Projektinhallintaohjelmisto.  
<http://www.atlassian.com/software/jira/overview> Viitattu 29.12.2012.

[Joutsenlahti, 2012] J. Joutsenlahti, *Kielentäminen matematiikan opiskelussa*. Saatavissa: <http://www.joutsenlahti.net/Languaging.pdf>/ Viitattu 23.12.2012.

[jQuery, 2012] jQuery, jQuery documentation.  
<http://docs.jquery.com> Viitattu 25.5.2012.

[Kankaanranta ja Puhakka, 2008] M. Kankaanranta ja E. Puhakka, *Kohti innovatiivista tietotekniikan opetuskäyttöä. Kansainvälisen SITES 2006 -tutkimuksen tuloksia*. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos, 2008.

[Khan-akatemia, 2012] Khan Academy, A free world-class education for anyone anywhere. <http://www.khanacademy.org> Viitattu 7.6.2012.

[Kiema ja Hartikainen, 2006] P. Kiema ja S. Hartikainen, Matemaattisen ajattelun oppimisympäristö (MAO). Julkaisematon hankesuunnitelma. Orivesi, 21. huhtikuuta 2006.

[Kitchener, 1983] K.S. Kitchener, *Cognition, Metacognition, and Epistemic Cognition*. *Human Development* **26** (1983), 222-232.

[Koskimies, 2000] K. Koskimies, *Oliokirja*. Helsinki. Satku, 2000.

[Kuechler and Vaishnavi, 2008] B. Kuechler and V. Vaishnavi, The Emergence of Design Research in Information Systems in North America. *Journal of Design Research*, 7, 1, (2008), 1-16.

[Kupari et al., 2000] P. Kupari, P. Reinikainen, T. Nevanpää ja J. Törnroos, *Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen peruskoulussa. Kolmas kansainvälinen matematiikka- ja luonnontiedetutkimus Suomessa. Yhteenveto*. Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto, 2000.

[Kupari ja Välijärvi, 2005] P. Kupari ja J. Välijärvi (toim.), *Osaaminen kestäväällä pohjalla: PISA 2003 Suomessa*. Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto, 2005.

[Laki perusopetuslain muuttamisesta, 2010] *Laki perusopetuslain muuttamisesta (610 / 2010)*.

[Lan, 1996] W.Y. Lan, The effects of self-monitoring on students' course performance, use of learning strategies, attitude, self-judgement ability, and knowledge representation. *Journal of Experimental Education* 64, 2 (1996), 101-115.

[Lehtelä, 2001] P. Lehtelä, *Seitsemäsluokkalaisten metakognitiot aineen rakenteen oppimis- ja opiskeluprosessissa*. Väitöskirja, Joensuun yliopisto, Kasvatustieteellisiä julkaisuja 70, 2001.

[Leivo et al., 2009] T. Leivo, M. Mutanen ja R. Nieminen-Sundell (toim.), *Diginatiivit, työ, kansalaisuus*. Kansallinen ennakoitiverkosto, Helsinki, 2009.

[LRE, 2012] LRE, Learning Resource Exchange for schools.  
<http://lreforschools.eun.org> Viitattu 9.6.2012.

[Luotsi, 2012] Luotsi – oppimisympäristö matematiikan opiskeluun.  
[http://www.otava.fi/oppimateriaalit/oppimateriaali\\_sarjat/luotsi](http://www.otava.fi/oppimateriaalit/oppimateriaali_sarjat/luotsi) Viitattu 27.12.2012.



[Löfström *et al.*, 2006] E. Löfström, K. Kanerva, L. Tuuttila, A. Lehtinen ja A. Nevgi, *Laadukkaasti verkossa: Verkko-opetuksen käsikirja yliopisto-opettajalle*. Helsingin yliopisto, Helsingin yliopiston hallinnon julkaisuja 33, 2006.

[Mansoft, 2012] ManMath matematiikka.

<http://www02.ooph.fi/etalukio/opiskelumodulit/manmath> Viitattu 9.6.2012.

[March and Smith, 1995] S.T. March. and G.F. Smith, Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems* **15** (1995), 251-266.

[Matematiikan opetuksen tulevaisuus, 2012] Matematiikan opetuksen tulevaisuus.

<http://maot.fi> Viitattu 27.12.2012.

[Merenluoto, 2006] K. Merenluoto, Käsitteellinen muutos oppimisessa ja teknologiaympäristön tuki. Teoksessa: S. Järvelä, P. Häkkinen ja E. Lehtinen (toim.), *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö*. WSOY. 2006.

[Merenluoto and Lehtinen, 2004] K. Merenluoto and E. Lehtinen, Number concept and conceptual change: towards a systemic model of the processes of change. *Learning and Instruction* **14** (2004), 519-534.

[Moodle, 2012] Moodle, An Open Source Course Management System

<https://moodle.org/about> Viitattu 23.12.2012.

[MySQL, 2012] MySQL Documentation: MySQL Reference Manuals.

<http://dev.mysql.com/doc> Viitattu 25.5.2012.

[Mäkiaho and Poranen, 2012a] Math.fi. In: P. Mäkiaho and T. Poranen (eds.), *Software Projects 2011-2012*. University of Tampere, School of Information Sciences. Reports in Information Sciences 9, 2012, 43-46.

[Mäkiaho and Poranen, 2012b] Moodle project. In: P. Mäkiaho and T. Poranen (eds.), *Software Projects 2011-2012*. University of Tampere, School of Information Sciences. Reports in Information Sciences 9, 2012, 50-56.

[Netbeans, 2012] Netbeans, The Smarter and Faster Way to Code.

<http://netbeans.org> Viitattu 9.6.2012.

[Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2010] Opetus- ja kulttuuriministeriö, *Koulutuksen tieto-yhteiskuntakehittäminen 2020. Parempaa laatua, tehokkaampaa yhteistyötä ja avoimempaa vuorovaikutusta*. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2010:12, Helsinki 2010.

[Opetus.tv, 2012] Opetus.tv, Opetusvideoita.

<http://opetus.tv> Viitattu 9.6.2012.

[Opetushallitus, 2004] Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Opetushallitus, Vammala, 2004.

[Opetushallitus, 2011] Opetushallitus, *Matematiikan opetus Euroopassa – yleiset haasteet ja kansalliset linjaukset*. 2011.

[http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/132FI\\_HI.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/132FI_HI.pdf)  
Viitattu 29.12.2012.

[Peura, 2012] P. Peura, Matematiikan opetuksen tulevaisuus. *Dimensio* **76**, 1 (2012), 20-23.

[Piccoli *et al.*, 2001] G. Piccoli, R. Ahmad and B. Ives, Web-Based Virtual Learning Environments: A Research Framework and a Preliminary Assessment of Effectiveness in Basic IT Skills Training. *MIS Quarterly*, **25**, 4 (2001), 401-426.

[PISA, 2012] *PISA 2009 -raportti selittää PISA-tulosten syitä ja muutossuuntia*. Opetus- ja kulttuuriministeriö, tiedote 11.4.2012.

[http://www.minedu.fi/OPM/Tiedotteet/2012/04/pisa09\\_julkaisu.html](http://www.minedu.fi/OPM/Tiedotteet/2012/04/pisa09_julkaisu.html) Viitattu 27.4.2012.

[Poranen, 2011] Matemaattinen oppimisympäristö. In: T. Poranen (ed.), *Software Projects 2010-2011*. University of Tampere, School of Information Sciences. Reports in Information Sciences 2, 2011, 35-40.

[Pönkä ja Impiö, 2009] H. Pönkä ja N. Impiö, Sosiaalinen media yhteisöllisen tiedonrakentelun ja opetuksen avoimuuden mahdollistajana.

<http://develope.wordpress.com> Viitattu 23.12.2012.

[Reenskaug, 2003] T. Reenskaug, *The Model-View-Controller (MVC). It's Past and Present*.

[http://heim.ifi.uio.no/~trygver/2003/javazone-jaoo/MVC\\_pattern.pdf](http://heim.ifi.uio.no/~trygver/2003/javazone-jaoo/MVC_pattern.pdf) Viitattu 27.12.2012.

[Reeves, 2006] T.C. Reeves, Design research from the technology perspective. In: J.V. Akker, K.Gravemeijer, S.McKenney and N.Nieveen (eds.), *Educational design research*. London: Routledge, 2006, 86-109.

[Ruohotie, 1996] P. Ruohotie, *Oppimalla osaamiseen ja menestykseen*. Edita, Helsinki, 1996.

[Ruohotie, 1998] P. Ruohotie, *Motivaatio, tahto ja oppiminen*. Edita, Helsinki, 1998.

[Ruohotie, 2000] P. Ruohotie, *Oppiminen ja ammatillinen kasvu*. WSOY, Juva, 2000.

[Räsänen ja Ahonen, 2002] P. Räsänen ja T. Ahonen, Matemaattiset oppimisvaikeudet. Teoksessa: H. Lyytinen, T. Ahonen, T. Korhonen, M. Korkman ja T. Riita (toim.), *Oppimisvaikeudet. Neuropsykologinen näkökulma*. WSOY, 2002.

[Räsänen et al., 1997] P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen ja P. Malinen, (toim.), *Matematiikka - näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti ja Koulutuksen tutkimuslaitos.

[Sandhu and Samarati, 1994] R.S. Sandhu and P. Samarati, Access control: principle and practice. *IEEE Communications Magazine*, 9 (1994), 40-48.

[Schwaber and Sutherland, 2011] K. Schwaber and J. Sutherland, *The Scrum Guide*.

[http://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/Scrum\\_Guide.pdf](http://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/Scrum_Guide.pdf) Viitattu 27.12.2012.

[Schraw, 1991] G. Shraw, Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science* **26** (1998), 113-125.

[Subversion, 2012] Apache Subversion, An open source version control system.

<http://subversion.apache.org> Viitattu 9.6.2012.

[Sulkunen ja Välijärvi, 2012] S. Sulkunen ja J. Välijärvi (toim.), *PISA09. Kestääkö osaamisen pohja?* Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 12, 2012.

[Van den Akker *et al.*, 2006] J.V. Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney and N. Nieveen, Introduction to educational design research. In: J.V. Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, and N. Nieveen (eds.), *Educational design research*. London, Routledge, 2006, 1-8.

[Vauras *et al.*, 2006] M. Vauras, R. Kinnunen ja P. Salonen, Oppimisvaikeudet ja teknologia oppimisen ohjaamisen mahdollistajana. Teoksessa: S. Järvelä, P. Häkkinen ja E. Lehtinen (toim.), *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö*. WSOY, 2006.

[Välijärvi, 1997] J. Välijärvi, *Millä eväillä lukiosta yliopistoon? Lukiolaisten valmiudet korkeakoulujen opettajien arvioimina*. Koulutuksen tutkimuslaitoksen julkaisusarja, Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto, 2005.

[Vygotsky, 1982] L.S. Vygotsky, *Ajattelu ja kieli*. K. Helkama ja A. Koski-Jännes (suom.), Espoo, Weiling & Göös, 1982.

[Wahlstedt, 2007] A. Wahlstedt, *Stakeholders' conceptions of learning in learning management systems development*. Jyväskylä studies in computing 79, 2007.

[Wikipedia, 2012] Ajax, A group of interrelated web development techniques.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax\\_\(programming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_(programming)) Viitattu 29.12.2012.

[Wood *et al.*, 1976] D. Wood, J. Bruner and G. Ross, The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, **17** (1976), 89-100.

## **Liite 1: Yhteenveto digitaalisista oppimisresursseista ja -palveluista**

Yhteenveto digitaalisista oppimisresursseista ja -palveluista European Schoolnetin koostamista maakohtaisista raporteista [Insight, 2012]. Viron, Ranskan, Kreikan, Liettuan ja Portugalin tiedot ovat jaksolta 2009 / 2010. Muiden maiden tiedot ovat jaksolta 2010 / 2011.

Alankomaat:

- <http://www.telblik.nl> opetusohjelmia TV:ssä
- <http://www.vo-raad.nl/>
- <http://www.wikiwijs.nl/home/>
- Educative content chain 2 (ECK2)
- Edurep oppimisalusta mm. Wikiwijs-palvelun takana
- <http://communitys.kennisnet.nl/> suosituimmat oppimisalustat
- LRE of European Schoolnet resurssien jakamiseen
- EDRENE yhteistyöhön Belgian kanssa
- Wikiwijs

Iso-Britannia:

- <http://www.nen.gov.uk/> ”National Education Network”
- <http://www.tes.co.uk/> Kahden miljoonan opettajan yhteisö mm. materiaalien jakamiseen
- <http://www.ictopus.org.uk/> erilaisia materiaaleja
- <http://primaryschoolteaching.co.uk/stand-out.php>
- <http://opensourcechools.org.uk/> tietoa vapaan lähdekoodin ohjelmien käytöstä
- <http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/> BBC:n opetussivut

Sveitsi:

- <http://www.educa.ch/de> kokoava sivusto
- oppimisalustat: educanet<sup>2</sup> käytetyin (91,7%), Moodle (4,8 %), BSCW (3,2 %) Ilias (1,6 %)

Ruotsi:

- käytetyimmät oppimisalustat: FirstClass, Rexnet, Fronter
- muut: ATutor, Blackboard, It's learning, Mentor e-learning, Moodle, Vklass, Luvit, Ping Pong, Sakai CLE

## Italia:

- <http://www.indire.it/archivi/dia/> 25000 kuvan arkisto
- <http://gold.indire.it/gold2/> parhaat käytänteet, jaettua materiaalia
- PuntoEdu

## Norja:

- <http://skolenett.no> kansallinen portaali
- <http://nrk.no/skole/> opetusohjelmia ja -videoita
- 

## Belgia:

- <http://www.klascement.net/> jaettua materiaalia
- oppimisolustat: Smartschool, EloV, Moodle ja Dokeos

## Itävalta:

- <http://www.bildung.at/> ministeriön kokoava sivusto
- <http://www.edugroup.at/> jaettua materiaalia
- oppimisolustat: Moodle, ILIAS, dofLRN

## Espanja:

- Descartes matematiikan sisältöjä
- <http://agrega.educacion.es> jaettua materiaalia
- oppimisolustoista mainitaan Moodle

## Kypros:

- <http://elearn.pi.ac.cy/> Moodleen pohjautuva oppimisympäristö

## Unkari:

- <http://sdt.sulinet.hu> kokoava sivusto
- oppimisolusta Sulinet Digital Knowledge Base (SDT)

## Tsekki:

- <http://dum.rvp.cz> vapaasti käytettävää materiaalia, joka on jaossa myös European Schoolnetin Learning Resource Exchange -sivulla (LRE)
- oppimisolustana Moodle
- muita ympäristöjä: Mahara, WordPress, phpBB, Mantis ja Twinspace

## Viro:

- <http://www.tiigrihype.ee> Tiger Leap Foundation:n sivusto, jossa on materiaalia myös opetukseen
- oppimisolustat: IVA, VIKO, WebCT ja Moodle

## Ranska:

- <http://www.primtice.education.fr> sivusto perusopetuksen alemmille luokille
- raportissa mainitaan ainoastaan, että kaikilla kouluilla on alkanut oppimisympäristöprojektit vuonna 2009

## Kreikka:

- <http://www.e-yliko.sch.gr> kokoava sivusto

## Liettua:

- <http://vma.emokykla.lt/moodle/> kokoava sivusto
- oppimisalustana Moodle

## Portugali:

- <https://www.portaldasescolas.pt> kokoava sivusto, jolla resursseja
- oppimisalustana Moodle.

Liite 2: Tietokannan ER-malli

