

Itse- ja vertaisarviointi matematiikan opetuksessa

Pinja Palm
Pro gradu –tutkielma
Tammikuu 2021

MATEMATIIKAN JA TILASTOTIETEEN LAITOS
TURUN YLIOPISTO

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Matematiikan ja tilastotieteen laitos

PALM, PINJA

Pro gradu -tutkielma, 43 sivua

Matematiikka

Tammikuu 2021

Tämä pro gradu -tutkielma on kirjallisuuskatsaus, jossa analysoidaan kirjallisuuden perusteella, miten oppimiskäsityksen muutos on vaikuttanut matematiikan oppiaineen arviointiin, ja miten itse- ja vertaisarviointi arviointimenetelminä vastaavat nykyisen oppimiskäsityksen tarpeisiin. Nykyajan konstruktivistinen oppimiskäsitys painottaa oppijan omaa aktiivista roolia ja oppijan aiemmin omaksumien tietojen ja taitojen merkitystä uuden oppimisessa. Perinteiseksi koettu opetus- ja arviointityyli eivät ota näitä ominaisuuksia huomioon. Arvioinnissa korostetaan nykyään yhä enenevässä määrin formatiivista oppimisen arviointia. Itse- ja vertaisarviointi ovat oppimisen arvioinnin työkaluja. Tutkimuksissa on löydetty yhteyksiä oppilaan matematiikan oppimisen edellytysten, kuten esimerkiksi matemaattisen ajattelun kielentämisen taidon tai mi-näpystyvyyden tunteen, ja itse- ja vertaisarvioinnin välillä.

Avainsanat: matematiikan opetus, oppimisen arviointi, itsearviointi, vertaisarviointi

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Matematiikan oppimisen teoriaa	3
2.1	Konstruktivistinen oppimiskäsitys	3
2.2	Metakognitio	5
2.3	Matemaattiset taidot ja matemaattinen suoriutuminen.....	6
2.4	Matematiikan konstruktivistinen opettaminen	8
3	Arviointi Suomessa	14
3.1	Arvioinnin vaikutus oppimiseen.....	15
3.2	Arviointikulttuurin muutos Suomessa.....	16
3.3	Oppimisen arviointi.....	18
4	Vertaisarviointi.....	20
4.1	Vertaispalaute.....	21
4.2	Vertaisarviointi ja vuorovaikutus	24
4.3	Vertaisarviointi ja minäpystyvyys.....	25
5	Itsearviointi.....	26
5.1	Itsearviointi, matematiikan oppiminen ja matemaattinen suoriutuminen.....	29
5.2	Itsearviointi ja kielentäminen	30

6	Pohdinta.....	31
7	Lähteet.....	36

1 Johdanto

Arviointi on osa jokapäiväistä elämäämme. Ulos lähtiessämme arvioimme säätä. Uuden ihmisen tavatessamme arvioimme miten hän puhuu ja miltä hän vaikuttaa. Koulumaailmassa arviointi on hieman näkyvämpää: se on keino ilmaista, miten oppilaan tiedot, taidot ja muu osaaminen vastaavat hänen luokka-asteensa odotuksia ja vaatimuksia. Perinteisesti arviointi on mielletty säännöllisin väliajoin pidettäviksi kirjallisiksi kokeiksi, joissa oppilas kirjaa ylös kaikki kyseisestä aihealueesta muistamansa tiedot. Tämän jälkeen opiskellaan taas uutta, jonka oppimista arvioidaan kokeella. Sykli toistuu, kunnes jossain vaiheessa eteen tulee päättöarviointi, ja tämän jälkeen oppilas on valmis siirtymään työelämään tai korkeammalle koulutusasteelle. Mutta mitä tapahtuu näiden kirjallisten arviointien välissä?

Yhteiskuntamme on viime aikoina kokenut suuria muutoksia erityisesti tieto- ja viestintätekniikan saralla. Tiedon saatavuus ja muuttuva luonne tarkoittavat sitä, ettei kouluopetuksessa ole enää mahdollista opettaa oppilaalle kaikkia niitä tietoja ja taitoja, joita hän tulevaisuuden työelämässä tulee tarvitsemaan. Yksilöltä odotetaan läpi elämän kestäväää kykyä mukautua, oppia uutta ja yhdistää uusia tietoja ja taitoja vanhoihin. Työelämän vaatimusten ja vallalla olevan oppimiskäsityksen muuttuminen ovat johtaneet muutoksiin myös koulumaailmassa.

Opetus ja koulutus ovat käyneet läpi arviointikulttuurin muutosta. Vielä 1980- ja 1990-luvulla käytettiin käsitteitä ”oppilaan arvostelu” tai ”oppilasarviointi”, jotka viittaavat arvioinnin kohdistuvan nimenomaan oppilaaseen ja hänen suoritukseensa. Sittemmin termin ”arvostelu” sijasta on yhä enenevässä määrin siirrytty termiin ”arviointi”, joka viittaa arvioinnin tehtävän muutokseen laajemmassa mittakaavassa: arviointi ei tarkoita nykyisessä koulumaailmassa pelkästään summatiivisen kokeen järjestämistä ja arvosanan antamista, vaan myös jatkuvaa opintojen aikaista tarkastelua ja oppimisprosessin arviointia. Käytännössä tämä viittaa oppilaan oppimisprosessin ohjaamiseen arvioinnin avulla. (Ouakrim-Soivio, 2016.) Matematiikan arvioinnissa painotetaan yhä enenevässä määrin matemaattisen ajattelun ilmentämistä ja oppilaan omien matemaattisten prosessien havainnollistamista pelkkien laskurutiinien suorittamisen sijaan.

Oppimisen arviointi pitää sisällään osaamisen tason arvioinnin lisäksi opinnoissa edistymisen arviointia sekä palautteen antamista molemmista. Tarkoitus on tarjota oppilaalle edellytykset opinnoissa etenemiseen. Itse- ja vertaisarviointi ovat oppimisen arvioinnin menetelmiä, joissa oppilas osallistetaan itse osaksi arviointiprosessiaan. Molemmat arviointikeinot ovat tapoja lisätä oppilaan aktiivista toimijuutta omassa oppimisprosessissaan, tukea oppilasta omien oppimistavoitteidensa saavuttamisessa, kehittää metakognitiivisia taitoja ja lisätä opetustilanteisiin liittyvää vuorovaikutusta. Näitä arviointimenetelmiä voidaan käyttää myös tukemaan oppilaan taitoa kielentää matemaattista ajatteluaan.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastellaan itse- ja vertaisarvioinnin hyödyntämistä matematiikan opetuksessa. Aloitan työni kertomalla vallalla olevasta oppimiskäsityksestä, matematiikan oppimisen teoriasta ja arvioinnin vaikutuksesta oppimiseen. Lopuksi kerron tarkemmin itse- ja vertaisarvioinnista arviointimenetelminä, ja avaan muutamia tutkimuksia, joissa näitä arviointimenetelmiä on hyödynnetty osana matematiikan opetusta. Tavoitteeni on tarkastella kyseisten arviointimenetelmien käyttöä oppimiskäsitykseen pohjautuen ja luoda matematiikan arvioinnista ja oppimiseen vaikuttavista tekijöistä mahdollisimman laaja kokonaiskuva. Aineistonkeruussa olen käyttänyt kasvatustieteellistä ERIC-tietokantaa ja Google Scholar -hakukonetta sekä löytämäni aineistojen lähdeluetteloita. Lähdemateriaalina käyttämäni tutkimukset ovat vertaisarvioituja. Olen täydentänyt tekstiä kokemuksillani pedagogisten opintojeni harjoittelujaksoilta ja työelämästä peruskoulun ja lukion aineenopettajana.

2 Matematiikan oppimisen teoriaa

Näkemyks oppimiskäsityksestä kertoo siitä, millaiset mekanismit oppimiseen vaikuttavat, ja mitkä tekijät säätelevät oppimista. Aiemmin vallalla ollut oppimiskäsitys edusti objektivismia ja oppimiskäsitys oli behavioristinen. Tämän käsityksen mukaan todellisuus oli mahdollista saada selville suorittamalla järjestelmällisesti tiettyjä tutkimusvaiheita, jotka antavat todennettavissa olevaa tietoa maailmasta. Oppimiskäsityksessä on kuitenkin koettu muutos, joka on vaikuttanut myös matematiikan opetukseen. Malisen & Pehkosen (2004) Muutoksen taustalla on konstruktivismi, filosofinen suuntaus, jonka mukaan tieto on yksilön luoma kuvaus reaali maailmasta. Koska oppimisen ajatellaan tapahtuvan oppijan omana aktiivisena konstruktiona, vaatii oppiminen oppijan aktiivista panosta. Huomioitavaa on, että kuten muutkin tieteet, myös kasvatustiede on dynaaminen ja itseään korjaava tieteenala. Vallalla oleva oppimiskäsitys siis muovautuu ja täsmentyy ajan kuluessa. Tässä kirjallisuuskatsauksessa keskityn kuitenkin kuvailemaan nyt vallalla olevaa konstruktivistista oppimiskäsitystä ja sen merkitystä opetuksessa ja arvioinnissa.

2.1 Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Konstruktivistinen oppimiskäsitys perustuu ajatukselle siitä, että tieto on todellisuuden tulokintaa, ei välttämättä sen täysin realistinen kopio (Anttila, 2004). Tynjälä (1999) määrittelee teoksessaan *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita.*, että konstruktivistinen lähestymistapa oppimiseen perustuu konstruktivistiseen tietokäsitykseen: oppiminen on tiedon rakentamista. Perusajatus on, ettei oppija passiivisesti vastaanota tietoa ympäristöstään, vaan rakentaa ja luo sitä itse (Battista & Clements, 2009).

Viimeisten vuosikymmenten aikana yksilökeskeisen konstruktivismin rinnalle on muodostunut kirjava konstruktivistinen teoriajoukko. Esimerkiksi sosiaalinen konstruktionismi ja tieteellinen konstruktionismi ovat konstruktivistisia suuntauksia. Tätä joukkiota voidaan nimittää kollektiivisesti sosiaaliperspektiiviseksi konstruktionismiksi. Perimmäinen tarkoitus on tarkastella, kuinka yksilö konstruoi eli rakentaa käsityksensä maailmasta ollen kuitenkin osa yhteisöään: sen kielenkäyttöä, toimintatapoja ja kulttuuria. Matematiikka omien periytyvien toimintatapojensa ja arvostuksiansa sekä kielensä kanssa on yksi näistä kulttuurisektoreista. (Leino, 2004.) Matematiikan oppiminen on sosiaalinen prosessi, jossa tämän kulttuurisektorin jäsenet tekevät yhteistyötä sekä matemaattisten ideoiden ja lainalaisuuksien käyttämiseksi että niiden merkitysten ymmärtämiseksi. Konstruktivistisesti toimiva luokkahuone voidaan nähdä omana kulttuurisektorinaan, jossa oppilaat osallistuvat tiedon kehittämisen lisäksi sen selittämiseen, jakamiseen ja arviointiin. (Battista & Clements, 2009.)

Kehityopsykologi Jean Piaget'n (1896–1980) mukaan ihmiset alkavat jo lapsena muodostaa havaintoihinsa perustuvia jäsentyneitä tietokokonaisuuksia. Hän nimitti nämä oppimisen tuloksena syntyvät tietorakenteet *skeemoiksi*. *Assimilointi* taas tarkoittaa oppilaan pyrkimystä yhdistää uusi tieto hänen aiemmin luomiinsa skeemoihin muodostaen uusia yhteyksiä ja tietorakenteita. (Haapasalo, 1994.) Tutkimusten perusteella tiedetään, että oppilaan jo olevat tiedot ja hänen oppimansa lähestymistavat voivat vaikuttaa uuden tiedon oppimiseen. Näin ollen opettaminen ei ole vain määritelmien ja operaatioiden esittämistä, vaan sillä pyritään vaikuttamaan oppilaan omiin käsityksiin ja tulkintoihin, skeemoihin. Opetustilanteessa syntyy siis aina vuorovaikutus oppijan aikaisempien tietojen ja uuden tiedon välille. Tämä vuorovaikutus saattaa johtaa uuden tiedon muodostumiseen, jos oppija päätyy muokkaamaan omaa skeemaansa. (Leino, 2004.)

Tynjälä (1999) on kuvannut konstruktivistisen oppimisen keskeisiä ominaisuuksia muun muassa seuraavilla tavoilla:

1. Oppijan aktiivisuus lisääntyy ja opettajan rooli muuttuu esimerkiksi siinä, miten opettaja järjestää oppimistilanteet oppilaan oppimisprosessia tukeviksi.
2. Oppijan aikaisemmat, jo olemassa olevat tiedot ovat oppimisen lähtökohta.
3. Oppilaan metakognitiivisia taitoja kehitetään asteittain kohti karttuvaa oppimisen itsesäätelyä.
4. Asioiden ymmärtäminen on tärkeämpää kuin niiden ulkoa muistaminen, sillä ymmärtämistä painotetaan.
5. Jotta oppija voi ulkoistaa omaa ajatteluaan ja hyödyntää muilta saamiaan tekijöitä reflektiossaan, painotetaan sosiaalista vuorovaikutusta.
6. Kehitetään monipuolisia arviointimenetelmiä, jotta arviointi voidaan kohdistaa itse oppimisprosessiin ja siihen liittyvään jatkuvaan tiedonhankintaan.
7. Oppijoille osoitetaan tiedon muuttuvuus ja väliaikaisuus osoittamalla tiedon suhteellisuus ja tuottamistapoja.
8. Opetussuunnitelmat ovat joustavia ja kehittyviä.

Koska oppiminen on tiedon ja tietorakenteiden aktiivista konstruointia ja perustuu oppilaan uteliaisuuteen, ei tietoa voi välittää oppilalle sellaisenaan. Oppijan tulee olla itse aktiivinen toimija. (Anttila, 2004.) Oleellista on tietojen jäsentäminen toisiinsa liittyviksi kokonaisuuksiksi (Virta, 1999). Matematiikan oppiaineessa tämä näyttäytyy mielestäni esimerkiksi oppilaan kykyä yhdistellä yhtälönratkaisutaitojaan tietoihinsa geometriasta: oppilas kykenee ratkaisemaan kappaleen puuttuvan sivun pituuden jos pinta-ala on hänellä tiedossa, sillä hän tietää miten pinta-ala määritetään ja osaa yhtälönratkaisun keinoin määrittellä puuttuvan sivun pituuden. Konstruktivistinen oppimiskäsitys on nähtävillä myös Opetushallituksen laatimissa opetussuunnitelman perusteissa (POPS). POP:ssa (2014) korostetaan oppilaan aktiivista roolia omassa oppimisessaan. Opettajaa kehoitetaan

ohjaamaan oppilasta niin, että hän osaisi liittää uudet asiat ja käsitteet aiemmin konstruoimaansa tietoon. POPS:ssa (2014) mainitaan myös, että oppimiseen vaikuttavat opetusmateriaalit sekä erityisesti työskentelytavat ja oppijan ja ympäristön vuorovaikutus. Oppilaille tulee antaa palautetta, ja heidän oppimistaan tulee ohjata. Lisäksi lukion opetussuunnitelman perusteissa (2019) korostetaan, että ”oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisuudesta ja tavoitteellisesta toiminnasta”.

2.2 Metakognitio

Kognitiivisiksi perustaidoiksi luokitellaan lukeminen, kirjoittaminen ja laskeminen. Nyky yhteiskunnassa näiden taitojen hallinta ei enää yksin riitä haasteiden kohtaamiseen. Yksilöltä vaaditaan yhä enemmän kykyä oppia ja ajatella. Häneltä vaaditaan siis oppimaan oppimisen taitoja. Metakognitiolla tarkoitetaan yksilön kykyä ajatella ajattelua. Se näkyy yksilön kykyä tiedostaa, valvoa ja säädellä ajattelun prosesseja, ja ohjata niitä itsenäisesti ja joustavasti tilanteisiin mukautuen. (Iiskala & Hurme, 2006.) Matematiikkaa ja ongelmanratkaisutaitoja opettaessa opettajat voivat auttaa oppilaitaan syventämään matemaattisia päättelytaitojaan ohjaamalla heitä ajattelemaan kriittisesti ja ajattelemaan ajatteluaan (metakognitiivinen toiminta) (Su;Ricci;& Mnatsakanian, 2016). Kognitio voidaan jakaa kahteen osaan: objektitasolla yksilö palauttaa mieleensä jonkin tiedon, esimerkiksi kuinka suoran kulmakerroin lasketaan. Metatasolla hän arvioi mieleen palauttamista: onko tieto luotettava? Metataso on kognition erityinen laji, joka valvoo ja säätää objektitason toimintaa. Metakognitio on siis yksilön kykyä tarkastella omaa ajatteluaan toimintansa ulkopuolelta. Metakognitio voidaan jakaa kahteen osaan, metakognitiiviseen tietoon ja taitoon. (Iiskala & Hurme, 2006.)

Metakognitiivinen tieto voidaan jakaa osa-alueisiin tietoon tehtävästä, strategiasta ja persoonasta. Tieto tehtävästä viittaa oppijan käsityksiin tehtävästä ja siihen liittyvän informaation luonteesta. Tieto strategiasta tarkoittaa esimerkiksi sitä, että yksilö tietää miten hänen kannattaa oppimistehtävässä edetä. Tieto persoonasta viittaa oppijan tietoihin ja käsityksiin itsestään oppijana, eli siihen missä asioissa on hyvä, ja mitkä asiat ovat oppijan heikkouksia ja miksi. Metakognitiivinen tieto voidaan siis käsittää kykyä tiedostaa omaa ajatteluaan. (Iiskala & Hurme, 2006.)

Metakognitiivinen taito viittaa sen sijaan ajattelun valvomiseen ja säätelyyn. Se voidaan jakaa suunnittelun, tarkkailun ja arvioinnin osa-alueisiin. Taito suunnitella viittaa oppijan kykyyn arvioida hänelle annettua tehtävää ennen sen suorittamista. Tämä voi käsittää muun muassa hypoteesin asettamista, strategian suunnittelua ja tehtävän vaatimusten selvittämistä. Tarkkailun metakognitiivinen taito käsittää oppijan kyvyn tarkastella toimintaa ja tarvittaessa tehdä korjauksia tehtävän aikana. Taito arvioida tarkoittaa työskentelylle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen tarkastelua. (Iiskala & Hurme, 2006.)

Metakognitiivinen tieto ja taito ovat osittain päällekkäisiä sekä vuorovaikutuksessa keskenään. Molempia tarvitaan syvälliseen oppimiseen oppimisprosessin jokaisessa vaiheessa. (Iiskala & Hurme, 2006.) Metakognitiiviset taidot auttavat opiskelijaa tiedostamaan oman oppimistyylinsä ja tunnistamaan ja toteuttamaan oppimisstrategioita. Tämä edesauttaa ongelmanratkaisua etenkin ryhmissä työskennellessä. (Su;Ricci;& Mnatsakanian, 2016.) Tehokkaat metakognitiiviset taidot omaavat oppijat tarkastelevat omaa oppimistaan jatkuvasti. He kehittävät suunnitelmia uuden oppimiseksi ja päivittävät tietojaan. Tutkimusten mukaan oppijat, jotka ovat hyviä koulussa, hyödyntävät metakognitioita oppimisessa paremmin kuin heikommat oppilaat. Hyvin menestyvät oppilaat pystyvät siis tavallisesti tiedostamaan, valvomaan ja säätämään ajatteluaan, kuten oppimistaan, selkeästi heikompia oppilaita tehokkaammin. Itsenäistä ajattelua vaativassa nyky-yhteiskunnassa tällaisilla oppijoilla on muita paremmat valmiudet päästä pitkälle. Hyvät metakognitiiviset taidot valmistavat yksilöä reagoimaan tiedon muuttuvaan ja kasvavaan luonteeseen ja näin ollen myös työelämän vaatimuksiin. (Iiskala & Hurme, 2006.)

Metakognition merkitys on huomioitu suomalaisessa koulujärjestelmässä nostamalla ajattelu ja oppimaan oppiminen yhdeksi laaja-alaisen osaamisen kokonaisuuksista (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014). Kyseisessä kokonaisuudessa nostetaan esille oppilaan aktiivinen rooli omassa oppimisprosessissaan liittyen muun muassa tavoitteiden asettamiseen, työn suunnitteluun ja oman etenemisen arviointiin. Tärkeää on ohjata oppilasta tunnistamaan omia oppimisstrategioitaan ja kehittämään niitä tietoisesti. Näihin tarpeisiin pyritään vastaamaan muun muassa monipuolistamalla arviointia ja painottamalla arvioinnissa myös oppimisprosessia oppimistuloksen rinnalla. Itse- ja vertaisarviointi ovat arviointimenetelmiä, jotka korostavat oppijan omaa toimijuutta ja aktiivista roolia omassa oppimisessaan sekä ohjaavat oppilasta syventämään omaa metakognitiivista osaamistaan. Arviointikulttuurin muutosta sekä itse- ja vertaisarviointia tarkastellaan enemmän tämän työn luvuissa 3, 4 ja 5.

2.3 Matemaattiset taidot ja matemaattinen suoriutuminen

Perinteisesti matemaattiset taidot on jaettu kahteen kategoriaan: käsitteelliseen eli konseptuaaliseen tietoon ja proseduraaliseen tietoon. Karkeasti jaoteltuna proseduraalinen tieto kertoo, miten jokin matemaattinen toiminto suoritetaan. Konseptuaalinen tieto kertoo, miksi toiminto tehdään ja miksi se suoritetaan juuri valitulla tavalla. (Hiebert & Lefevre, 1987.) Matematiikassa proseduraalinen tieto voidaan ajatella oppilaan kykynä ratkaista tuntematon muuttuja annetusta yhtälöstä. Konseptuaalinen tieto taas merkitsee sitä, että oppilas ymmärtää miksi muuttuja ratkaistaan ja mitä sen arvo tarkoittaa.

Konseptuaalinen tieto on käsitteenä hankalahko rajata sen laajuuden vuoksi. Se muodostuu tietoverkoista, eli tieto on konseptuaalista, jos se on yhteydessä johonkin tietokokonaisuuteen. (Hiebert & Lefevre, 1987.) Konseptuaalinen tieto liitetään perinteisesti muuttumat-

tomiin asiatietoihin: ”ymmärtämiseen” ja ”tietämiseen miksi” (Eskelinen, 2005). Haapasalo (2011, 53) on muokannut määritelmää hieman modernimmaksi tuomalla siihen mukaan myös dynaamisuuden ja metakognitiivisen ajattelun ulottuvuuksia:

Konseptuaalinen tieto on semanttinen verkko, jonka solmujen ja linkkien tulkitsemiseen ja rakentamiseen yksilö kykenee osallistumaan, tiedostaen ja ymmärtäen toimintansa perusteet ja logiikan

Lainauksessa mainitut solmut ja linkit voivat olla objektiivista tietoa, mutta myös yksilön omia konstruktioita. Oppija voi hankkia uusia käsitteitä joko niiden muodostamisen tai aiemmin mainitun assimilaation kautta. Opiskelutilanteen pedagogisilla ratkaisuilla on vaikutusta oppijan käsitteiden muodostamiseen. Haapasalon (2011) mukaan olisikin tärkeää suunnitella opetustilanteita, joissa tieto ei jää irralliseksi informaatioksi, vaan tilanteet on integroitu niin, että tieto on osana mielekästä asiayhteyttään. Matematiikassa käsitteellinen tieto voidaan ajatella esimerkiksi oppijan kykyä ymmärtää käsitteiden merkitys ja niiden välisiä suhteita. Yksinkertaisimmillaan haluan mainita esimerkkinä kyvyn ymmärtää lukumäärän ja numeromerkin käsitteen ja niiden välisen yhteyden. Konseptuaalista tietoa tarvitaan muun muassa silloin, kun matematiikkaa halutaan hyödyntää oppijalle uudessa yhteydessä. (Ojala & Ranta, 2013.)

Proseduraalinen tieto vastaa perinteisesti kysymykseen ”miten?”. Matematiikassa tämä viittaa esimerkiksi symbolien ja niiden käyttöä koskevien periaatteiden ymmärtämiseen, konkreettisten apuvälineiden käyttämiseen ja piirrosten hyödyntämiseen. Toisaalta käsite saattaa viitata myös sääntöihin, toimintatapoihin ja algoritmeihin. Tämä tarkoittaa sitä, että tieto voidaan kuvata perättäisistä, lineaarisista vaiheista koostuvina prosesseina. Tällaiset prosessit muodostavat yleensä hierarkkisia järjestelmiä. Esimerkiksi matematiikassa kerto- ja jakolaskun suhde yhteen- ja vähennyslaskuun on hierarkkinen. (Eskelinen, 2005.) Haapasalo (2011, 51) antaa myös proseduraaliselle tiedolle hieman dynaamisemman, nykyaikaiseen tietokäsitykseen sopivamman määritelmän:

Proseduraalinen tieto tarkoittaa dynaamista ja tarkoituksen mukaista sääntöjen, menetelmien tai algoritmien (toimintakaavojen) suorittamista käyttäen hyväksi tiettyjä esitystapoja. Tämä edellyttää tavallisesti näiden esitystapojen pohjana olevien tietojärjestelmän syntaksin ja esitysmuotojen ymmärtämistä, mutta ei välttämättä näiden ominaisuuksien tietoista ajattelemista, ainakaan mikäli suoritus on automatisoitunut.

Matematiikassa proseduraalisen tiedon ajatellaan käsittävän muun muassa matemaattisten rutiinimenetelmien, kuten murtolausekkeiden sieventämisen ja yhtälönratkaisun, käyttötaitoa. Tätä käyttötaitoa opitaan useimmiten harjoittelemalla, jolloin oppijan laskentavarmuus kasvaa ja virheiden määrä laskutoimenpiteitä suorittaessa vähenee. (Ojala & Ranta, 2013.)

Terminologisesta erottelusta huolimatta on vaikeaa rakentaa tehtävää, joka vaatisi vain konseptuaalista tai proseduraalista tietoa. Haapasalon (2011) mukaan proseduraalinen tieto

kehittyy kulttuurissa konseptuaalista tietoa helpommin, mutta toisaalta ymmärtävä oppiminen vaatii nimenomaan oppijalta vastauksia kysymyksiin ”tiedätkö, miksi?” ja ”tiedätkö, miten?” sekä ennen kaikkea ”tiedätkö, miten tiedän?”. Kysymyksistä viimeinen viittaa vahvasti metakognitiiviseen toimintaan ja linkittää sen osaksi oppijan tiedon konstruointia. Joissakin lähteissä matemaattinen tieto määritellään kykynä tuottaa uusia tuloksia, sen sijaan että oppija osaisi vain luetella matemaattisia lainalaisuuksia. Piaget’n termin matemaattinen tieto on enemmän operatiivista kuin kuvainnollista. Tämä tarkoittaa, että oppija ei etsi tiettyä vastausta miellelyhtymiensä perusteella, vaan tietää mitä hänen tulee tehdä tuottaakseen oikean vastauksen. (von Glasersfeld, 1983.)

Useissa itse- ja vertaisarvioinnin tutkimusartikkeleissa viitataan termiin *mathematical achievement*. Oppimisen yhteydessä termi *achievement* viittaa oppilaan oppiman akateemiseen sisällön määrään annetussa ajassa. Jokaisen koulutusasteen tavoitteet ja kriteerit ohjaavat näitä sisältöjä. Usein oppilaan omaksumien sisältöjen määrää mitataan jatkuvaa kehittymistä ja ymmärtämistä arvioivilla testeillä ja kokeilla. Tällaisen akateemisen sisällön parhaasta arviointitavasta tai siitä, mitkä sen osat ovat kaikista tärkeimpiä, ei kuitenkaan ole päästy yhteisymmärrykseen. Tiedetään kuitenkin, että muun muassa oppilaan uskomisiin kykyihinsä, motivaatio ja itsehillintä vaikuttavat näiden sisältöjen omaksumiseen. (Top Hat).

Anfas ym. (2018) määrittelevät termin *learning achievements* kouluaineen oppimiseen tähtäävän toiminnan tuloksena. Oppiaineen oppimista voidaan osoittaa esimerkiksi testeistä ja kokeista saatujen pisteiden muodossa. Sincere (2004) taas määrittää kyseisen termin oppiaineen tiettyjen tietojen ja taitojen saavuttamisena, niin että niiden hallinta osoitetaan testissä kerättyinä pisteinä tai opettajan määräämänä arvosananana. Koska termille *mathematical achievements* ei ole vastaavaa suomennosta, käytän siitä tässä tekstissä vastinetta *matemaattinen suoriutuminen*. Mielestäni suoraan käännetty *matemaattiset saavutukset* olisi harhaanjohtava termi, joka viittaisi miellelyhtymänä enemmän esimerkiksi uusien teorioiden kehittämiseen, kuin matematiikan sisältöjen oppimiseen.

2.4 Matematiikan konstruktivistinen opettaminen

Käytännössä konstruktivistisesta oppimiskäsityksestä johdetun pedagogiikan tavoitteiksi voidaan siis ajatella laajan, eri aiheita ja käsitteitä yhdisteltävän dynaamisen tietoverkon luominen ja ymmärryksen saavuttaminen sekä tulevaisuuden oppimis- ja työelämätilanteissa auttavat ja yhdisteltävissä olevat taidot. Perinteisesti matematiikka on nähty tietona, joka on olemassa yksilön ulkopuolella. Sosiaalipsykologian kehitys on kuitenkin muovannut käsityksen matematiikasta kulttuuriseksi ilmiöksi (Edwards;Esmonde;Wagner;& Beattie, 2016). Viime vuosikymmeninä matematiikan opetuksessa on tunnustettu oppilaan aktiivinen rooli oman matemaattisen tietonsa konstruoijana (Alqassab, 2016).

Perinteisessä koulu- ja yliopistomatematiikassa pyritään toistamaan kirjallisuuteen strukturoituja näkökulmia matematiikasta. Perinteinen käsitys matematiikasta koostuu pelkäämistään taidosta laskea ja osata käyttää mekaanisia työtapoja, sääntöjä ja menetelmiä. (Haapasalo, 2011.) Tällöin opetus pohjautuu tiedon siirtämiseen, ja oppilaiden odotetaan passiivisesti ikään kuin imevän tiedon itseensä (Battista & Clements, 2009). Tällainen matematiikan määritelmä on kuitenkin riittämätön. Yliopistoissa käytetty formaalinen käsitys näyttää matematiikan loogisuutta, muodollisuutta, eksaktia kieltä ja todistuksia painottavana tieteenä. Jos oppilas lähestyy matematiikkaa tästä näkökulmasta, hän ei saa mahdollisuutta ymmärtää tai kokea matematiikan syntyä seurauksena ongelmanratkaisuprosessista. Tällaista määritelmiä käytettäessä oppilaille ja ihmisille, jotka eivät ole matematiikkaan perehtyneitä, jää vähän jos lainkaan mahdollisuuksia kokea matematiikan syntymistä. (Haapasalo, 2011.) Asiayhteydestään irrotetun matematiikan opettaminen saattaa luoda oppijalle matematiikasta kuvan ikiaikaisena, jäykkänä ja muuttumattomana tieteenä (Leino, 2004). Opetuksessa tulisi huomioida, että käsitteet ja muut tarvittavat asiat esiteltäisiin eksaktien määritelmien sijaan konkreettisista tilanteista lähtevinä yleistyksinä. Tällöin myös asiaan perehtymättömän on helpompaa saada kiinni aiheesta, ja alkaa opettajan tukemana konstruoimaan omaa tietoverkkoaan. (Haapasalo, 2011.)

Battista & Clements (2009) huomauttavat, että jos opettaja vaatii oppilasta käyttämään matematiikan tehtävän ratkaisemiseen jotakin tiettyä menetelmää, hän rajoittaa huomattavasti oppilaan mahdollisuutta järkeillä omasta mielestään parhaan ratkaisumallin. Oppilaat rutinoituvat herkästi toistamaan opettajan käyttämiä ratkaisumenetelmiä, jotta he saavuttaisivat opettajan asettamat tavoitteet. Tällöin oppilaan näkemys matematiikan oppimisen tarkoituksesta muodostuu helposti proseduuriin ja rutiinien opetteluun sen sijaan, että he pyrkisivät muodostamaan perusteltua ja laajaa tietoverkosta. (Battista & Clements, 2009.) Käytännössä tämä saattaa näyttäytyä esimerkiksi haasteena soveltaa jo opittuja taitoja täysin uudentyyppisissä tehtävissä. Oppilas saattaa esimerkiksi olla kykenevä ratkomaan muuttujien arvoja annetun suoran graafisesta esityksestä, muttei ymmärrä sen yhteyttä ensimmäisen asteen yhtälön ratkaisemiseen, eikä näin ollen osaa ratkoa samoja arvoja ilman graafista esitystä.

Konstruktivismin periaatteiden mukaan matematiikan opetuksen tulisi painottua oppijan omaan uteliaisuuteen ja matematiikan löytämiseen sen sijaan, että oppilas opettelee ulkoa valmiiksi annettuja määritelmiä ja menetelmiä (Leino, 2004). Käytännön soveltaminen on joissain määrin haastavaa, ja usein sorrutaan ajattelemaan vain konstruktivismin kahta eri ääripäätä: oppija nähdään vain tiedon merkityksen konstruoijana, tai oppilas konstruoi tietoa täysin vapaasti vain menneisiin kokemuksiin ja tulevaisuuden odotuksiinsa perustuen. Ensimmäinen vaihtoehto on käytännössä välttämätön, jos oppimisen ei haluta perustuvan pelkästään ulkoa opetteluun. (Watson & Mason, 2005.) Todellisuudessa myös koulumaa ilman resurssit rajoittavat opetuskäytäntöjä melko paljon: opetettavat luokkakoot ovat suuria ja aikaa jokaista oppilasta kohden on melko vähän, jolloin haasteeksi muodostuu yksittäisen oppilaan motivoiminen. Kahdeksaluokkalaista murrosikäistä voi olla hyvin vaikea

saada spontaanisti innostumaan suoran yhtälöiden ratkaisemisesta, mutta koska yhteiskunnassa odotetaan peruskoulunsa päättävän hallitsevan kyseisen aiheen, on opettajan luotava raamit oppimiselle.

Joidenkin tutkimusten mukaan oppija oppii matematiikkaa hyvin vain, jos hän konstruoii itse oman matemaattisen ymmärryksensä (Battista & Clements, 2009). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta tämä vaikuttaa melko loogiselta, sillä ilman ymmärrystä oppiminen on vain muistamisen ja ulkoaopettelun varassa. Leinon (2004) mukaan opetuksen tavoitteena tulisi olla syventää ja laajentaa oppilaan matemaattista ajattelua ja vaikuttaa oppilaan luomiin tietoverkostoihin. Koska oppilaan aiemmat tiedot ja taidot vaikuttavat oppimiseen, opettajan tehtävänä on tunnistaa oppilaan aiemmin luomia skeemoja ja konstruktioita sekä niiden laajentamismahdollisuuksia. Tämä saattaa välillä olla haastavaa, sillä oppilaalla ei välttämättä ole näiden ilmaisuun tarvittavaa kieltä ja matemaattisen ajattelunsa kielentämisen taitoa. Lisäksi opetusryhmissä on aina erityishuomiota vaativia oppilaita. Hyvän ymmärtämispohjan luomiseksi sanallisen viestinnän tueksi vaaditaan usein myös toimintaa. (Leino, 2004.)

Joidenkin konstruktivististen näkemysten mukaan matematiikkaa ei voi opettaa, vaan opettajan tehtävä on stimuloida oppilas oppimaan matematiikkaa (Battista & Clements, 2009). Oppilaan aiemmin konstruoimat tietorakenteet ja pyrkimys vaikuttaa niihin haastavat perinteistä matematiikan opetustyyliä voimakkaasti: opetus ei voi olla vain yleisesti hyväksytyjen operaatioiden, määritelmien ja käsitteiden esittelemistä ja niiden laajentamista suuriksi kokonaisuuksiksi. Jos opettajan näkemys matematiikasta on perinteinen, ja matematiikan edustama tieto nähdään muuttumattomana hierarkisena tietorakennelmana, on opetuksen päätavoitteena tämän rakennelman opettelu. (Leino, 2004.) Uhkana tällaisessa opetustyyliässä on, että oppilas toimii passiivisena tiedon vastaanottajana, joka ei koe onnistumisia metastrategioiden luomisessa (oppimaan oppimisessa) tai tarkoituksenmukaisten tietorakenteiden, konseptuaalisen tiedon, muodostamisessa. Proseduraalinen tieto saattaa jäädä vain tilannesidonnaiseksi informaatioksi ilman siirtovaikutusta muihin oppimistilanteisiin. Liiallisen tilannesidonnaisuuden riskinä on opetuksen liiallinen kontekstisidonnaisuus: sidottaessa matematiikkaa arkielämän tilanteisiin oppilaat saattavat päätyä vain ratkaisemaan yksinkertaisia ongelmia perätysten ilman syvällisempää ymmärrystä ja mahdollisuutta konstruoida matemaattista tietoa. Tällöin oppilas ei muodosta käsitteitä riittävän abstraktilla tasolla, eikä näin ollen kykene soveltamaan niitä muissa konteksteissa. (Haapasalo, 2011.) Koulumaailmassa liiallisen tilanne- ja oppiainesidonnaisuuden luomiin ongelmiin on pyritty vastaamaan integroimalla eri oppiaineita keskenään. Toistaiseksi kohtaamani toteutukset ovat kuitenkin olleet jäykkiä ja muusta opetuksesta irrallisia osia, kuten erilaisia teemapäiviä, eivätkä todellisuudessa toteuta tarkoitustaan.

Matematiikan opetuksen ei tulisi tähdätä vain korkeisiin arvosanoihin, vaan oppilaiden tulisi oppia olemaan tehokkaita ongelmanratkaisijoita (Haapasalo, 2011). Jos tarkastellaan elämää koulumaailman ulkopuolella, tulisi oppilailla olla kyky löytää ja ratkaista matemaattisia ongelmia loogisesti ja kriittisesti. Kyky ratkaista ongelmia matemaattisesti,

eli systemaattisesti ja järjestelmällisesti, on nyky-yhteiskunnassa suuri etu, ellei jopa välttämättömyys monella alalla. Siksi on tärkeää, että opettajan valitseman opetustavan pyrkimyksenä on vaikuttaa oppilaiden konstruointiin tietoverkkoihin: heidän omiin tulkin-toihinsa, käsityksiinsä ja luomiinsa merkityksiin. Leinon (2004) mukaan tämä tuo vääjää-mättä matemaattisen tiedon luonteen osaksi matematiikan opetuksen perustaa. Esimerkiksi ongelmanratkaisu ja projektiopiskelu ovat voidaan nähdä opetusmenetelminä, joiden avulla oppilas saa mahdollisuuden hyödyntää omaa uteliaisuuttaan sekä assimiloida keräämiänsä tietoja. Tämä helpottaa laajojen kokonaisuuksien ymmärtämistä. Luodakseen dynaamisempaa ja syvempää kuvaa matematiikasta, opettajan tulisi kehittää opetustyyliään kohti ongelmaakeskeisyyttä ja saada matematiikka näyttäytymään prosessina, jonka avulla näitä oppiaineita kiinnostavia ongelmia voi ratkoa. Juuri tämä on matemaatikoiden perustyötä: ratkoa esimerkiksi käytännön kysymyksistä, aikasemmista kiinnostuksista tai muista oppiaineista lähtöisin olevia kysymyksiä. Opetuksessa voi korostaa myös matematiikan epätäydellisyyttä, muuttumista, arvosidonnaisuutta ja yhteyksiä muihin kulttuurisektoreihin. Tämä ei tarkoita sitä, että oppilaat saisivat tehdä opetustilanteissa juuri sitä, mitä he itse haluavat. Matematiikan opetuksen tulisi aina olla ”kasvattavaa, ajattelua laajentavaa ja syventävää”. (Leino, 2004.)

Konstruktivismia voi toteuttaa opetuksessa usealla eri tavalla, sillä konstruktivistisia suuntauksia on monia. Tällä hetkellä vallalla oleva oppimiskäsitys korostaa oppijan omaa aktiivisuutta tietoverkkojen rakentamisessa ja aiempien konstruktioiden vaikutusta oppimiseen, mutta matematiikan opettajien on silti haastavaa muuttaa omaa käsitystään matematiikasta ja sitä myötä myös hyvästä opetuksesta. Oppilaiden omat kiinnostuksen kohteet jäävät usein huomiotta opetussuunnitelman sanellessa matematiikan opetussisällöt. Oppiminen koostuu usein ehdottoman ja muuttumattoman matemaattisen tiedon muistamisesta vailla aitoa asiayhteyttä. Tällä hetkellä konstruktivismia toteutetaan matematiikan opetuksessa valitsemalla suuntaus, jonka tavoitteena on opetella ja ymmärtää jokin tietty ihmiskunnan rakentama tietorakenne. (Leino, 2004.)

Haapasalo (2011) tuo esille näkökulman, jonka mukaan opettajan ei tulisi asettaa oppilaille mitään oppimistavoitteita, sillä puhtaasti konstruktivisesta näkökulmasta opettajan velvollisuus on tukea nimenomaan opiskelua, ei oppimista. Tämän hetken yhteiskunnassa koulutuksen ja koulujärjestelmän tärkeä tehtävä on kuitenkin varmistaa, että seuraavalle oppitasolle siirtyessään oppilaalla on nimetyt tiedot ja taidot tai kvalifioida oppilas harjoittamaan jotain ammattia, ja seuraavan oppitason opettajien tai työnantajan odotukset perustuvat näihin tietoihin ja taitoihin. Tällöin opetuksen ja oppimisen tavoitteiden on oltava jossain määrin myös ulkoa ohjattuja, eikä Haapasalon ajatus tällaisenaan ole sovellettavissa käytäntöön. Toivola (2019) tuo ilmi, että tällaista opetuksen mallia ja myös uutta opetussuunnitelmaa on kritisoitu muun muassa oppimisen romantisoimisesta. Kritisoijien mukaan ajatus oppilaasta itsenäisenä tiedonrakentajana on joissain tapauksissa melko naiivi. Suurin huoli kiteytyy pelkoon siitä, ettei opettaja saa enää opettaa. (Toivola, 2019.) Tämän hetkinen opetussuunnitelma ja sen myötä myöskään opettajankoulutus eivät perustu puhtaasti konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, vaikka sen piirteitä on vahvasti

nähtävissä molemmissa. Nähdäkseni tämä johtaa osaltaan siihen, ettei opetustakaan voida toteuttaa pelkästään konstruktivismiin keinoin. Opettaja on aina oman aineensa ja pedagogiikan asiantuntija, eikä oppilaalta voida odottaa samanlaisia kykyjä arvioida eri tietojen ja taitojen tärkeyttä tai järkevää opiskelujärjestystä. Nämä ovat kuitenkin taitoja, joita tietoyhteiskunnan vaatimusten mukaisesti opettajan tulee oppilailleen opettaa aineenhallinnan taitojen ohella.

Usein opettaja aloittaa uuden aiheen opettamisen esittelemällä siitä käytännön esimerkin, mutta siirtyy pian abstraktiin ja symboliseen käsittelytapaan. Oppilaalle saattaa tällöin muodostua kuva siitä, että hänen intuitiiviset ajatuksensa ja metodinsa eivät ole ”oikeaa” matematiikkaa. Tällöin oppilaan itse konstruoiman tietoverkon merkitys alenee. (Battista & Clements, 2009.) Konstruktivistisen opetuksen tavoite on kuitenkin auttaa oppijaa konstruoimaan tietoa tiettyjen rajoitteiden sisällä niin, että muodostunut tietoverkko on kompleksinen ja osaamisen tunnetta lisäävä, ja sen osat linkittyvät toisiinsa mahdollistaen uuden tiedon konstruoinnin (Watson & Mason, 2005). Konstruktivistisessa opetuksessa oppilasta ei pyydetä omaksumaan jonkun toisen tarjoamia ajatuksia, vaan luomaan omia. Kun oppilas työskentelee matemaattisten ongelmien parissa ja keskustelee niistä tovereidensa kanssa, kehittyy hänen matemaattinen ajattelunsa ajan myötä vahvemmaksi ja abstraktimmaksi. (Battista & Clements, 2009.)

Opettaja toimii ohjaajan ja valvojan lisäksi henkilönä, joka auttaa oppilasta aktivoimaan aiemmat tietonsa ja asettamaan kognitiivisia tavoitteita sekä esittää johdattelevia ja stimuloivia kysymyksiä. Tällainen opettamisen malli heijastelee opetussuunnitelman suuntaviivoja, ja painottaa oppilaiden aktiivista kognitiivista sitoutumista sekä opettajan ja oppilaiden yhteistä toimintaa. Kyseisessä mallissa opettaja ja hänen näkemyksensä oppimisen tavoitteista ja suunnasta ohjaavat toimintaa ja oppimisprosessia. (Toivola, 2019.) Tällöin oppilaan on helppoa antaa opettajaa miellyttävä vastaus, vaikkei hän olisi edes aloittanut omaa konstruointiprosessiaan (Leino, 2004).

Toinen tapa toteuttaa konstruktivistista matematiikan opetusta on suunnata opiskelu tilanteiden matematisointiin, uusien alueiden käsittelyyn ongelmanratkaisuun ja ratkaisustrategioiden pohtimiseen. Tällöin oppijan konstruktioita voidaan laajentaa vähittäin, ja matematiikan luonne työväliseen ja asennoitumistapana ongelmien jäsentämiseen ja ratkaisemiseen korostuu. Tällaisessa opetuksessa voidaan ottaa huomioon oppilaan uskomukset ja käsitykset matemaattisesta tiedosta, ja tuoda ilmi että matematiikan osaaminen on ennen kaikkea ongelmatilanteiden havaitsemista, niiden muotoilemista sopiviksi kysymyksiksi ja näiden kysymysten ratkaisemista niin yksin kuin yhdessä muiden kanssa. (Leino, 2004.) Tämän hetken opetussuunnitelmassa korostetaan tällaista opettamisen mallia: nyt käytännössä vallitsevan mallin lisäksi opettajan tulee luovuttaa kontrollia oppimisesta sekä oppilaalle että opetusryhmälle. Battista & Clements (2009) tarkentavat, että konstruktivistista opetustapaa toteuttavan opettajan tulee tarjota oppilailleen tehtäviä, jotka johtavat tarkoituksenmukaisiin assimilaatioihin. Tällaisen toiminnan toteuttaminen vaatii opettajalta sekä tietoa ja ymmärrystä matemaattisen tiedon

niin sanotusta normaalista kehitysjärjestyksestä että jokaisen oppilaan yksilöllisesti konstruointia tietoverkoista. (Battista & Clements, 2009.)

Kaikkienensa konstruktivistinen oppimiskäsitys tuo oppilaan osallistamisen ja oppilaskeskeisyyden sekä metakognitiivisten taitojen kehittämisen osaksi käytännön pedagogista työtä. Kokemukseni mukaan suuri osa nykypäivän opettajista ymmärtää, että oppilaan taustat ja aiemmat tiedot vaikuttavat myös nykyhetken oppimiseen. Konstruktivismia puhtaimmillaan olisi antaa oppilaiden jatkaa oman tietoverkkonsa konstruointia omista lähtökohdistaan. Koulutuksen tarkoitus on kuitenkin taata, että oppilaalla on kyseiselle kouluasteelle tavoitteeksi annetut tiedot ja taidot hallussaan. Tästä syystä oppiminen on väkisininkin jossain määrin myös ulkoa ohjattua toimintaa. Oppilaat eivät myöskään automaattisesti ole itseohjautuvia yksiköitä, jotka kykenevät aikatauluttamaan oman oppimisensa ja arvioimaan, mitkä tiedot ovat jatkon kannalta oppiaineen tärkeimpiä. Ainehallinnan lisäksi se on taito, jota koulussa on opeteltava. Joissain määrin konstruktivismiin soveltaminen käytännön koulutyössä vaikuttaa siis mielestäni jopa utopistiselta. Koska konstruktivistisesta oppimiskäsityksestä on haastava johtaa käytännön pedagogiikkaa, on riskinä että se jää vain ideaaliksi teoriaksi. Toisaalta muun muassa oppilaiden eriyttäminen, laaja-alaiset oppimistavoitteet ja oppiaineiden integrointi ovat jo osa jokapäiväistä opetustyötä ja ilmentävät juurikin konstruktivistista oppimiskäsitystä.

Opettamisen mallin muuttuessa myös arviointitapojen on kehityttävä. Aiemmin arviointia on pidetty oppilaiden motivoinnin keinona, mutta konstruktivistisen oppimiskäsityksen näkökulmasta tällainen arviointi- ja opetuskulttuuri eivät johda asioiden todelliseen oppimiseen, vaan luovat vain pinnallisia ja nopeasti unohtuvia muistijälkiä. Jo aiemmin tässä luvussa olen tuonut ilmi metakognitiivisten taitojen kehittämisen ja oppilaan omien tietorakenteiden konstruoinnin tukemisen tärkeyden. Arviointikulttuurin muutos on oleellinen osa näiden taitojen kehittämisen integroimista osaksi joka päiväistä opetusta. Jotta oppilaat oppivat oppimaan, on arvioinnin mitattava ja tuettava tätä prosessia sen sijaan, että se olisi keino varmistaa, että oppilaat muistavat ulkopuolisen tahon osoittamat oppisisällöt. (Virta, 1999.) Tästä syystä kouluissa toteutetaan yhä enenevässä määrin formatiivista arviointia summatiivisen arvioinnin rinnalla. Arviointikulttuurin muutos on vaikuttanut suurelta osin myös kouluissa toteutettavan määrällisen ja laadullisen arvioinnin väliseen suhteeseen: määrällisten tavoitteiden ja määrällisen arvioinnin rinnalla on ryhdytty korostamaan ymmärryksestä kertovaa laadullista arviointia. Arviointikulttuurin muutosta Suomessa tarkastelen enemmän luvussa 3.

3 Arviointi Suomessa

Tässä kappaleessa tarkoitukseni on tarkastella arviointia ja sen vaikutuksia nimenomaan suomalaisessa koulutusjärjestelmässä, ja siksi luvun teksti perustuu hyvin pitkälti juurikin suomalaiseen lähdekirjallisuuteen. Arviointia voidaan käyttää keinona raportoida oppilaiden edistymistä ja auttaa opiskelijoita oppimaan. (Jimaa, 2011). Perusopetuslaissa määrätään, että arvioinnin tehtävä on ohjata ja kannustaa opiskelua (Perusopetuslaki 628/1998, 1998). Lukiolaissa (Lukiolaki 714/2018, 2018) määrätään lisäksi, että opiskelijan osamista tulee arvioida suhteessa oppimiselle asetettuihin tavoitteisiin. Molemmissa laeissa määrätään, että arvioinnin tulee kehittää oppilaan tai opiskelijan edellytyksiä itsearviointiin. Arvioinnin tulee olla monipuolista ja kohdistua sekä oppilaan tai opiskelijan työskentelyyn että oppimiseen. Monipuolisella arvioinnilla tarkoitetaan sekä laadullista että määrällistä arviointia. Laadullinen arviointi mittaa, kuinka syvällisesti tai hyvin opiskeltavat asiat on opittu. Itse- ja vertaisarviointi sekä oppimisprosessin arviointi ovat laadullista arviointia. (Ouakrim-Soivio, 2016.)

Tutkimuskirjallisuudesta on eroteltavissa arvioinnille ainakin kolme eri funktiota: validointi ja sertifiointi, kontrollointi sekä oppimisen tukeminen. Validoinnin ja sertifiointin tarkoitus on verrata kokelaan suoritusta ennalta määrättyihin kriteereihin sekä järjestää heidät suorituksensa perusteella jonkinlaiseen järjestykseen. Arvioinnin kontrolloiva tehtävä näyttäytyy yleensä, kun tarkastellaan mitä ja miten opettajan mielestä asioita tulisi oppia. Arviointi, jossa kontrollointi on korostunutta, viestii oppilaille mitä asioita opettaja arvostaa. Niin sanotussa perinteisessä arvioinnissa tämä tarkoittaa yleensä hyvää koe-menestystä, mikä ohjaa oppilasta panostamaan juuri koetilanteisiin. (Luostarinen & Nieminen, 2019.)

Ajallisten funktioiden mukaan arviointi voidaan jakaa neljään eri kategoriaan. *Diagnostinen arviointi* on opintojakson alussa suoritettavaa arviointia, joka mittaa sitä, millaiset taustatiedot ja edellytykset uuden oppimiselle oppilaalla on. Lähtötasotestin lisäksi diagnostista arviointia voidaan suorittaa esimerkiksi keskustelemalla oppilaiden kanssa. (Opetushallitus, Arviointisanasto opettajille, 2020.) Tavallisin tapa toteuttaa diagnostista arviointia matematiikan kursseilla on teettää oppilailla lähtötasotesti, jonka avulla opettaja selvittää oppilaiden valmiuksia oppia kurssin tai opintojakson taitoja. *Formatiivinen arviointi* on oppimista, ei oppimisen arvostelua, varten harjoitettavaa arviointia (Toivola, 2019). Toivolan (2019) mukaan sen tarkoitus on ennen kaikkea tukea ja ohjata oppimista sekä antaa oppijalle siitä palautetta. Formatiiviseksi arvioinniksi voidaan mieltää sen laajimmassa määrittelyssä kaikki opettajalta oppilaalle tai oppilaalta oppilaalle annettu palaute, jonka tarkoitus on auttaa oppilasta oppimaan. Konkreettisempina työkaluina voidaan mainita itsearviointi tai opintojakson aikana suoritettavat pienet testit, joiden tarkoitus ei ole vaikuttaa oppilaan suoriutumisen arviointiin, vaan tarjota oppilaalle ja opettajalle tietoa kyseisen hetken tietojen ja taitojen tasosta. Opetushallituksen (2020) mukaan *summatiivinen arviointi* mittaa opintojakson lopputulosta ja sitä, mitä tavoitteita oppija on

saavuttanut. Oppijan tulevaisuutta ennustava arviointi on *prognostista arviointia*. Esimerkiksi ylioppilaskokeet ja pääsykokeet ovat prognostista arviointia. Käytännössä jako ajan funktioiden mukaan ei kuitenkaan ole näin selkeä, vaan eri arviointimuodot toteutuvat useimmiten lomittain. (Opetushallitus, Arviointisanasto opettajille, 2020.)

3.1 Arvioinnin vaikutus oppimiseen

Arvioinnilla on merkittävä vaikutus oppimiseen (Jimaa, 2011). Arviointi ei kuitenkaan vaikuta oppimiseen suoraan, vaan välillisesti käyttäytymisen ja opiskelun kautta. (Luostarinen & Nieminen, 2019). Arviointi vaikuttaa oppilaiden oppimisstrategioihin ja oppimisprosessiin sekä syvemmillä tasolla myös oppilaan tiedon rakentumiseen (Virta, 1999). Kriittistä ajattelua ja ongelmanratkaisua painottavalla arvioinnilla on positiivinen vaikutus oppimistulosten laatuun (Jimaa, 2011). Uusiin arviointimuotoihin siirtyminen muokkaa hiljalleen myös oppilaan tapaa määrittellä oleellista tietoa. Esimerkiksi itsearviointin hyödyntäminen voi muuttaa oppilaan tietokäsitystä itsenäisempään ja soveltavampaan suuntaan. (Virta, 1999.)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014) kerrotaan, että arvioinnin tulee olla oppilaiden osallisuutta edistävää, keskustelevaa ja vuorovaikutteista. Sen sijaan, että arviointi perustuisi vain opettaja – oppilas -vuorovaikutukselle, tulee oppilaita ohjata yhteisen ja oman työskentelyn tarkasteluun sekä palautteen antamiseen. Nämä taidot luovat pohjaa itse- ja vertaisarvioinnille. Oppilaita tulee ohjata havainnoimaan omaa oppimistaan ja sen edistymistä niin yksilöinä kuin ryhmänäkin. Ylemmillä luokilla oppimisen edistymistä voidaan analysoida tarkemmin. Keskinäinen arviointikeskustelu, palautteen antamisen ja saamisen oppiminen sekä tietoisuus omasta edistymisestä ja vaikutusmahdollisuuksista ovat keinoja luoda pohjaa hyvälle itse- ja vertaisarvioinnin taidoille. Itse- ja vertaisarviointi kehittävät oppilaan toimijuutta. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014.) Lukion opetussuunnitelman perusteissa (2019) mainitaan myös, että ”itsearviointi ja vertaisarviointi auttavat opiskelijaa ymmärtämään omaa oppimistaan, tunnistamaan vahvuuksiaan, korjaamaan virheitään ja kehittämään työskentelyään niin, että oppimiselle asetetut tavoitteet voivat toteutua.”

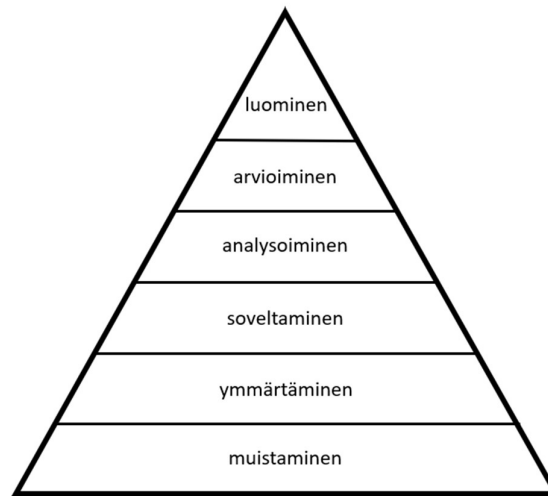
Arviointi viestii aina oppilaalle, mitä asioita opettaja arvostaa: mikä on tärkeää ja oppimisen arvoista. Se mitä arvioidaan, koetaan tärkeäksi ja muu jää helposti huomioimatta. Arviointi määrittelee, millainen suoriutuminen ja käyttäytyminen on hyväksyttyä ja millainen erinomaista. (Virta, 1999.) Oppilas muodostaa minäkuvaansa ja konkretisoi oppimisensa tavoitteet pitkälti arvioinnin kautta (Ihme, 2009). Olen itsekin törmännyt tilanteisiin, joissa vielä korkeakoulussakin kouluttautuva arvottaa oman osaamisensa täysin kurssiarvosanan perusteella, riippumatta siitä kokeeko hän itse oppineensa kurssilla jotain. Tällöin huomio on kiinnittynyt vahvasti oppimisen lopputulokseen, pois oppimisprosessista, ja jopa omaa pätevyyttä ja kykyä harjoittaa tulevaa ammattia arvioidaan vain näiden arvosanojen valossa oppimisen kokemuksesta

riippumatta. Virta (1999) tukee tätä näkemystä kertomalla, että jos arviointi painottuu vain summatiiviseen kirjalliseen kokeeseen, viestii se oppilaille että opiskelussa tärkeintä on pärjätä kokeessa. Näin opetussuunnitelmassakin esille nostetut monipuolisuus, oppilasta osallistava arviointi ja oppimista edistävä arviointi ovat vaarassa jäädä toteutumatta. (Virta, 1999.) Lisäksi oppilaiden oletukset arvioinnin vaatimuksista vaikuttavat heidän valmistautumiseensa. Atjonen (2007) huomauttaa, että jos kokeessa vaaditaan lyhyitä vastauksia tai se sisältää paljon monivalintatehtäviä, oppilas keskittyy yksityiskohtien opiskeluun. Toisenlaisten arviointikeinojen käyttö saattaa painottaa kokonaisuuksien hahmottamista. Tämä tarkoittaa sitä, että oppilaan tiedon omaksumistapa vaihtelee sen mukaan, miten hän näyttää toteen oppimansa asiat.

3.2 Arviointikulttuurin muutos Suomessa

Koulumaailmassa arviointi on sidoksissa vallalla olevaan oppimiskäsitykseen, opetussuunnitelmaan ja koulun toimintakulttuuriin (Ouakrim-Soivio, 2016). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen yleistyttyä kasvatustieteessä ja sitä kautta myös käytännön opetusmaailmassa 1990-luvulla, arvioinnin uudistuspyrkimykset voimistuivat monessa maassa, myös Suomessa. Perinteisen, kokeisiin perustuvan, arvioinnin rinnalle haluttiin tuoda uusia arviointimuotoja lähentämään oppimista ja arviointia. Uudistusten päämääränä on ollut myös arvioinnin monimuotoisuuden ja jatkuvuuden lisääminen. (Virta, 1999.)

Perinteisessä arvioinnissa tuntiosaaminen on edustanut formatiivista arviointia ja kirjallinen koe summatiivista arviointia (Haapasalo, 2011). Perinteiset summatiiviset kokeet perustuvat olettamukselle, jonka mukaan yksilön tiedot ja taidot ovat mitattavia ja tilastoitavia suureita (Virta, 1999). Tyypillistä tällaiselle arvioinnille on, että oppilas näyttää osaamisensa ratkomalla hänelle tuttuja tehtäviä Bloomin taksonomian (Kuva 1) alimmilla tasoilla. Matematiikassa tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi terminologian ja matemaattisten käsitteiden muistamista, ja tunnetun tiedon, kuten laskukaavan, soveltamista uuteen aiheeseen (Shorser). Tällöin arviointi painottuu matemaattisten lainalaisuuksien muistamiseen eikä konstruktivismiin mukaiseen matemaattisen tiedon ymmärtämiseen ja joustavaan hyödyntämiseen. Korkeammat tasot, kuten matemaattisen tiedon analysoiminen, on nähty eriyttävinä tavoitteina keskitasoa edistyneemmille oppilaille (Haapasalo, 2011). Matematiikan oppiaineeseen sovellettuna näillä tasoilla oppilas kykenee tunnistamaan toistuvia kaavoja, yleistämään tietoa, luomaan uutta ja arvioimaan tiedon validiutta (Shorser). Hyvin harvoin oppilaat saavat näyttää osaamistaan muodostamalla hypoteeseja tai luomalla uutta tietoa, sillä arviointi perustuu rutiinomaisuuteen ja valmiiksi rajattujen tehtävien ratkaisemiseen (Haapasalo, 2011). Konstruktivistisen oppimiskäsityksen valossa oppimisen tärkeimmät mittarit, kuten käsitteiden yhteyksien ymmärtäminen ja metakognitiivisten taitojen kehittyminen, jäävät tällöin kokonaan arvioimatta.



Kuva 1 Bloomin taksonomia

Summatiiviset kokeet ovat erittäin hyvä työkalu, kun halutaan asettaa oppilaat paremmuusjärjestykseen. On kuitenkin aiheellista miettiä, mitä tällaisella mittaamisella lopulta saavutetaan. Tärkeää on tarkastella, auttaako käytetty arviointimenetelmä oppilasta saavuttamaan opetussuunnitelmassakin mainitut tavoitteet: itseohjautuvuuden kehittymisen tai oppimisen ottamisen omalle vastuulle. (Toivola, 2019.) Perinteisessä arvioinnissa osaamisen mittaaminen perustuu useimmiten irrallisten asioiden ja muuttumattoman tiedon kontrolloimiseen, mekaaniseen osaamiseen, eikä oppilaiden ajatteluprosessia oteta huomioon lainkaan. (Virta, 1999).

Arvioinnin ja oppimiskäsityksen vuoropuhelussa kyseenalaistuksen kohteeksi tulee aina myös arvioinnin tarkoitusperät. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen myötä ei ole mielekäästä mitata määrällisesti lainkaan oppilaan hetkellisiä tietoja, vaan nimenomaan tietokäsityksen ja metakognitiivisten taitojen jatkuvaa kehitystä. Arvion antamisen tulisi perustua laadullisen palautteen antamiseen numeroarvioinnin sijaan. Palaan kuitenkin edelleen koulutusjärjestelmän tarkoitukseen mitata ja kartoittaa myös oppilaan valmiuksia ja kykyjä siirtyä koulutuksessaan eteenpäin. Vaikka hän olisi metakognitiivisilta taidoiltaan hyvin edistynyt, muodostuu aineenhallinnallisia vaikeuksia väistämättä jossain vaiheessa, jos opiskelua ei millään tavalla kontrolloida ulkoa päin. Tämän vuoksi, vaikka arviointi työkaluna mitata oppilaan nykyhetkeä ei sellaisenaan olekaan riittävä määritelmä, on se myös varsin tarpeellinen osa-alue arvioinnin kenttää.

Arviointikeskusteluissa viitataan usein yhteiskunnalliseen muutokseen: kysymys on siitä, millaisia tietoja, ominaisuuksia ja valmiuksia tulevalle työntekijällä odotetaan olevan. Arvioinnin tulisi tukea näiden odotusten toteuttamista. Koska nykyisessä tietoyhteiskunnassa tiedonhankinnan, arvioinnin ja itsenäisen ajattelun taitojen tarpeellisuus on korostunut, on niiden painottaminen nähty oleelliseksi jo arviointia suunniteltaessa. Lisäksi konstruktivistisen tietokäsityksen yleistymisen on johtanut tarpeeseen käydä aiempaa yksilöllisempiä

arviointikeskusteluja opettajan ja oppilaan välillä. Nämä tarpeet ovat johtaneet arviointikulttuurin muokkaamiseen entistä oppilaskeskeisemmäksi ja -lähtöisemmäksi. Arviointi on alettu käsittäämään työkaluna, jolla oppilaan kehitystä ja oppimista voidaan tukea, ja painopiste on siirtynyt tiedon muistamisen arvioinnista oppimisen arviointiin. (Virta, 1999.) Oppimisen arviointi toteutetaan usein formatiivisena arviointina.

3.3 Oppimisen arviointi

Oppilaiden osallistaminen arviointiin on olennainen lähtökohta oppimisen arvioinnille. Sen lisäksi, että oppilaiden tulee käsitellä saamaansa palautetta, heidän tulisi myös harjoittaa itse- ja vertaisarviointia. Opettajiin verrattuna oppilaat ovat useammin toistensa tavoitettavissa ja tiiviisti mukana oppimisprosessissa, sillä he käyvät läpi samanlaisia kokemuksia. Koska oppilaat ovat toisilleen helposti tavoitettavissa, heidän tarjoamansa palaute on mahdollisesti ajankohtaisempaa ja säännöllisempää kuin opettajalta saatu. Vaikka vertaisen tarjoama palaute ei välttämättä ole yhtä täsmällistä kuin opettajan arvio, se auttaa kuitenkin oppilasta tunnistamaan seuraavat askeleet kohti parempaa osaamista. Kun oppilaat keskustelevat keskenään tiedoistaan ja osaamisestaan, he saavat mahdollisuuden pohtia, mitä he ovat oppimassa ja miten tämä tieto linkittyy heidän suoritukseensa tai tietoverkostoonsa. On odotettavissa, että oppilaiden osallistaminen omaan arviointiinsa lisää vastuullisuuden ja hallinnan tunnetta sekä kasvattaa motivaatiota. (Topping, 1998.)

Oppimisen arvioinnin avulla voidaan nostaa oppilaan matemaattisen suoriutumisen tasoa muun muassa kyselemällä paljon, antamalla palautetta ja korostamalla oppilaan roolin aktiivisuutta. Esittämällä paljon kysymyksiä opettaja saa käsityksen siitä mitä oppilas tietää ja osaa, sekä kykenee kartoittamaan keinoja, joiden avulla oppilas voi oppia lisää. Palaute edesauttaa suoritusten parantamista vain, jos oppilaat hyödyntävät sitä. Palautteen laatu vaikuttaa merkittävästi siitä saataviin hyötyihin. Oppilaan aktiivisuutta oman oppimisensa arvioijana voidaan lisätä hyödyntämällä itse- ja vertaisarviointia. Vertaispalautteen laatiminen saattaa olla palautteen laatijalle yhtä hyödyllistä kuin sen vastaanottaminen. (Alqassab, 2016.) On kuitenkin otettava huomioon, että vaikka oppilaalle annetaan mahdollisuus aktiiviseen toimijuuteen, ei hän välttämättä tee niin. Kokemusteni mukaan oppilas, joka on tottunut olemaan passiivinen oman oppimisensa suhteen, saattaa kokea aktivoitumisen jopa vastenmielisenä toimintana. Opettajan vastuulla on opettaa oppilaitaan lisäämään omaa aktiivisuuttaan ja itseohjautuvuuttaan hiljalleen.

Viisi avainasiaa, jotka tekevät arvioinnista oppimista edistävää:

1. selkeiden oppimistavoitteiden ja niiden saavuttamista mittaavien kriteerien asettaminen
2. oppilaiden ymmärryksen tason selvittämiseksi käytävän luokkahuonekeskustelun luominen ja ylläpitäminen
3. oppimistavoitteiden saavuttamisessa auttavan palautteen antaminen

4. vertaisten hyödyntäminen
5. oppilaiden aktiivisen roolin ja vastuunoton hyödyntäminen heidän omissa oppimisprosesseissaan. (William & Thompson, 2008.)

Oppimisen arviointi vaikuttaa matematiikan oppimiseen monin eri tavoin: oppilas, jonka oppimista arvioidaan formatiivisesti, suoriutuu matematiikan tehtävistä paremmin kuin oppilas, jonka työskentelyn arviointi noudattaa perinteistä mallia. Formatiiivinen oppimisen arviointi antaa oppilaille paremmat mahdollisuudet tulkita matematiikan tehtävänäntöjä ja valita oikeat menetelmät niiden ratkaisemiseksi. Kehitystä havaitaan myös oppilaan taidossa perustella ratkaisujaan matemaattisesti, esittää selkeitä ja johdonmukaisia ratkaisuja sekä käyttää matemaattisia symboleja ja terminologiaa. Lisäksi oppimisen arviointi vaikuttaa oppilaan uskomuksiin matematiikasta. Oppilaan käsitys matemaattisesta ymmärryksestä, matemaattisesta työskentelystä ja matematiikan osaamisen hyödyllisyydestä muuttuvat. Oppimisen arviointi hyödyttää oppilaita näiden lähtötasosta ja -taidoista riippumatta. (Balan, 2012.)

Matematiikan oppimisessa päättelyminen ja todistaminen ovat keskeisessä roolissa. Siksi matematiikan opettajien odotetaan hyödyntävän arviointikeinoja, joiden avulla he voivat arvioida oppilaiden matemaattista päättelykykyä ja taitoa perustella ratkaisujaan. Elinikäisen oppimisen nimessä oppilaiden tulisi osata valvoa ja arvioida omaa ja muiden oppimista. Matematiikan opetuksessa arviointia pidetään oppimaan oppimisen keskeisenä tekijänä. Yksi keino aktivoita oppilaita osallistumaan omaan arviointiinsa on hyödyntää vertaisarviointia. Oppilaat tulevat tietoisemmiksi omista heikkouksistaan ja vahvuuksistaan jakamalla ajatuksiaan ja kokemuksiaan vertaistensa kanssa. (Alqassab, 2016.)

4 Vertaisarviointi

Ihmiselle on luontaista etsiä ja antaa palautetta. Tästä huolimatta vertaisarviointi ei ole kouluissa kovinkaan suosittu arviointimuoto (Luostarinen & Nieminen, 2019), vaikka tiimityöskentely ja siihen liittyvä palautteen antaminen ja vastaanottaminen ovat nykyajan työelämässä oletusarvoisia taitoja. Vertaisarviointi on toimintaa, jossa oppilaat tarkastelevat vertaistensa, eli toisten oppilaiden, oppimisen tai oppimistulosten määrää, tasoa, arvoa, laatua tai menestystä (Topping, 1998). Vertaisarvioinnin vähäiseen hyödyntämiseen saattaa vaikuttaa se, ettei oppilaille ole luonnostaan hyviä vertaisarvioinnin taitoja, vaan niitä tulee opettaa ja opetella (Ketonen, 2019). Tutkimusten mukaan vertaisarvioinnin toteuttaminen parantaa ongelmanratkaisukykyä ja oman toiminnan säätelyä sekä tehostaa oppimista. Vertaisten töiden arviointi auttaa oppilasta jäsentelemään omaa ajatteluaan ja kehittää täten myös itsearviointitaitoja. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Lisäksi sosiaalinen vuorovaikutus kiihdyttää lapsen tietorakenteissa tapahtuvia kognitiivisia prosesseja (Haapasalo, 2011).

Vertaisarviointi on oppimisen arvioinnin työkalu (Alqassab, 2016), jossa arvioinnin suorittajat edustavat arvioitavan kaltaista kokemusta (Ouakrim-Soivio, 2016). Koska vertaisarvioinnissa arvioijana ei toimi alan asiantuntija, on erityisen tärkeää kertoa oppilaille selkeät oppimistavoitteet, joihin he voivat verrata arvioimaansa työtä (Luostarinen & Nieminen, 2019). Vertaisarvioinnissa on kaksi osapuolta, joista molemmilla on omat roolinsa. Vertaispalautteen antajan ja saajan tulisi molempien pohtia palautteen merkitystä ja siihen liittyviä pelisääntöjä (Ouakrim-Soivio, 2016). Palautteen antaja tulkitsee ja soveltaa annettuja arviointikriteerejä ja vertaa arvioimaansa työtä niihin, arvioi työn laatua ja koostaa palautteen. Palautteen saaja tarkastelee saamaansa palautetta kriittisesti ja miettii, onko se hänelle hyödyllistä. Tämän jälkeen hän tekee tarvittaessa muutoksia työhönsä saamansa palautteen pohjalta. Molemmat roolit vaativat harjoittelua (Luostarinen & Nieminen, 2019.)

Riskinä vertaisarvioinnin hyödyntämisessä on, etteivät oppilaat ota sitä tosissaan eivätkä täten sitoudu siihen kunnolla. Varsinkin arvosanakeskeisessä, summatiivisia kokeita painottavassa arviointikulttuurissa oppilaat eivät usein näe vertaisarviointia tehokkaimpana keinona vaikuttaa omaan arvosanaansa, jolloin palautteen laatu saattaa jäädä heikoksi. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Kun vertaisarviointi liitetään osaksi autenttista oppimistilannetta, tukevat oppimistilanne ja vertaisarviointi toisiaan parhaiten (Ouakrim-Soivio, 2016).

Vaikka opiskelijat ovat usein tietämättömiä opettajan arviointikriteereistä ja -prosessista, mikään muu tekijä ei vaikuta heidän opiskelutapoihinsa ja -motivaatioonsa samalla tavalla. Vertaisarvioinnin avulla oppilas oppii erottamaan työnsä tai tehtävänsä tärkeimmät asiat (Brown; Race; & Smith, 2005), ja se lisää oppilaan ymmärrystä arviointiprosessista. (Hypönen & Lindén, 2009). Vertaisarviointia käytettäessä oppilas soveltaa arviointikri-

teereitä, mikä osaltaan syventää oppimista, sillä arvion laatiminen on tarkempaa ja syvällisempää toimintaa kuin pelkästään työn lukeminen. Vertaisarvion laatiminen antaa oppilaalle myös mahdollisuuden oppia muiden onnistumisista. Ulkopuolinen vertaisarvioija myös huomaa työssä olevat virheet herkemmin kuin työn tehnyt oppilas. (Brown;Race;& Smith, 2005.) On kuitenkin huomioitavaa, että näiden vaikutusten saavuttaminen ei automaattisesti seuraa vertaisarvioinnin hyödyntämisestä. Vertaisarviointia laativa oppilas ei perehdy tehtävään normaalia huolellisemmin, vaan saattaa suorittaa myös arvioinnin laatimisen pintapuolisesti eikä syvälliseen oppimiseen keskittyen.

Vertaisarviointi voidaan nähdä myös työkaluna kehittää oppilaan itsearviointin ja -säätelyn taitoja. Ollessaan vuorovaikutuksessa vertaistensa kanssa ja vertaisiaan arvioidessaan oppilaat oppivat todennäköisesti arvioinnista ja kriittisestä ajattelusta, ja voivat hyödyntää näitä taitoja myös oman oppimisensa arvioimisessa. (Alqassab, 2016.) Vertaisarviointilla on positiivinen vaikutus oppilaiden aktiivisuuteen matemaattisen tiedon konstruoinnissa. Antamalla palautetta oppilaat saavat itsekin uutta tietoa ongelmista. (Naimnule;Kartono;& Asikin, 2020.) Uskoakseni uusien näkökulmien ja lähestymistapojen pohtiminen laajentaa oppilaiden matemaattista ajattelua ja tuo useampia käsitteitä ja proseduureja sekä tietoa niiden hyödyntämisestä osaksi tietoverkkoa. Oppilas saa myös mahdollisuuden pohtia onko hänen arvioimansa vastaus käytännöllisempi kuin hänen omansa, ja voi mahdollisesti korjata myös omaa ratkaisujatteluaan.

Vertaisarviointilla on positiivisia vaikutuksia oppimiseen yleisesti (Li;Xiong;Hunter;Guo;& Tywoniw, 2018). Vertaisarviointin vaikutuksia suoraan matematiikan oppimiseen ei kuitenkaan ole juurikaan tutkittu. Sen sijaan tutkimuksia on toteutettu matematiikan tunneilla ja kursseilla, ja tarkasteltu miten vertaisarviointin hyödyntäminen vaikuttaa matematiikan oppimisen edellytyksiin ja osatekijöihin. Seuraavissa alaluvuissa paneudun kyseisiin tutkimuksiin tarkemmin.

4.1 Vertaispalaute

Palautetta pidetään laajalti oppimisen edistämisen keskeisenä tekijänä (Alqassab, 2016). Hattien (1996) meta-analyysin mukaan palaute on merkittävin yksittäinen tekijä oppilaan suoriutumiseen vaikuttamisessa. Palautteen avulla oppilaiden tietoisuus omasta osaamisestaan ja oppimistavoitteiden saavuttamiseen vaadittavista toimenpiteistä kasvaa. Kaikki oppilaan saama palaute ei kuitenkaan takaa oppimista. Joissain tapauksissa palautteen saaminen voi olla jopa oppimiselle haitallista. Palautteen saaminen ei vielä itsessään vaikuta oppilaan oppimiseen, vaan oppilaan tulee käsitellä saamansa tieto ja päättää, haluaako hän hyödyntää sitä työskentelyssään. (Alqassab, 2016.) Palautteen tarkoitus on olla kehittävää ja oppimista edistävää. Oppilaat saattavat ilmaista haluavansa eriteltyä palautetta, mutta keskittyvät silti lähinnä omiin arvosanoihinsa oman oppimisensa sijaan. Jotta oppilaita voidaan opettaa koostamaan laadukkaita ratkaisuja matematiikan tehtäviin, tulisi heitä ohjata miettimään miten ratkaisu olisi mahdollisimman käyttökelpoinen sen sijaan että oppilas

keskittyy miettimään miten ratkaisulla saa mahdollisimman hyvän arvosanan. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.)

Vertaispalaute on tärkeä osa vertaisarviointia. Palaute voi kohdistua esimerkiksi suoritukseen, henkilöön tai oppimisprosessiin. Vertaisarviointi on myös keino arvioida ominaisuuksia, joita on hankala testata summatiivisilla kokeilla. Tällaisia ominaisuuksia ovat muun muassa aikatauluttaminen ja monipuolinen lähteiden käyttö. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Matematiikan tunneilla kyseisiä mitattavia ominaisuuksia voisivat olla esimerkiksi projektityön aikatauluttaminen ja muiden oppiaineiden integroiminen matematiikan työhön. Työn vertaaminen arviointikriteereihin ja ylipäänsä arviointikriteerien ymmärtäminen ja sisäistäminen vaativat palautteen antajalta harjoittelua (Ketonen, 2019).

Yksi vertaisarvioinnin tavoitteista on lisätä oppilaan saamaa oppimisprosessin aikaista palautetta (Ketonen, 2019). Ketosen (2019) mukaan Opetushallituksen syyskuussa 2019 esittämässä perusopetuksen arviointiluvun luonnoksessa todetaan, että opetuksessa toteutettavan vertaisarvioinnin tulee olla formatiivista: sen tarkoitus ei ole mitata oppimista tai vaikuttaa arvosanaan, vaan edistää oppimista. Tämä saattaa olla oppilaille haastava asia omaksua, sillä oppilaat liittyvät arvioinnin usein arvosteluun. Vertaisarvioinnin tavoitteena on myös tukea oppilaiden sitoutumista yhteisiin tavoitteisiin, opettaa kantamaan vastuu omasta ja muiden oppimisesta ja työskentelystä, sekä tarjota oppilaille oppimisprosessia tukevaa palautetta. (Ouakrim-Soivio, 2016.)

Formatiivinen vertaisarviointi koskee usein työskentelyprosessia, ja antaa saajalleen mahdollisuuden reflektoida omaa tekemistään. Tällöin oppilaan motivaatio usein kasvaa ja oppiminen tehostuu. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Formatiivista palautetta voi ilmetä työskentelyn missä tahansa vaiheessa, ja sen tavoite on kehittää tehtävän tai projektin ratkaisua. Formattiivisen palautteen tarkoitus on edistää oppimista ja vaikuttaa oppilaan oppimiseen positiivisella tavalla sekä edistää oppilaan etenemistä omalla oppimispolullaan. Palaute on tärkeä osa opetusta ja oppimisprosessia, koska sillä on keskeinen rooli oppilaan ohjauksessa kohti tehtävän ratkaisua. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.)

Matematiikan tunneilla oppilaat arvottavat saamaansa palautetta usein sen mukaan, keneltä palaute tulee. Opettajalta saatu palaute koetaan arvokkaaksi ja merkitykselliseksi, vaikka se olisi yleistä koko ryhmälle annettua palautetta. Vertaiselta saatua kohdennettua ja rakentavaa palautetta ei piirteistään huolimatta välttämättä koeta hyödylliseksi tai oppimista edistäväksi. Joissain tapauksissa saatu palaute vastaanotetaan niin kriittisesti, että vastaanottava oppilas ei halua tehdä sen perusteella työhönsä mitään muutoksia. Koska opettaja tietää millainen on tehtävän hyväksyttävä ratkaisu ja antaa arvosanat, oppilaat ajattelevat, että häntä on kuunneltava. Tämä saattaa johtaa tilanteeseen, jossa opettajan palautetta kuunnellaan orjallisesti, ja kaikki siinä ehdotetut muokkaukset toteutetaan, vaikka oppilas itse ei kokisi kyseisiä korjauksia olennaisiksi. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.) Yleensä oppilas luottaa opettajan antamaan arviointiin melko kriittittömästi. Op-

pilaiden välisessä arvioinnissa saattaa joskus muodostua tilanteita, joissa oppilaat ovat jostakin asiasta eri mieltä keskenään, mikä saattaa osaltaan johtaa kriittisempään ajatteluun ja sen kehittämiseen. (Sims, 1989.)

Oppilaat voivat saada vertaispalautteesta uusia oivalluksia ja toimia niiden mukaan, erityisesti jos heitä autetaan näkemään vertaiselta saatu palaute palautteena kollegalta, joka työskentelee saman ongelman kanssa eri näkökulmasta. Tämän ajatuksen voi laajentaa opetuksessa työelämää koskevaksi malliksi, jossa työkaverit antavat ja vastaanottavat palautetta vertaisiltaan. Vertaisarviointi auttaa näiden taitojen harjoittelussa. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.) Omissa opinnoissani olen hyödyntänyt ryhmätyöskentelyä huomattavankin paljon, ja olemme opiskelutovereideni kanssa koontuneet miettimään tehtävien ratkaisuja yhdessä.

Eri oppilaiden samasta tehtävästä antamat palautteet saattavat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Yhdistettynä virheellisiin tai tynkiin palautteisiin tämä saattaa heikentää oppilaan luottamusta vertaiselta saatua palautetta kohtaan. Joissain tapauksissa oppilaat eivät ole kokeneet sanallisen vertaispalautteen edistäneen oppimistaan, sillä varsinkaan haastavissa matematiikan tehtävissä he eivät luottaneet vertaisarvioijan arviointikykyyn. Arvioinnin laatiminen saatetaan kokea itselle liian haastavaksi, varsinkin jos tehtävän ratkaiseminen on ollut arvioijalle itselleen liian vaikeaa, tai jos arvioitava tehtävä on ratkaistu eri tavalla kuin annetussa mallivastauksessa. Edellä luetellut syyt voivat johtaa siihen, että palautteen antaminen koetaan oppimista edistäväksi, mutta sen vastaanottamista ei niinkään. (Mäkelä;Ali-Löyty;Joutsenlahti;& Kauhanen, 2015.) Nähdäkseni perimmäinen syy tämän taustalla on oppilaan oman tietoverkon vajavaisuus: tehtävä on opittu ratkaisemaan vain tietyllä tavalla, mistä johtuen on vaikea arvioida toisenlaisen ratkaisun toimivuutta. Tällöin oppilas ei ole onnistunut luomaan dynaamista ja monikäyttöistä tietoverkkoa, tai sen luominen on vasta alkutekijöissään. Palautteen antaminen kuitenkin poistaa oppilaan väärinymmärryksiä tehtäviä koskien, mikä saattaa osaltaan edistää oppimista (Chi, 1996).

Tampereen teknillisessä yliopistossa matematiikan kurssilla toteutetussa tutkimuksessa havaittiin, että oppilaat mietiskelivät vertaisarvioitavia tehtäviä normaalia enemmän. Erityisesti tämä johtui oppilaiden kertoman mukaan siitä, että hyvän vertaisarvion laatimiseksi tehtäviin tuli perehtyä tarkemmin. Hyvän sanallisen arvion antaneet oppilaat menestyivät hyvin myös tentissä. (Mäkelä;Ali-Löyty;Joutsenlahti;& Kauhanen, 2015.) Mainittakoon kuitenkin, että kaikki oppilaat eivät välttämättä toteuta tällaista toimintatapaa. Jos vertaisarviointia ei suoriteta huolella, jäävät sen hyödyt saamatta niin vertaispalautteen vastaanottajalta kuin sen laatijaltakin.

Vertaisarviointi on vaihtoehtoinen tapa arvioida oppilaan työtä. Osa oppilaista kokee vertaispalautteen olevan harhaanjohtavaa, sillä vertaiset eivät määritä arvosanoja. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.) Syyt näiden hankaluuksien taustalta löytyvät nähdäkseni arviointikulttuurista: arvosanapainotteisen arviointikulttuurin ongelmia käsittelevän luvun 3. Tällaisen arviointikulttuurin parissa kasvaneet oppilaat eivät tunnista muun arvioinnin hyötyjä tai niiden tukea oppimiselle, sillä heillä ei ole tai on hyvin vähän

kokemuksia kyseisestä arviointimuodosta. Tällöin oppilaan näkökulmasta muulla kuin opettajan suorittamasta arvioinnista ei ole heille hyötyä, sillä he todennäköisesti mittaavat osaamistaan vain loppuarvosanoihin perustuen. Rodgers ym. (2015) huomauttavat, että tällaiset oppilaat eivät kuitenkaan tunnista vertaispalautteen antamisen hyötyä, kuten metakognitiivisten taitojen ja reflektointitaitojen kehittymistä. Muun muassa palautteen laatiminen sekä muiden töiden arvioiminen ja tulkitseminen kehittävät näitä taitoja. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.)

Oppilaat eivät koe kaikkea saamaansa palautetta hyödyllisenä. Esimerkiksi palautetta, joka sisältää vain kehuja, ei koeta kovinkaan hyödylliseksi. Joissain tutkimuksissa oppilaat ovat kokeneet vertaispalautteen hyödyttömäksi juuri tästä syystä. Vain kehuja sisältävä palaute koetaan harhaanjohtavana. (Rodgers;Horvath;Jung;Fry;& Cardella, 2015.) On myös mahdollista, että oppilaat eivät suhtaudu palautetta antaessaan arvioitaviin vastauksiin tarpeeksi kriittisesti vaan saattavat vakuuttua vastauksen oikeellisuudesta, vaikka sen perustelu olisi heikkoa (Lauf & Dole, 2010).

4.2 Vertaisarviointi ja vuorovaikutus

Luvussa 2.1 sivusin vuorovaikutuksen merkitystä oppimiselle. Vuorovaikutus vilkastuttaa oppilaan tietorakenteissa tapahtuvia kognitiivisia prosesseja (Haapasalo, 2011). Kun oppilas keskusteleekin vertaistensa kanssa tiedoistaan ja osaamisestaan, hän saa mahdollisuuden pohtia, mitä hän on oppimassa, ja miten uusi tieto linkittyy hänen aiemmin konstruoimaansa tietoverkkoon (Topping, 1998).

Vertaisarviointi edistää yhteistyötä ja aktiivista sosiaalista oppimista. Vertaisarviointia hyödyntäessään oppilaat auttavat toisiaan ja tekevät oppimisesta merkityksellisempää. Palaute antaessaan oppilaat oppivat kielentämään omaa matemaattista ajatteluaan. (Naimnule;Kartono;& Asikin, 2020.) Omien kokemusteni mukaan oppilaan paremmat matemaattisen ajattelun kielentämisen taidot auttavat opettajaa arvioimaan nimenomaan oppimisen arvioinnin oppimistulosten lisäksi. Kielentäminen helpottaa oppilaan edistymisen havainnointia, ja opettaja saa reaaliaikaisemman kuvan oppilaan tiedoista ja taidoista, ja pystyy tarvittaessa mukauttamaan opetustaan nopeammin oppilaan tarpeita vastaavaksi. Vertaisarviointia harjoittaessaan oppilaat oppivat myös havainnoimaan muita näkökulmia ja ajattelemaan kriittisemmin. (Naimnule;Kartono;& Asikin, 2020.) Rungas vuorovaikutusryhmän sisällä johtaa matemaattisen tiedon konstruointiin yhteistyössä muiden kanssa (Chi, 1996).

Itsensä selittäminen ja palautteen saaminen ovat rinnastettavissa tutorin ja tutoroitavan väliseen palautteen antamiseen ja vastaanottamiseen. Tutoroitavan selitykset omille ratkaisuilleen ovat tutorille tehokas työkalu oppia tutoroitavan väärinkäsityksistä, sekä selvittää johtuvatko nämä virheet matemaattisista proseduraalisista virheistä vai käsitteellisistä vää-

rinyymmärryksistä. Oman toiminnan selittäminen ja palautteen vastaanottaminen sekä oppilaiden välinen vuorovaikutus luo tutoroitaville mahdollisuuden olla aiempaa aktiivisempia oman oppimisensa toimijoita. (Chi, 1996.)

4.3 Vertaisarviointi ja minäpystyvyys

Minäpystyvyys viittaa oppilaan uskomuksiin tai arvioihin omista mahdollisuuksistaan selviytyä erilaisista tehtävistä. Minäpystyvyys muodostuu aikaisempien kokemusten tulkinnoista, mutta viittaa silti käsitteenä tulevaisuuteen: oppilas arvioi, miten hän tulee suoriutumaan annetusta tehtävästä. Minäpystyvyys on muuttuva käsitys, johon vaikuttavat muun muassa oppilaan taitojen kehittyminen ja aiemmat myönteiset kokemukset. (Bandura, 1997.)

Oppilaan minäpystyvyyden tunne on tärkeä määrittävä tekijä oppilaan akateemisessa motivaatiossa, valinnoissa ja suorittamisessa. Oppilaan kokeman itsevarmuuden ja kykeneväisyyden määrä matematiikan kokeen tehtävänantoa lukiessa vaikuttaa tehtävän ratkaisemiseen käytettävän ajan ja vaivannäön määrään. Tämä nostaa akateemisen menestyksen todennäköisyyttä. Oppilaan oma arvio siitä, kykeneekö hän ratkaisemaan annetun tehtävän, ennustaa hänen todellista kykyään tehtävän suhteen. (Pajares & Miller, 2010.)

Palautteen saaminen voi vaikuttaa positiivisesti oppilaan minäpystyvyyden tunteeseen. Tärkeitä tekijöitä ovat myös reaaliaikainen arviointi, arviointikriteerien tunteminen ja mahdollisuus seurata omaa kehittymistä. (Chi, 1996.) Joissain tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että oppilaiden minäpystyvyyden tunne vähenee oppilaiden toteuttaman vertaisarviointijakson jälkeen. Ilmiö johtuu useimmiten siitä, etteivät oppilaat täysin ymmärrä mitä he eivät tiedä tai mitä tietoja ja taitoja tarvitaan tehtävän onnistuneeseen suoritukseen. Joka tapauksessa palautteen saaminen tarjoaa oppilaalle mahdollisuuden verrata omaa todellista kykyä ratkaista tehtäviä omaan minäpystyvyyden tunteeseensa ja tarkastella niiden yhteneväisyyttä. (Schunk & Pajares, 2002.)

5 Itsearviointi

Opetussuunnitelmassa todetaan, että arvioinnin tulisi muun muassa kannustaa oppilaita oppimistavoitteiden asettamisessa sekä näihin tavoitteisiin pääsemistä tukevien työtapojen ja -kalujen valitsemisessa. Lisäksi arvioinnin tulee ohjata oppilasta arvioimaan itse oppimisensa laatua. (Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019.) Itsearviointi on oppilasta aktiivinen arviointimenetelmä, jossa oppilas vertaa omaa suoritustaan annettuihin oppimiskriteereihin (Luostarinen & Nieminen, 2019). Se saattaa parantaa oppimista ja oppimistuloksia, sillä sen hyödyntämisen on todettu voivan lisätä oppilaan kiinnostusta aihetta kohtaan ja nostavan näin myös oppilaan motivaatiota oppia (Sharma, ym., 2016). Kokemukseni mukaan itsearvioinnilla voi olla myös päinvastainen vaikutus, sillä se saattaa nostaa esiin oppilaan epävarmuuksia ja alentaa minäpystyvyyden tunnetta. Tällöin opettajan rooli oppimisen tukijana korostuu entisestään. Lisäksi itsearviointi saattaa auttaa oppilasta kehittämään oman työnsä kriittisen tarkastelun taitoja (Sharma, ym., 2016). Sen tarkoitus on harjoittaa Opetussuunnitelman perusteissa mainittuja oman osaamisen ja toiminnan arviointiin vaadittavia taitoja. Näitä taitoja oppilas tulee tarvitsemaan läpi koulu-uransa ja lopulta työelämässä, onhan itsearvioinnissa lopulta kyse oman toiminnan havainnoinnista, omien vahvuuksien tunnistamisesta ja omien heikkouksien kehittämisestä (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Kouluympäristössä itsearvioinnin tehtävä on erityisesti harjoittaa oppilaan kykyä havainnoida ja pohtia omaa oppimisprosessiaan eri vaiheineen (Ouakrim-Soivio, 2016).

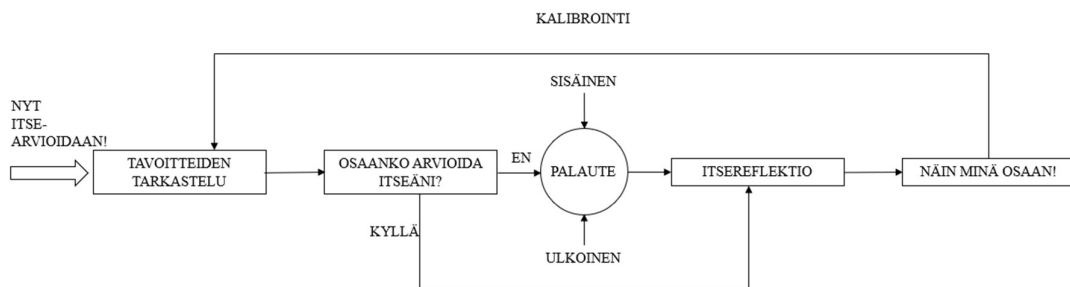
Itsearviointitaidot kehittyvät kolmessa eri vaiheessa: reflektio, itsearviointi ja metakognitio. Reflektiossa oppilas tarkastelee muun muassa omaa osaamistaan ja oppimistaan, ajatuksiaan sekä toimintatapojaan. Itsearviointi perustuu tämän reflektion pohjalta suoritettuun oman toiminnan arviointiin. Metakognitio viittaa aiemman tarkastelun ja arvioinnin pohjalta tapahtuvaan oman kognitiivisen toiminnan ymmärtämiseen. Itsearvioinnissa tarvittavia metakognitiivisia taitoja ovat taidot, joiden avulla oppilas oppii asettamaan itselleen oppimistavoitteita, hallinnoimaan oppimisensa edistymistä sekä vertailemaan saavutettuja tuloksia asetettuihin tavoitteisiin. Oppimisen näkökulmasta itsearviointitaitojen liittyminen oppimisen arviointiin lisää oppilaan tietoisuutta arviointikriteereistä, ja tehostaa näin oppimista. (Ouakrim-Soivio, 2016.)

Englannin kielessä termille itsearviointi on kolme mahdollista käännöstä: *self-reflection*, *self-evaluation* ja *self-assessment*. *Self-reflection* tarkoittaa omien tietojen ja taitojen yleistä tarkkailua. Se on jatkuvaa toimintaa, joka ei liity pelkästään oppimistilanteisiin. *Self-evaluation* viittaa arviointiprosessiin, jossa oppilas itse vaikuttaa omaan arvosanaansa esimerkiksi arviointikeskustelussa. *Self-assessment* taas tarkoittaa formatiivista ja formaalia arviointia, jossa oppilaille annetaan valmis vertailukriteeristö. Tämän kriteeristön avulla oppilaan tulee tunnistaa omia heikkouksiaan ja vahvuuksiaan. Formaalin itsearvioinnin seurauksena syntyy yleensä jokin tuotos, kuten täytetty lomake tai suullinen arvio omasta suoriutumisesta. Itsearviointi ei siis terminä viittaa vain yhteen työskentelytapaan,

vaan on moniulotteinen menetelemä yksilön oman toiminnan tarkastelemiseksi ja kehittämiseksi. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Tässä työssä itsearviointilla tarkoitetaan tutkimuksissakin paljon esiintyviä toimintoja self-evaluation ja self-assessment. Klenowski (1995, 146) määritelmä termille self-evaluation tavalla kuvaa mielestäni hyvin itsearviointia tietoisesti käytettynä arviointimenetelmänä:

Itsearviointi on suorituksen arviointia tai sen 'arvon' määrittämistä sekä yksilön vahvuuksien ja heikkouksien tunnistamista oppimistulosten parantamiseksi.

Itsearviointi toteutuu parhaimmillaan kehämäisenä toimintana (Kuva 2), jossa oppilas reflektoi aidosti omaa oppimisprosessiaan. Oppilas aloittaa vertaamalla osaamistaan annettuihin konkreettisiin oppimistavoitteisiin. Tavoitteet voivat olla opettajan antamia tai yhdessä oppilaiden kanssa koostettuja. Kun tavoitteet ovat oppilaalle tutut hän päättää onko hänellä tarpeeksi osaamista, jotta hän voi arvioida itseään. Mikäli oppilas kokee, että hän tarvitsee tukea itsensä arvioimisessa, tulee hänen etsiä palautetta. Sisäinen palaute muodostuu muun muassa oppilaan tunteista ja motiiveista. Hän voi esimerkiksi huomata itsessään stressin oireita ja todeta käyttäneensä yksittäiseen tehtävään liikaa voimavaroja. Ulkoista palautetta saa opettajan lisäksi myös muun muassa oppilastovereilta, vertaisilta. Ulkoinen palaute auttaa oppilasta rakentamaan kuvaa omasta osaamisestaan ja oppimisestaan. (Luostarinen & Nieminen, 2019.)



Kuva 2 Itsereflektion sykli (Luostarinen & Nieminen, 2019, 171)

Kun oppimistavoitteet ovat oppilaalle selkeät ja hän on tarvittaessa saanut palautetta, pystyy hän refleктоimaan omaa oppimistaan. Tieto siitä tuleeko itsearviointi esimerkiksi opettajan tietoon vaikuttaa arviointiprosessiin vahvasti: jos opettaja lukee itsearviointia, ei oppilas ei välttämättä uskalla kirjata ylös kaikkia tuntemuksiaan ja ajatuksiaan. Formaalisissa itsearviointeissa oppilas usein palauttaa kirjallisen itsearvionsa, mutta ajatusprosessi sen taustalla saattaa jäädä opettajalta pimentoon. Oppilaan omat tunteet vaikuttavat helposti reflektointiin. Lisäksi saatu palaute ja sen laatu vaikuttavat reflektointivaiheeseen. Tämän vuoksi on mahdollista, että itsereflaktiovaiheessa oppilas tekee virheellisiä päätelmiä ja joko yli- tai aliarvioi osaamisensa. (Luostarinen & Nieminen, 2019.)

Kouluympäristössä itsearvioinnilla on jokin päätös. Se saattaa olla esimerkiksi kirjallisen itsearvioinnin palauttaminen tai opettajan kanssa käyty arviointikeskustelu. Lopputulokseen päästyään oppilaan tulee vielä kalibroida tämä päätös annettuihin tavoitteisiin nähden: vastaavatko oppilaan itse määrittämä arvosana ja työn laatu opettajan antamia kyseisen arvosanan kriteereitä? Jos kalibroidessaan oppilas huomaa, että arvosana saattaisikin olla matalampi tai korkeampi, alkaa sykli taas alusta. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Mielestäni riskinä tässä tulkinnassa on, että käytännössä itsearviointi toteutetaan muusta opetuksesta irrallisena osana, jolloin oppilaalle mieltyy siitä kuva juurikin irrallisena ja erikseen toteutettavana toiminta. Tällöin itsearvioinnin toteuttaminen ei muodostu oppilaalle luontevaksi osaksi omaa oppimistaan ja sen kehittämistä, eikä myöhemmin työelämässä välttämättä näy hänen toiminnassaan.

Itself-reflektion sykli tekee itsearviointiin liittyvän psykologisen prosessin myös opettajalle näkyvämmäksi. Tällöin opettaja pystyy ohjaamaan ja opettamaan oppilaalle itsearvioinnin taitoja. Sykli kertoo myös, etteivät itsearvioinnin taidot ole itsestäänselvyyksiä, vaan niitä tulee harjoitella. Malli tuo näkyväksi sen, että itsearvioinnin taitoja voidaan kehittää. Opettajan olisi tärkeää miettiä myös, mikä on itsearvioinnin motivaattori oppilaan näkökulmasta. Näyttäytyykö itsearviointi oppilaalle keinona reflektoida ja kehittää omia opiskelutaitoja vai keinona vaikuttaa omaan arvosanaan? Luokkahuoneessa itsearviointia tulisi toteuttaa oppilaiden ikä- ja taitotasoon sopivalla tavalla. (Luostarinen & Nieminen, 2019.) Mikäli oppilas ei ymmärrä itsearvioinnin tarkoitusta tai se toteutetaan hänen valmiuksiinsa nähden liian haastavalla tasolla, on sillä riskinä vaikuttaa negatiivisesti oppilaan minäkuvaan tai itsetunnon kehittymiseen (Ouakrim-Soivio, 2016). Koulutien päättyessä oppilaalla tulisi olla hallussaan työkalut jatkaa itsearviointia työ- ja arkielämässään (Luostarinen & Nieminen, 2019).

Itsearviointi on itsesäätelytaito, ja jotta sen käyttämisestä saataisiin mahdollisimman paljon hyötyä, tulee sen täyttää seuraavat kriteerit: oppilaan tulee tietää oppimistavoitteet ja kriteerit niiden saavuttamiseksi, hänellä tulee olla mahdollisuus valita oppimistehtävät näiden tavoitteiden saavuttamiseksi ja hänen tulee pystyä valvomaan sekä arvioimaan oppimistuloksiaan. (Brown, 1988.) Kun toteutettava itsearviointi täyttää nämä kriteerit, saa oppilas mahdollisuuden osallistua aktiivisemmin omaan oppimisprosessiinsa, mikä auttaa metakognitiivisten taitojen kehittymistä. (Brown & Baker, 1984) Vaikka oppilaalle tarjottaisiin mahdollisuus itsearviointiin, hän ei välttämättä hyödynnä sitä. Tällöin oppilas ei saavuta itsearvioinnista mahdollisesti koituvia hyötyjä tai metakognitiivisten taitojen kehittämistä.

Itsearvioinnilla voidaan kehittää oppilaan itsevarmuutta matematiikan suhteen ja ohjata oppilasta kohti itsenäisempää matematiikan opiskelua (National Council of Teachers of Mathematics, 1995). Itsearviointi mahdollistaa oppilaiden sitouttamisen oman edistämisen arviointiin, auttaa heitä kommunikoimaan ja lisää heidän matemaattista sanastoaan (Stallings & Tascoine, 1996). Tutkimusten mukaan oppilaat hyötyvät itsearvioinnista, mutta sitä ei silti hyödynnetä kovinkaan laajalti. Usein syynä on lasten kognitiivinen kypsymättömyys, jonka vuoksi lasten ei uskota olevan kykeneviä harjoittamaan itsearviointia

riittäväällä tarkkuudella. Myöhemmin tehdyt tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että lasten kykyjä on aliarvioitu, erityisesti silloin, kun itsearviointia hyödynnetään ympäristössä, joka ei ole kilpailullinen. Opettajien tulisikin pyrkiä luomaan kilpailuton oppimisympäristö, ja tuomaan itsearviointimenetelmät osaksi opetusta niin, että oppilailla on mahdollisuus osallistua arviointikriteerien luomiseen ja opiskelumenetelmien valintaan. (Fontana & Fernandes, 1994.)

Seuraavissa alaluvuissa tarkastelen matematiikan tunneilla toteutetun itsearvioinnin vaikutuksia matematiikan oppimiseen, matemaattiseen suoriutumiseen ja matemaattisen ajattelun kielentämiseen perustuen aihepiiriin tutkimuksiin.

5.1 Itsearviointi, matematiikan oppiminen ja matemaattinen suoriutuminen

Itsearvioinnin toteuttamisessa vaadittavat korkeamman tason ajattelu ja metakognitiiviset prosessit vaikuttavat matematiikan oppimiseen. Itsearvioiva oppilas oppii oppimaan. Itsearviointi myös edesauttaa oppilaan matemaattisen lukutaidon kehittymistä. (Geller, 2004.) Tutkitusti oppilaiden osallistaminen omaan arviointiinsa ja itsearvioinnin toteuttaminen osana matematiikan opetusta voi lisätä reflektointia ja metakognitiivista toimintaa ja täten auttaa oppilaita oppimaan oppimaan matematiikkaa (Brookhart;Andolina;Megan;& Furman, 2004).

Itsearvioinnin harjoittamisella on todettu olevan positiivinen vaikutus matemaattiseen suoriutumiseen. Itsearviointia harjoitelleet oppilaat saattavat saada kokeessa enemmän koe-pisteitä. Toisaalta itsearvioinnista on hyötyä matemaattisessa suoriutumisessa vain, jos oppilaat harjoittavat sitä pidemmän ajanjakson ajan, ja opettajille tarjotaan samalla opetus-suunnitelmallista tukea. Oppilaiden lisäksi siis myös opettajille tulee opettaa itsearvioinnin harjoittamisesta ja sen hyödyntämisestä työkaluna osana jokapäiväistä opetustyötä. (Ross;Hogaboam-Gray;& Rolheiser, 2002.) Itsearviointia harjoittavien oppilaiden matemaattinen suorituskyky voi myös olla huomattavasti parempi kuin niiden oppilaiden, jotka eivät ole hyödyntäneet itsearviointia opiskelussaan (Fontana & Fernandes, 1994). On kuitenkin huomioitava, ettei yksittäisen matemaattiseen suoriutumiseen vaikuttavan komponentin vaikutusta ole mahdollista tutkia, vaan oppimiseen, sekä tätä myöden myös matemaattiseen suoriutumiseen, vaikuttavat aina myös sen muut osatekijät.

Itsearvioinnin hyödyntäminen vaikuttaa erilaisiin oppilaisiin eri tavoin. Vaikka itsearvioinnin hyödyntämisellä on merkittävä vaikutus kyvykkäiden oppilaiden toimintaan, se ei välttämättä juurikaan vaikuta muihin oppilaisiin. (Fontana & Fernandes, 1994.) Mielestäni on harkinnan arvoinen seikka ottaa huomioon, että kyvykkäiden oppilaiden metakognitiiviset taidot ovat jo ennestään kehittyneemmät, mistä johtuen he voivat hyödyntää itsearviointia muita tehokkaammin. Tämä korostaa opettajan roolia oppimaan oppimisen ohjaajana ja tukijana siten, että myös vähemmän kyvykkäät oppilaat pystyvät hyödyntämään itsearviointia opiskelutaitojensa tukena.

5.2 Itsearviointi ja kielentäminen

Oman ajattelunsa selittäminen vaikuttaa suuresti oppilaiden ymmärrykseen jo varhaisessa vaiheessa ja sitä seuraavaan ongelmanratkaisukykyyn (Recker & Pirolli, 1995). Itsearviointiin yhteydessä suoritettu, mahdollisesti ohjattu, reflektointi voi parantaa oppilaiden matemaattisen ajattelun kielentämisen taitoja (Brookhart;Andolina;Megan;& Furman, 2004). Oppilaat, jotka selittävät ratkaisujaan harkitusti ja perustellusti, saavat lopputestistään lähtötasotestiin verrattuna enemmän pisteitä kuin sellaiset oppilaat, jotka selittävät toimintaansa vähän tai eivät ollenkaan (Hall & Vance, 2010). On kuitenkin huomioitava, että osa oppilaista saattaa täyttää reflektointiin tarkoitetun monisteen reflektoidusta toimintaansa kuitenkin aidosti. Itsearviointi ei siis ole taikakeino, jota hyödyntämällä oppilaat varmasti oppivat tai osallistuvat. (Brookhart;Andolina;Megan;& Furman, 2004.) Oppilaiden oman toiminnan selitysten määrä korreloi positiivisesti tehtävistä saatavien pisteiden kanssa (Hall & Vance, 2010). Tämän työn aiempien lukujen valossa voidaan kuitenkin kyseenalaistaa, tarkoittavatko korkeammat koepisteet parempaa oppimista, vaiko muistin tehokkaampaa toimintaa.

Oppilaiden itsearviointi ja siitä seuraava opettaja – oppilas -dialogi tuovat opettajalle näkyväksi oppilaan virheisiin johtavaa ajattelua. Tällöin opettajan antamaan arviointiin saattaa vaikuttaa se, johtuuko oppilaan virheellinen ratkaisu käsitteellisestä virheestä vai mekaanisesta virheestä. Toisaalta opettaja saa myös käsityksen oppilaan matemaattisesta ajattelusta ja tämän konstruoimasta tietoverkosta. (Stallings & Tascoine, 1996.)

6 Pohdinta

Matematiikkaa kuvaillaan usein kumuloituvana tieteenä. Uusi tieto rakentuu vanhan päälle muodostaen suuremman tietokokonaisuuden kaiken käsittämiseksi. Riskinä tässä näkökulmassa kuitenkin on, että matematiikkaa sorrutaan opettamaan juurikin tällaisina toistensa päälle rakentuvina kokonaisuuksina, jotka eivät kuitenkaan vuorovaikuta keskenään. Omassa opetustyössäni olen useasti törmännyt ilmiöön, jossa oppilaat käsittelevät matematiikkaa ikään kuin paloina koealue kerrallaan – kurssin koe mielletään välipisteeksi, joka erottelee toisistaan irralliset osa-alueet. Oppilas ei kykene, tai hänelle ei tule edes ajatelleeksi että voisi, hyödyntämään aiemmalla kurssilla oppimiaan tietoja uuden kurssin uuden aihealueen kanssa työskennellessään. Tällöin oppijan matematiikkakäsitys saattaa olla varsin jäykkä ja muuttumaton, vaikka matematiikka tieteenä on dynaamista ja itseään korjaavaa. Viime vuosikymmeninä didaktiikassa onkin alettu kiinnittämään huomiota oppijan sisäisen tietokäsityksen merkitykseen. Matematiikkaa pyritään opettamaan verkottuneena tieteenä, jossa eri aiheet eivät niinkään rakennu toistensa päälle, vaan linkittyvät yhteen ja vaikuttavat lomittain. Tällöin esimerkiksi geometriaa opiskellessaan oppilas kykenee näkemään yhteyden erilaisten geometrinen kappaleiden tilavuuksien määrittämisessä: sen sijaan, että hän opettelisi ulkoa jokaisen kappaleen tilavuuden kaavan, hän ymmärtää perusajatuksen tilavuuden määrittämisen takana ja osaa soveltaa sitä erimuotoisiin kappaleisiin. Tarvittaessa hän kykenee käyttämään myös esimerkiksi yhtälönratkaisun työkaluja tilavuuden määrittämisessä.

Tähän oppilaan konstruoimaan tietoverkkoon ei kuitenkaan ole mahdollista vaikuttaa perinteisen opetuksen metodein, jossa opetus on faktojen luettelua, niiden ulkoaopettelua ja kokeessa muistamista, sillä tällöin tieto rakentuu juurikin muistin varaan, eikä osaksi monikäyttöistä ja muuttuvaa tietoverkkoa. Kyseiseen tietoverkkoon pyritään sen sijaan vaikuttamaan muun muassa oppimisen arvioinnin keinoin. Oppilasta ei arvioida enää pelkästään opintojakson päätteeksi kirjallisessa kokeessa, vaan reaaliaikaisemmin ja ohjauksellista näkökulmaa painottaen. Tarkoitus on valmistaa oppilasta jatko-opintojen ja työelämän haasteisiin. Nyky-yhteiskunnan nopea tempo ja tiedon muuttuva luonne vaativat yksilöltä mukautumiskykyä ja kykyä oppia itsenäisesti. Oleellista on pystyä toimimaan osana työyhteisöä sekä kyetä refleктоimaan ja kehittämään niin omaa kuin tiimin toimintaa.

Matematiikan oppimisessa metakognitiiviset taidot ja tiedon konstruointi ovat äärettömän tärkeitä taitoja. Opettajan tulee tukea oppilasta dynaamisen ja käyttökelpoisen tietoverkon luomisessa, niin että oppilas saa mahdollisuuden yhdistää ja käyttää hänellä olevia tietoja ja taitoja sopivaksi katsomallaan tavalla. Itse- ja vertaisarvioinnin hyödyntäminen osana matematiikan opetusta auttaa oppilasta miettimään, mitä matemaattisia taitoja hänellä jo on, miten hänen tulisi niitä hyödyntää, ja mitä taitoja hänen tulisi vielä kehittää. Lisäksi itse- ja vertaisarviointi ohjaavat oppilasta asettumaan oman ratkaisunsa ulkopuolelle ja tarkastelemaan omaa ajatteluaan. Onko ratkaisu looginen? Ovatko matemaattiset proseduurit

perusteltuja ja oikein käytettyjä? Onko oppilaalla käytössään muita taitoja tehtävän ratkaisemiseksi? Laajemmasta näkökulmasta tarkasteltuna oppilas oppii, mitkä opiskelustrategiat ja -keinot sopivat hänelle parhaiten, ja voi hyödyntää samoja työkaluja myös muissa oppiaineissa.

Tässä pro gradu -tutkielmassa perehdyin formatiivisen oppimisen arvioinnin ja erityisesti itse- ja vertaisarvioinnin hyödyntämisen vaikutuksiin matematiikan opiskelussa ja opetuksessa. Koen, että opettajankoulutukseni käytännön osuus keskittyi hyvin vahvasti perinteiseen matematiikan opetukseen, vaikka samaan aikaan meille korostettiin Opetussuunnitelman perusteissa peräänkuulutettavan monipuolista opetusta ja arviointia. Tietämystäni lisätäkseni halusin perehtyä aiheeseen tarkemmin, mielessäni erityisesti syyt arviointikulttuurin muutokselle ja oman osaamiseni laajentaminen.

Käytännön opetustyössä olen nähnyt Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa odotettua itsearviointia toteutettavan oikeastaan vain lomakkeena, joka täytettiin summatiivisen kokeen lopuksi. Lomakkeessa kysyttiin, mikä oli oppilaan tavoitearvosana, paljonko aikaa hän käytti kokeeseen opiskeluun, ja paljonko hän aikoo käyttää aikaa seuraavaa koetta varten. Tällainen itsearviointi ei mielestäni ole edes itsearviointia, ainakaan sillä tavalla kuin sen tässä työssä olen määritellyt. Kyseinen lomake painottui vain summatiivisen kokeen arviointiin. Tällöinhän oppilaalle korostetaan, että juurikin koe on opetuksessa pääasiassa, ja hänen suorittamansa oman toiminnan arviointinsa keskittyi vain koesuoritukseen. Oppilas ei siis saa aidosti mahdollisuutta reflektoida omaa toimintaansa, eikä arviointi ole mistään näkökulmasta tarkasteltuna oppimisen arviointia.

Vaikka itse- ja vertaisarviointi ovatkin osa Opetussuunnitelmaa, niiden hyödyntämisen vaikutuksista matematiikan oppimiseen löytyy ensivilkaisulla hyvin vähän tutkimustuloksia. Perehtyessäni tarkemmin aiheeseen, ymmärsin että juuri tästä arviointikulttuurin muutoksessa on kysymys: olisi ristiriitaista tutkia itse- ja vertaisarvioinnin vaikutuksia matematiikan kokeiden pistetuloksiin tai arvosanoihin, jos arviointimenetelmien tarkoitus on itsessään laajentaa arvioinnin tarkoitusta pelkän summatiivisen suorituksen tarkastelusta laajempaan, oppimista ja konstruointia tukevaan, suuntaan. Aihetta tutkiessa tulee siis perehtyä laajemmin oppimiseen kokonaisvaltaisena ilmiönä. Oleellista onkin tarkastella itse- ja vertaisarvioinnin vaikutuksia matematiikan oppimisen edellytyksiin, kuten vuorovaikutukseen, tiedon konstruointiin tai minäpystyvyyteen.

Konstruktivistisesta näkökulmasta oppimista ei ole mielekästä mitata koepisteinä tai arvosanoina, sillä oppiminen nähdään subjektiivisena ilmiönä. Minäpystyvyyden tunnetta mitattaessa mitataan juurikin oppijan kokemusta omasta kykeneväisyydestään ja omista vaikutusmahdollisuuksistaan. Intuitiivisesti ajateltuna itsearvioinnilla voidaan vaikuttaa tähän tunteeseen: kun yksilö oppii havainnoimaan omaa oppimistaan ja hänelle opetetaan erilaisia mahdollisuuksia vaikuttaa siihen, myös hänen tunteensa mahdollisuudesta vaikuttaa kasvaa. Vertaisarviointi auttaa oppimaan erilaisia lähetysmistapoja ja ratkaisutapoja samoihin ongelmanratkaisutehtäviin. Toisaalta oppilas voi myös havainnoida, mitä hän itse

jo osaa ja tekee oikein. Tällöin tunne omasta kykeneväisyydestä kasvaa. Toisaalta osa oppilaista saattaa kokea, etteivät he ole edenneet oppimisessaan yhtä pitkälle kuin muut. Oppilaalla saattaa olla vaikeuksia antaa vertaiselleen palautetta tehtävästä, jonka ratkaiseminen on ollut hänelle itselleen haastavaa, sillä hänen proseduraalinen tai konseptuaalinen tietonsa ei välttämättä vielä riitä tarkastelemaan tehtävää muista näkökulmista, kuin siitä joka tuntuu hänelle itselleen luonnollisimmalta. Matematiikassa tehtävien arviointi on toisaalta melko suoraviivaista – tehtävien ratkaisut etenevät usein loogisesti ja perustelevat itse itseään. Tämä helpottaa niin itse- kuin vertaisarvionkin laatimista. Toisaalta kuitenkin jokaisen oppijan konstruoima tietoverkko on erilainen, ja siksi logiikka kaikkien ratkaisumallien taustalla ei välttämättä ole samanlainen. Tarvitaan siis myös kykyä kielentää omaa ajattelua, jotta se aukenee lukijalle.

Tutkimusten mukaan itsearviointin käyttäminen saattaa parantaa oppilaan taitoa kielentää omaa matemaattista ajatteluaan. Oman työn tarkastelu kriittisestä näkökulmasta, omien ratkaisujen perustelu ja opettajan kanssa käytävä keskustelu auttavat selkeyttämään matemaattista ajattelua sekä tekijälle itselleen, että arvioijalle. Itse käytän opetustyössäni usein tätä työskentelytapaa, ja pyydän oppilasta omin sanoin selittämään miten hän on ratkaissut tehtävän ja miksi. Usein oppilaat kirjaavat näkyviin vain laskut ja mahdollisesti muutaman välivaiheen, ja ajattelu niiden takana jää opettajalta pimentoon. Tällöin oppilaan sanallinen selostus ratkaisusta avaa matemaattista ajattelua ja perusteluita ratkaisun taustalla. Koska jokaisen oppilaan konstruoima tietoverkko on hänen itse luoma käsityksensä, on tällaista subjektiivista luomusta nähdäkseni lähes mahdoton tutkailla osallistamatta sen tekijää prosessiin. Selittäessään matemaattista ajatteluaan ratkaisunsa taustalla, oppilas joutuu itsekin pysähtymään ratkaisunsa äärelle. Jos hän ei sitä jo aiemmin tehnyt, hän joutuu viimeistään nyt miettimään miksi on valinnut käyttöönsä tietyt proseduurit, miten hän on niitä hyödyntänyt ja millaiseen ratkaisuun hän on päätenyt. Kokemusteni mukaan kielentäessään omaa ajatteluaan oppilas osaa myös korjata omaa toimintaansa huomattavasti ratkaisussa mahdollisen virheen. Ratkaisun sanoittaminen auttaa oppilasta sitomaan työskentelytavan osaksi laajempaa matemaattisen toimintansa kokonaisuutta, jonka ansiosta tehtävien ratkaisu ei jatkossa jää vain sen varaan, että oppilas muistaisi ulkoa minkälaisella algoritmilla tietyn tyyppinen tehtävä ratkaistaan. Kielentäminen ohjaa oppilaan matemaattista ajattelua mekaanisesta työskentelystä kohti syvempää ajattelua. Opettajan näkökulmasta kielentäminen auttaa tunnistamaan oppilaan tekemät virheet. Opettajan on tärkeää tietää, ovatko mahdolliset virheet mekaanisia laskuvirheitä, vai syvemmälle ulottuvia virheitä käsitteiden ymmärryksessä.

Nähdäkseni vertaisarviointi avaa samankaltaisen väylän matemaattisen ajattelun kielentämiselle. Vertaisarviointitilanteessa oppilas saa mahdollisuuden sanoittaa matemaattista ajattelua vertaiselleen, ja toisaalta kuulee mahdollisesti myös erilaisia näkökulmia suurin piirtein samassa vaiheessa olevalta oppijalta. Jos väylää keskustelulle ei ole, joutuu vertaisarvioija miettimään itse, millainen ajatusmaailma ja mitkä matemaattiset perustelut vertaisen ratkaisun taustalla on. Hän saa mahdollisuuden laajentaa omia näkökulmiaan, jos

ratkaisuvaiheet poikkeavat hänen omistaan. Tällöin arvioija voi tarkastella, olisiko uudenaikaisessa ratkaisutavassa jotakin, mitä hän voisi liittää osaksi omaa matematiikkanäkemystään ja matemaattisten työkalujensa valikoimaa.

Koska kaikki edellä luetellut oppimisen edellytykset ovat juurikin oppilaan henkilökohtaisiin kokemuksiin liittyviä, on niitä haastavaa mitata objektiivisesti. Uskoakseni tästä syystä tutkimuskenttäkin keskittyy näiden edellytysten tutkimiseen. Pohtimisen arvoinen seikka on myös se, ovatko matematiikan kontekstissa toteutettujen tutkimusten tulokset yleistettävissä koskemaan arviointia yleisesti, vai pätevätkö tulokset nimenomaan vain matematiikan oppiaineessa. Yleisesti matematiikkaa pidetään täysin omanlaisenaan tieteenä, joka toimii pohjana tai työkaluna myös monelle muulle tieteelle. Matemaattisen ajattelun taitoja ja niiden hyödyntämistä arkielämän tilanteissa arvostetaan paljon vastauksena nykyisen tietoyhteiskunnan tuomiin haasteisiin.

Tulevaisuudessa itse- ja vertaisarvioinnin vaikutusta matematiikan oppimiseen olisi mielestäni syytä jatkaa, sillä oppimisen arviointi tunnustetaan nykyisin tärkeäksi tekijäksi oppilaan ohjaamisessa ja kannustamisessa. Näkisin kiinnostaviksi tutkimusaiheiksi muun muassa sen, miten itse- ja vertaisarvioinnin hyödyntäminen vaikuttavat oppilaiden kokemukseen matematiikan oppimisesta, sekä miten opettajat kokevat näiden arviointimenetelmien vaikuttavan oppilaiden matemaattisen ymmärryksen ja ajattelun kehittämiseen.

Matematiikan osaamisen arviointi mielletään usein helpoksi, sillä matematiikka mielletään oppiaineena melko mustavalkoiseksi. Tehtävän vastaus on joko oikein tai väärin. Siksi varsinkin vertaisarvioinnin toteutus matematiikassa saatetaan haastavaksi, tai vähintäänkin yksitoikkoiseksi. Määrälliseen oikein/väärin -arviointiin perustuvilla menetelmillä ei kuitenkaan pystytä mittaamaan esimerkiksi käsitteen muodostusta tai kykyä yhdistellä erilaisia proseduureja. Vertaisarvioitavien tehtävien olisikin syytä olla jotain muuta, kuin vain laskurutiineita mittaavien tehtävien tarkistamista. Omissa yliopisto-opinnoissani olen hyödyntänyt vertaisarviointia melko paljon, oikeastaan tiedostamattani: kokoonnuimme opiskelutovereideni kanssa useita kertoja viikossa tarkastelemaan toisemme ratkaisuja meille annettuihin tehtäviin. Osalla ratkaisut saattoivat olla vielä kesken, jolloin tehtävän ratkaisut antoivat palautetta alkuosan ajattelun suunnasta ja siitä, miten he itse olivat asiaa työstäneet. Tehtävien parissa yhä työskentelevät pystyivät taas kyseenalaistamaan ratkaisun tehneiden ajattelutapoja, sillä usein ratkaisumallit poikkesivat toisistaan. Tällöin kaikki hyötyivät järjestelystä, ja pystyivät yhä edelleen kehittämään omaa matemaattista ajatteluun sen sijaan, että olisivat vain tyytyneet siihen, että saivat paperille jonkin näköisen ratkaisun.

Oppimisen arvioinnin keinoja olisi hyvä nostaa enemmän esille myös opettajien koulutuksessa – ihmisillä kun on taipumus tarjota samanlaista opetusta, kuin he itse ovat aikanaan saaneet. Tällöin itse- ja vertaisarviointi saattavat työkaluina jäädä hyvinkin pinnallisiksi, lomakkeisiin perustuviksi menetelmiksi, eikä niistä saada irti kaikkea hyötyä metakognitiivisten taitojen kehittämiseksi ja elinikäisen oppimisen aikaansaamiseksi. Käytännön apukeinoja ja ohjeita opetustyön toteutukseen on tällä hetkellä vaikea löytää, vaikka teoriaa

onkin tarjolla paljon. Lisäksi opettajankoulutuksessa tulisi vielä selkeämmin haastaa tulevien opettajien matematiikkäkäsitystä – olenhan itsekin opintojeni alussa todennut pitäväni matematiikasta siksi, että asiat ovat yksiselitteisesti oikein tai väärin eikä harmaansävyjä ilmene.

7 Lähteet

(21. 8 1998). *Perusopetuslaki 628/1998*. Helsinki. Noudettu osoitteesta

<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628>

(10. 8 2018). *Lukiolaki 714/2018*. Helsinki. Noudettu osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180714#L6>

Alqassab, M. (2016). *Peer feedback provision and mathematical proofs: Role of domain knowledge, beliefs, perceptions, epistemic emotions, and peer feedback content*.

München: Universität München.

Anfas;Sudarwo, R.;Umasugi, M.;Zainuddin;& Widokarti, J. (2018). The influence of learning motivation with technology-based distance learning system. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 427 - 437.

Anttila, E. (2004). *Ihmis- ja oppimiskäsitykset taideopetuksessa*. Haettu 18. 8 2020 osoitteesta

<https://disco.teak.fi/anttila/>

Atjonen, P. (2007). *Hyvä, paha arviointi*. Jyväskylä: Tammi.

Balan, A. (2012). *Assessment for learning: A case study in mathematics education*. Malmö:

Holmbergs.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman and

Company.

- Battista, M.;& Clements, D. (2009). *Constructivist Learning and Teaching*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Brookhart, S.;Andolina, M.;Megan, Z.;& Furman, R. (2004). Minute math: An action research study of student self-assessment. *Educational Research Association*, 213-227.
- Brown, A. (1988). Motivation to learn and understand: On taking charge of one's own learning. *Cognition and Instruction*, 311-321.
- Brown, A.;& Baker, L. (1984). Metacognitive skills and reading. Teoksessa R. Barr;P. Pearson;M. Kamil;& P. Mosenthal, *Handbook of Reading Research* (ss. 353-387). New York: Longman.
- Brown, S.;Race, P.;& Smith, B. (2005). *500 tips on assessment*. Abingdon: Routledge Falmer.
- Chi, M. T. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 33-49.
- Edwards, A.;Esmonde, I.;Wagner, J.;& Beattie, R. (2016). Learning mathematics. Teoksessa R. Mayer;& P. Alexander, *Handbook of Research on Learning and Instruction* (ss. 57-80). New York: Routledge.
- Eskelinen, P. (2005). *Luokanopettajaopiskelijoiden tieto- ja oppimiskäsityksen muuttuminen kollaboratiivisessa design-prosessissa*. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
- Fontana, D.;& Fernandes, M. (1994). Improvements in mathematics performance as a consequence of self-assessment in Portuguese primary school pupils. *British Journal of Educational Psychology*, 407-417.

- Geller, U. (2004). Didactic material confronted with the concept of mathematical literacy. *Educational Studies in Mathematics*, 163-179.
- Haapasalo, L. (2011). *Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu*. Vaajakoski, Jyväskylä: Medusa.
- Hall, S.;& Vance, E. (2010). Improving self-efficacy in statistics: Role of self-explanation & feedback. *Journal of Statistics Education*, 1- 21.
- Hattie, J. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 99-136.
- Hiebert, J.;& Lefevre, P. (1987). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. Teoksessa J. Hiebert, *Conceptual and Procedural Knowledge: the Case of Mathematics* (ss. 1- 27). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Ass.
- Hyppönen, O.;& Lindén, S. (2009). *Opettajien käsikirja: opintojakson rakenteet, opetusmenetelmät ja arviointi*. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
- Ihme, I. (2009). *Arviointi työvälineenä: Lasten ja nuorten kasvun tukeminen*. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Iiskala, T.;& Hurme, T.-R. (2006). Metakognitio teknologisissa oppimisympäristöissä. Teoksessa S. Järvelä;P. Häkkinen;& E. Lehtinen, *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö* (ss. 40 - 55). Helsinki: WSOY.
- Jimaa, S. (2011). The impact of assessment on students learning. *Social and Behavioral Sciences*, 718 - 721.

- Ketonen, L. (31. 10 2019). *Vertaisarviointi sopii hyvin luonnontieteiden opetukseen*. Haettu 30. 9 2020 osoitteesta <https://www.dimensiolehti.fi/vertaisarviointi-sopii-hyvin-luonnontieteiden-opetukseen/>
- Klenowski, V. (1995). Student self-evaluation processes in student-centred teaching and learning contexts. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 145-163.
- Lauf, L.;& Dole, S. (2010). *Assessment for learning tasks and the peer assessment process*. Adelaide: Mathematics Education Research Group of Australasia.
- Leino, J. (2004). Konstruktivismi matematiikan opetuksessa. Teoksessa P. Räsänen, *Matematiikka - näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (ss. 20 - 22). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Li, H.;Xiong, Y.;Hunter, C.;Guo, X.;& Tywoniw, R. (2018). The effect of peer assessment on learning: A meta-analysis. *National Council of Measurement in Education*, (ss. 11-13). New York.
- Luostarinen, A.;& Nieminen, J. (2019). *Arvioinnin käsikirja*. Jyväskylä: PS-Kustannus.
- Malinen, P.;& Pehkonen, E. (2004). Matematiikan oppimisen ja opetuksen tutkimuksesta Suomessa. Teoksessa P. Räsänen, *Matematiikka - näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (ss. 65 - 78). Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Mäkelä, A.-M.;Ali-Löytty, S.;Joutsenlahti, J.;& Kauhanen, J. (2015). *Moodlen työpaja: Vertaisarviointi osana opetusta yliopistomatematiikan ensimmäisellä peruskurssilla*. Tampere: Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimusseura r.y.

- Naimnule, M.;Kartono;& Asikin, M. (2020). Mathematics problem solving ability in terms of adversity quotient in problem based learning model with peer feedback. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 222-228.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1995). *Assessment Standards for School Mathematics*.
- Ojala, T.;& Ranta, T. (2013). *Matematiikan perustietojen kertaus*. Pori: Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*, 17. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*, 18. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2020). *Arviointisanasto opettajille*. Haettu 13. 10 2020 osoitteesta <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/arviointisanasto-opettajille>
- Ouakrim-Soivio, N. (2016). *Oppimisen ja osaamisen arviointi*. Keuruu: Otava.
- Pajares, F.;& Miller, D. (2010). Mathematics self-efficacy and mathematical problem solving: Implications of using different forms of assessment. *The Journal of Experimental Education*, 213-228.
- Recker, M. M.;& Pirolli, P. (1995). Modeling individual differences in students' learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1-38.

- Rodgers, K.;Horvath, A.;Jung, H.;Fry, A. D.-D.;& Cardella, M. (2015). Students' perceptions of and responses to teaching assistant and peer feedback. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1 - 21.
- Ross, J.;Hogaboam-Gray, A.;& Rolheiser, C. (2002). Student self-evaluation in grade 5-6 mathematics effects on problem-solving achievement. *Educational Assessment*, 43-58.
- Schunk, D.;& Pajares, F. (2002). The development of academic self-efficacy. *Educational Psychology*, 15 - 31.
- Sharma, R.;Jain, A.;Gupta, N.;Garg, S.;Batta, M.;& Dhir, S. (2016). Impact of self-assessment by students on their learning. *International Journal of Applied & Basic Medical Research*, 226 - 229.
- Shorsler, L. (ei pvm). *Bloom's taxonomy interpreted for mathematics*. Greater Victoria: University of Victoria.
- Sims, G. (1989). Student peer review in the classroom: A teaching and grading tool. *Journal of Agronomic Education*, 105 - 108.
- Sincere, T. (2004). *The role of discipline on student learning and achievement behavior*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarara.
- Stallings, V.;& Tascoine, C. (1996). Student self-assessment and self-evaluation. *The Mathematics Teacher*, 548-554.

- Su, H. F.; Ricci, F. A.; & Mnatsakanian, M. (2016). Mathematical teaching strategies: Pathways to critical thinking and metacognition. *Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 190 - 200.
- Toivola, M. (2019). *Käänteinen arviointi*. Keuruu: Otavan kirjapaino.
- Top Hat. (ei pvm). *Glossary*. Haettu 10. 11 2020 osoitteesta
<https://tophat.com/glossary/s/student-achievement/>
- Topping, K. (1998). Peer assessment between students in college and universities. *Review of Educational Research*, 249 - 276.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena: konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tampere: Tammer-paino.
- Virta, A. (1999). *Uudistuva oppimisen arviointi - Mahdollisuuksia ja varauksia*. Turku: Turun Opettajankoulutuslaitos.
- von Glasersfeld, E. (1983). Learning as constructive activity. *Proceedings of the 5th Annual Meeting of the North American Group of Psychology in Mathematics Education* (ss. 41 - 101). Montreal: PME-NA.
- Watson, A.; & Mason, J. (2005). *Mathematics as a constructive activity: Learners generating examples*. Lontoo: Lawrence Erlbaum Associates.
- William, D.; & Thompson, M. (2008). Integrating assessment with learning: What will it take to make it work? Teoksessa C. A. Dwyer, *The Future of assessment: shaping teaching and learning* (ss. 53 - 82). New York: Routledge.

