JYX JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Kupari, Pekka; Hiltunen, Jenna

Title: Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitukimusten valossa

Year: 2018

Version: Accepted version (Final draft)

Copyright: © Kirjoittajat & Niilo Mäki Insituutti, 2018.

Rights: In Copyright

Rights url: http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en

Please cite the original version:

Kupari, P., & Hiltunen, J. (2018). Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitukimusten valossa. In J. Joutsenlahti, H. Silfverberg, & P. Räsänen (Eds.), Matematiikan opetus ja oppiminen (pp. 16-53). Niilo Mäki Instituutti.

Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitutkimusten valossa

Pekka Kupari & Jenna Hiltunen

1. Johdanto

Tiedon ja osaamisen yhteiskunnassa matemaattis-luonnontieteellisellä sivistyksellä on olennaisen tärkeä merkitys. Vahvaa matematiikan ja luonnontieteiden osaamista edellyttävät niin työelämän kehitysnäkymät ja kansainvälinen menestyminen eri teollisuuden ja elinkeinoelämän aloilla kuin toimiminen kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Se on tärkeää myös osallistumisessa yhteiskunnalliseen keskusteluun ja päätöksentekoon, jonka tavoitteena on luonnon ja terveellisen elinympäristön säilyttäminen.

Kahdenkymmenen viime vuoden aikana koulutuksen arviointi on lisääntynyt voimakkaasti. Näin on tapahtunut sekä kansallisessa ja kansainvälisessä arvioinnissa että kaikilla kouluasteilla ja niiden eri sektoreilla. Koulutuksen arvioinnin tarvetta ovat lisänneet avoimempi koulutuspolitiikka, tieto- ja viestintäteknologian huima kehitys, päätösvallan hajauttaminen, informaatio- ja tulosohjaus, julkisten menojen leikkaus, oppilaitosten ja opiskelijoiden itseohjautuvuus sekä pedagogisten ratkaisujen valinnaisuus (Linnakylä & Välijärvi, 2005). Erityisesti OECD-järjestön PISA-arviointiohjelma on saanut merkittävän roolin arvioinnin kentällä.

Millaista on suomalaisten peruskoululaisten matematiikan osaaminen vuosituhannen alkumetreillä? Pärjäävätkö oppilaamme kansainvälisessä vertailussa? Missä ovat matematiikan osaamisen vahvuudet, ja missä kaivataan eniten kohennusta? Onko tyttöjen ja poikien suorituksissa eroja, ja vaihteleeko suoritustaso eri puolilla Suomea?

Tässä artikkelissa tarkastellaan suomalaisten peruskoululaisten matematiikan taitoja 2000-luvun alussa tehtyjen kansainvälisten arviointitutkimusten (TIMSS ja PISA) valossa. Tulosten tulkinnan helpottamiseksi kuvataan aluksi arviointitutkimusten luonnetta ja niiden lähestymistapoja matematiikan oppimistulosten ja -ympäristöjen arvioinnissa. Eri tutkimusten tuloksia esitellään vertaamalla suomalaisoppilaiden oppimistuloksia erityisesti OECD-maiden ja muiden Pohjoismaiden vastaaviin tuloksiin. Erityisen kiinnostuksen kohteena on matematiikan osaamisessa tapahtunut kehitys 15 viime vuoden aikana. Tuloksia analysoidaan myös suhteessa eräisiin taustamuuttujiin. Yhteenvetoluvussa nostetaan vielä esille suomalaisen osaamisen vahvuuksia ja ongelmakohtia sekä tulevaisuuden haasteita.

2. Kansainväliset arviointitutkimukset ja arvioinnin lähestymistavat

2.1. Kansainvälisten arviointitutkimusten luonne

Kansallinen ja kansainvälinen koulutuksen arviointi tähtäävät kumpikin koulutusjärjestelmän, koulujen toiminnan, opetuksen ja oppimisen kehittämiseen pätevän, luotettavan ja ajantasaisen tiedon varassa. Parhaimmillaan kansainvälinen arviointitoiminta täydentää kansallisia arviointeja. Läheltä on joskus vaikea nähdä, mikä omassa koulutus- ja oppimiskulttuurissa on omaperäisintä ja onnistuneinta ja missä ovat pahimmat puutteet ja ongelmat, joihin on syytä kansallisesti puuttua (Linnakylä & Välijärvi, 2005).

Suomi on osallistunut kansainvälisiin arviointitutkimuksiin jo yli 50 vuoden ajan. Osallistuminen alkoi matematiikasta, kun IEA-järjestö[1] toteutti ensimmäisen kansainvälisen matematiikkatutkimuksensa (FIMS) vuonna 1964. Toinen matematiikkatutkimus (SIMS) oli vuonna 1981 ja kolmannen kansainvälisen matematiikka- ja luonnontiedetutkimuksen (TIMSS-R) uusintavaiheeseen Suomi osallistui vuonna 1999 (Leimu, 2004). 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä Suomi ei ollut mukana IEA:n kahdessa TIMSS-tutkimuksessa[2]. Vuonna 2011 Suomi jälleen osallistui 12 vuoden tauon jälkeen IEA:n TIMSS 2011 -tutkimukseen ja osallistui sitten myös TIMSS 2015 -tutkimukseen.

Vasta 1990-luvulla OECD [3] ryhtyi aktiivisesti ja aloitteisesti hankkimaan arviointitietoa oppimistuloksiin liittyvien koulutusindikaattoriensa pohjaksi. Vuonna 2000 OECD käynnisti kansainvälisen PISA-arviointiohjelman[4], jonka tarkoituksena on arvioida 15-vuotiaiden nuorten tietoja, taitoja ja valmiuksia tulevaisuuden osaamisvaatimusten näkökulmasta (OECD, 2000). PISA:ssa selvitetään nuorten osaamista kolmella sisältöalueella – lukutaidossa, matematiikassa ja luonnontieteissä –, ja uusi tutkimus tehdään aina joka kolmas vuosi. Tähän mennessä arviointiohjelmassa on toteutettu kuusi tutkimusta. Jokaisessa tutkimuksessa yksi sisältöalue on arvioinnin pääalueena ja muut sivualueena. Vuonna 2003 tutkimuksen pääalueena oli matematiikka, ja yhdeksän vuotta myöhemmin tehdyssä PISA 2012 -tutkimuksessa päähuomio kohdistui jälleen matematiikan osaamiseen.

Kansainväliset arvioinnit tuovat kansalliselle arviointitoiminnalle monenlaista lisäarvoa. Ne tarjoavat yhtä koulutusjärjestelmää laajemmat kehykset arvioida omaa kansallista järjestelmää

---

[1] International Association for the Evaluation of Educational Achievement
[2] Trends in International Mathematics and Science Study
[3] Organisation for Economic Co-operation and Development
[4] Programme for International Student Assessment

ja tuoda esille erilaisia oppimisympäristöjä ja opetusratkaisuja: mikä omassa järjestelmässä on vahvinta ja lupaavinta, mikä taas on heikkoa ja ongelmallista. Kansainväliset arvioinnit mahdollistavat samalla oman koulutusjärjestelmän laadullisen ja määrällisen tason kansainvälisen vertailun ja antavat näin aineksia ja edellytyksiä oman koulutusjärjestelmän ja opetuksen kehittämiselle. Kansainväliset arvioinnit myös syventävät ja laajentavat ymmärrystämme opiskeluun, kouluympäristöön, opetussuunnitelmiin, opettajankoulutukseen ja kulttuuriin liittyvistä tekijöistä, jotka vaikuttavat oppimistulosten taustalla ja ovat yhteydessä niihin. (Linnakylä & Välijärvi, 2005; Plomp, 2001.)

Koulutuksen kansainvälisellä arviointitutkimuksella on myös omat rajoituksensa, joista on käyty ja käydään jatkuvasti keskustelua. Arviointitulosten vertailtavuus on ollut keskeisimpiä kriittisen keskustelun aiheita, ja se on kohdentunut erityisesti osallistujamaiden kulttuurisiin ja kielellisiin eroihin sekä opetussuunnitelmien erilaisuuteen. Lukuisat tutkijat (mm. Andrews, 2007; Bracey, 1997; Clarke, 2003; Stedman, 1997) ovat kiinnittäneet voimakkaasti huomiota vertailtavuuden ongelmiin ja niistä aiheutuviin vinoutumiin tuloksissa (”on comparing the incomparable”). Kun tällä hetkellä sekä IEA- että OECD-arvioinneissa on mukana jopa 60–80 maata, joista useat ovat kehitysmaita, tulosten vertailtavuuden ongelma ei ole helposti ratkaistavissa. Kuitenkin 20 viime vuoden aikana on IEA:n ja OECD:n piirissä tehty voimakasta kehittämistyötä vertailtavuuden vahvistamiseksi, ja työ on kohdistunut kaikkiin tutkimusprosessin vaiheisiin lähtien mittavälineiden monipuolisuuden ja pätevyyden lisäämisestä ja käännösten laadun parantamisesta.

2.2. Arvioinnin lähestymistavat matematiikan kansainvälisissä arviointitutkimuksissa

Kansainvälisten arviointitutkimusten tehtävänä on arvioida oppilaiden oppimistulosten tasoa ja laatua osallistuvissa maissa ja samalla selvittää mahdollisimman kattavasti sitä ympäristöä, jossa oppiminen tapahtuu. Jotta eri maiden kesken voidaan tehdä mahdollisimman luotettavia vertailuja, tarvitaan välttämättä yhteistä arviointikehystä, joka ottaa huomioon erilaisten koulutusjärjestelmien kannalta olennaisia tekijöitä. TIMSS- ja PISA-arviointitutkimuksilla on oma tutkimustraditionsa (mm. McGaw, 2008; Wagemaker, 2008), minkä vuoksi niiden lähestymistavat poikkeavat jossain määrin toisistaan. Tämän vuoksi on tarpeen kuvata sekä TIMSS-tutkimusten että PISA-ohjelman matematiikan arviointikehyksiä hieman tarkemmin.

2.2.1. Arviointikehys TIMSS-tutkimuksissa

IEA-järjestön arviointitutkimusten – kuten TIMSS 1999, TIMSS 2011 ja TIMSS 2015 – keskeisenä lähtökohtana on, että pystyttäisiin löytämään tekijöitä, jotka ovat vahvasti yhteydessä oppilaiden matematiikan suorituksiin ja joihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi opetussuunnitelmia ja opetuksen olosuhteita kehittämällä. Oppilaiden suoritusten mittaamisen lisäksi tarvitaan tällöin myös taustatietoa oppilaista, opettajista sekä koulu- ja opiskeluympäristöstä.

TIMSS-tutkimuksissa arviointikehys pohjautuu kolmitasoiseen opetussuunnitelmaan: 1) tarkoitettu opetussuunnitelma (the intended curriculum), 2) toimeenpantu opetussuunnitelma (the implemetented curriculum) ja 3) toteutunut opetussuunnitelma (the attained curriculum) (Robitaille & Garden, 1996). Opetussuunnitelman tasojen ajatellaan olevan osittain sisäkkäisiä ja keskenään vuorovaikutuksessa olevia kokonaisuuksia, ja niitä avataan seuraavassa hieman tarkemmin (vrt. Kupari ym., 2001).

Tarkoitettu eli kirjoitettu opetussuunnitelma kohdistuu yleensä koulutusjärjestelmän tasoon. Se peilaa yhteiskunnan arvostuksia sekä kasvatus- ja opetustyön päämääriä sekä esittää tapoja, joilla näihin päämääriin pyritään (yhteiskunnallinen konteksti). Meillä Suomessa Opetushallituksen laatimat perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet edustavat tätä tasoa (esim. Opetushallitus, 2016). Perusteiden pohjalta kunnat ja koulut laativat paikallisen opetussuunnitelman, jossa täydennetään ja painotetaan opetuksen tavoitteita, keskeisiä sisältöjä ja muita opetuksen järjestämiseen liittyviä seikkoja paikallisesta näkökulmasta. Vasta tällöin muotoutuu se tarkoitettu opetussuunnitelma, jota koulut sitten toteuttavat omien edellytystensä mukaisesti.

Kirjoitettu opetussuunnitelma muuntuu toimeenpannuksi opetussuunnitelmaksi, kun opetusta suunnitellaan ja toteutetaan yksittäisen koulun ja opetusryhmän olosuhteisiin sovitettuna (paikallinen konteksti). Opettajat rakentavat yleensä kullekin opetusryhmälle sopivan, oman opintosuunnitelman, jolloin keskeisiksi nousevat esimerkiksi kysymykset opetuksen lähestymistavoista, tavoitteiden ja sisältöjen painotuksista sekä opettajien yhteistyöstä. Suomessa toimeenpantu opetussuunnitelma voi nykyään saada hyvinkin erilaisia muotoja, sillä kouluilla on aiempaa enemmän mahdollisuuksia omiin valintoihin ja painotuksiin.

Toteutunut opetussuunnitelma käsittää oppilaiden oppimistulokset laajasti ymmärrettynä – tiedot, taidot, prosessit ja asenteet. Toimeenpantu opetussuunnitelma omine ratkaisuineen vaikuttaa tietysti oppilaiden oppimistuloksiin. Tämän lisäksi opiskeluun ja oppimistuloksiin vaikuttavat oppilaiden kotitausta ja heidän omat ominaisuutensa: asennoituminen, kyvykkyys,

harrastuneisuus ja työnteko. Tämä opetussuunnitelman taso voidaan ymmärtää myös kaksijakoiseksi, jolloin oppilaiden ”aikoma oppiminen” muodostaa yhden tason ja todelliset tuotokset toisen.

TIMSS 1999 -tutkimuksessa (7. luokka) oppilaiden matematiikan osaamista arvioitiin tehtävillä, jotka oli luokiteltu kansainvälisesti määriteltyjen sisältöalueiden ja suoritusodotusten mukaan. Sisältöalueiden valinnan lähtökohtana oli, että ne soveltuivat mahdollisimman hyvin kaikkien osallistujamaiden koulutusjärjestelmiin ja opetussuunnitelmiin. Matematiikan sisältöalueita olivat luvut ja laskutoimitukset, mittaaminen, geometria, algebra sekä tilastot ja todennäköisyys. Suoritusodotusten avulla puolestaan kuvattiin tehtävien vaativuutta eli niitä toimintoja ja prosesseja, joita oppilaalta edellytetään näitä tehtäviä ratkaistaessa. Matematiikassa suoritusodotusten pääluokat olivat tietäminen, perusmenetelmien käyttö, tutkiminen ja ongelmanratkaisu, matemaattinen päättely ja viestintä.

TIMSS 2011 -tutkimus kohdistui kahteen luokka-asteeseen (4. luokka ja 8. luokka), ja molempien luokka-asteiden arviointia jäsennettiin myös kahden dimension – sisältöulottuvuuden ja prosessiulottuvuuden – avulla (vrt. TIMSS 1999). Neljännellä luokalla matematiikan sisältöalueet olivat luvut ja laskutoimitukset, geometriset muodot ja mittaaminen sekä tietoaineiston käsittely. Vastaavasti prosessialueita oli kolme: tiedot ja taidot, soveltaminen sekä päättely. Kahdeksannen luokan arvioinnin sisältöalueet olivat luvut ja laskutoimitukset, geometria, algebra sekä tilastot ja todennäköisyys. Arvioinnin prosessialueet olivat samat kuin neljännellä luokalla eli tiedot ja taidot, soveltaminen sekä päättely. Molempien tutkimusten arviointikehysten kuvauksista nähdään, että terminologisista eroista huolimatta arviointikehykset ovat hyvin samankaltaisia. Tämä onkin välttämätöntä, sillä oppimistulosten kehitystrendien arvioinnin kannalta tietty jatkuvuus on olennaisen tärkeää.

TIMSS 2015 -tutkimukseen Suomi osallistui vain 4. luokan osalta. Arviointikehys oli pääosin sama kuin vuoden 2011 tutkimuksessa. Sitä oli hieman päivitetty vastaamaan paremmin osallistuvien maiden opetuksen puitteita, opetussuunnitelmia ja osaamisvaatimuksia (Mullis ym., 2013). Matematiikan sisältöalueet olivat edelleen luvut ja laskutoimitukset, geometriset muodot ja mittaaminen sekä tietoaineiston käsittely ja vastaavasti prosessialueet olivat tiedot ja taidot, soveltaminen sekä päättely. Kaikkien kolmen tutkimuksen arviointikehyksiä on kuvattu yksityiskohtaisesti erillisissä julkaisuissa (Robitaille ym., 1993; Mullis ym., 2009; Mullis ym. 2013).

2.2.2. PISA-tutkimusten arviointikehys

PISA-tutkimusohjelman tarkoituksena on arvioida nuorten tietoja, taitoja ja valmiuksia tulevaisuuden osaamisvaatimusten näkökulmasta (OECD, 2000; Välijärvi & Linnakylä, 2002; Kupari ym., 2013). PISAssa 15-vuotiaiden nuorten osaamista arvioidaan lähinnä kolmella alueella: lukutaidossa, matematiikassa ja luonnontieteissä. Viimeisimpään PISA 2012 -tutkimukseen sisältyi myös oppilaiden ongelmanratkaisutaitojen arviointi tietokoneympäristössä. Tietojen ja taitojen ohella PISA-tutkimuksissa ollaan lisäksi kiinnostuneita oppimista tukevista opiskeluasenteista ja -taidoista. Oppilas- ja koulukyselyillä selvitetään monipuolisesti opiskeluympäristöä kotona ja koulussa, kodin sosiaalista asemaa ja tukea opiskelulle, oppilaiden ajankäyttöä sekä heidän suhtautumistaan kouluun ja oppimiseen.

PISA-ohjelmassa matematiikan osaaminen (mathematical literacy) tarkoittaa yksilön kykyä muotoilla, käyttää ja tulkita matematiikkaa erilaisissa tilanteissa. Se pitää sisällään matemaattisen päättelyn sekä matemaattisten tietojen, käsitteiden, menetelmien ja välineiden käyttämisen ilmiöiden kuvaamisessa, selittämisessä ja ennustamisessa. Se auttaa yksilöitä tunnistamaan matematiikan merkityksen ympäröivässä maailmassa ja tekemään tarvittavia perusteltuja päätöksiä osallistuvina, rakentavina ja ajattelevina kansalaisina. PISAssa halutaan korostaa matemaattisen tiedon soveltamista yhteyksissä, jotka edellyttävät asioiden ymmärtämistä, pohtimista ja perustelemista. Pystyäkseen toimimaan erilaisissa käyttö- ja soveltamistilanteissa vaihtelevin ja oivaltavin tavoin oppilaat tarvitsevat tietenkin matematiikan perustietoja ja -taitoja, terminologian tuntemista, käsitteiden hallintaa ja ratkaisumenetelmien käyttötaitoja.

PISA 2003- ja PISA 2012 -tutkimuksissa matematiikan osaamista jäsennettiin moniulotteisesti ottamalla huomioon erilaiset matematiikan sisältökokonaisuudet, matemaattiset prosessit ja tehtävätilanteet. Molemmissa tutkimuksissa oli samat neljä sisältökokonaisuutta: määrällinen ajattelu, tila ja muoto, muutos ja yhteydet sekä epävarmuus. Tämä antoi mahdollisuuden vertailla tuloksia luotettavasti sisältöalueittain. Sen sijaan tutkimuksissa käytetyt prosessiluokat olivat erilaiset. PISA 2003 -tutkimuksessa prosessiluokat olivat tietäminen ja perusmenetelmien käyttö, tiedon yhdistäminen ja tulkinta sekä pohdinta, perustelu ja yleistäminen. PISA 2012 -tutkimuksessa prosessiluokat olivat tehtävätilanteiden matemaattinen muotoileminen, matematiikan käyttötaidot sekä ratkaisujen tulkinta, ja aiemmasta poiketen tutkimuksen tulokset raportoitiin myös näiden prosessiluokkien mukaisesti. Lisäksi arvioinnissa käytetyt koetehtävät sijoitettiin erityyppisiin nuorten elämäntilanteisiin, joita oli neljä: henkilökohtainen, opiskelu- ja työelämä, yhteisöllinen sekä tiede ja teknologia. Tarkemman

kuvan näiden tutkimusten arviointikehyksistä lukija saa erillisistä framework-julkaisuista (OECD, 2003; OECD, 2013).

3. Suomalaisoppilaiden matematiikan taidot TIMSS-tutkimuksissa

Tässä luvussa esitellään oppilaiden matematiikan oppimistuloksia kolmen TIMSS-tutkimuksen (TIMSS 1999, TIMSS 2011 ja TIMSS 2015) pohjalta. Tulosten esittelyn taustaksi kuvataan ensin lyhyesti tutkimusten toteutusta. Suomalaisoppilaiden oppimistuloksia kuvataan sekä kansainvälisesti verraten, kansallisesti suhteuttaen että sisällöllisesti eritellen.

3.1. TIMSS-tutkimusten toteutus

Suomessa TIMSS 1999 -tutkimus kohdistui peruskoulun 7. luokan oppilaisiin, mutta tutkimuksen perusjoukon ikämäärittelyn vuoksi useimmissa maissa kohdejoukkona olivat kahdeksasluokkalaiset. Tutkimukseen osallistui kaikkiaan 38 maata tai aluetta, joista OECD-maita oli 14 (Kupari ym., 2001; Kupari & Reinikainen, 2004). Esimerkiksi muut Pohjoismaat eivät osallistuneet tähän tutkimukseen. Meillä oppilasotos edusti erikokoisia peruskouluja sekä eri maantieteellisiä alueita ja kuntatyyppejä. Tutkimukseen osallistui 159 suomen- ja ruotsinkielisestä koulusta 3060 seitsemännen luokan oppilasta.

Oppilaiden matematiikan osaamista mittaavia tehtäviä oli yhteensä 155. Suurella tehtävämäärällä pyrittiin kattamaan sisältöalueet mahdollisimman hyvin. Tiedonkeruuta varten tehtävät oli jaettu kahdeksaksi tehtävävihkoksi, joista kukin oppilas täytti yhden tehtävävihkon. Kaikkiaan oppilailla oli 90 minuuttia vastausaikaa. Koulusaavutuksiin yhteydessä olevia taustatekijöitä selvitettiin tutkimuksessa oppilas-, opettaja- ja koulukyselyjen avulla.

TIMSS 2011 -tutkimus kohdistui peruskoulun neljännen ja kahdeksannen luokan oppilaisiin. Neljännen luokan arviointiin osallistui kaikkiaan 50 maata tai aluetta, joista OECD-maita oli 26 (Kupari ym., 2012a). Vastaavasti kahdeksannen luokan arviointiin osallistui yhteensä 42 maata tai aluetta, joista 15 oli OECD-maita (Kupari ym., 2012b). Kouluotoksen alueellisen edustavuuden takaamiseksi Suomi oli jaettu neljään alueelliseen ositteeseen ja niiden sisällä koulut oli jaettu vielä maaseutu- ja kaupunkikouluihin. Lisäksi ruotsinkieliset koulut olivat omana ositteenaan. Tutkimukseen osallistui neljänneltä luokalta 145 alakoulusta 4638 oppilasta. Vastaavasti kahdeksannelta luokalta tutkimukseen osallistui 145 yläkoulusta 4266

oppilasta. Jotta TIMSS 1999 -tutkimuksen tuloksia voitiin verrata vuoden 2011 tuloksiin, puolessa kahdeksannen luokan otoskouluista myös seitsemäsluokkalaiset osallistuivat tutkimukseen. Siten tutkimukseen osallistui 74 koulusta 2124 seitsemännen luokan oppilasta.

Oppimistulosten arvioinnin kattavuuden ja luotettavuuden varmistamiseksi matematiikan tehtäviä oli neljännellä luokalla yhteensä 175 ja kahdeksannella luokalla 217. Tehtävät hajautettiin 14 erilaiseen, mutta vaikeustasoltaan ja työmäärältään likimain toisiaan vastaavaan tehtävävihkoon. Kukin oppilas vastasi yhteen tehtävävihkoon. Opetuksen ja opiskelun taustatekijöitä selvitettiin tutkimuksessa oppilas-, opettaja- ja koulukyselyjen avulla.

TIMSS 2015 -tutkimus toteutettiin vastaavalla tavalla kuin vuoden 2011 tutkimus, mutta Suomessa tutkimus kohdistui vain neljännen luokan oppilaisiin. Tutkimuksen matematiikan osuudessa oli mukana yhteensä 49 maata, joista OECD-maita oli 25 (Vettenranta, Hiltunen, Nissinen, Puhakka & Rautopuro, 2016). Tutkimukseen osallistui 158 alakoulusta 5015 oppilasta. Matematiikan tehtäviä oli kaikkiaan169 ja ne oli hajautettu 14 erilaiseen tehtävävihkoon. Lisäksi taustatekijöitä selvitettiin oppilas- ja opettajakyselyillä, rehtorille osoitetulla koulukyselyllä sekä koteihin toimitetulla kyselyllä lapsen varhaisoppimisesta.

3.2. TIMSS 1999 -tutkimuksen tuloksia: 7. luokka

Tutkimukseen osallistuneen 38 maan[5] vertailussa suomalaisoppilaiden matematiikan osaaminen oli varsin hyvätasoista. Taulukossa 1 on esitetty osallistuneiden maiden matematiikan maakeskiarvot paremmuusjärjestyksessä ja Suomeen verrattuna. Suomen maakeskiarvo oli selvästi kansainvälistä keskiarvoa korkeampi, ja ainoastaan kuusi maata oli Suomea tilastollisesti merkitsevästi parempia. Tulos oli erittäin hyvä, kun otetaan vielä huomioon, että oppilaamme oli tutkimuksen nuorimpia ja heillä oli takanaan vähemmän kouluvuosia kuin useimmissa maissa.

Tulosten perusteella maiden väliset tasoerot matematiikan osaamisessa olivat erittäin suuret. Matematiikassa suoritusten taso vaihteli parhaiten menestyneen Singaporen 604 pisteestä heikoimmin menestyneen Etelä-Afrikan 275 pisteeseen (kansainvälinen keskiarvo 487). Parhaiten menestyneet kuusi maata olivat Singapore, Korea, Taiwan, Hongkong, Japani ja flaaminkielinen Belgia.

[5] Hongkong on Kiinan kansantasavaltaan kuuluva alue. Jatkossa tekstissä käytetään yksinkertaisuuden vuoksi nimeä Hongkong. Etelä-Koreasta käytetään jatkossa nimeä Korea.

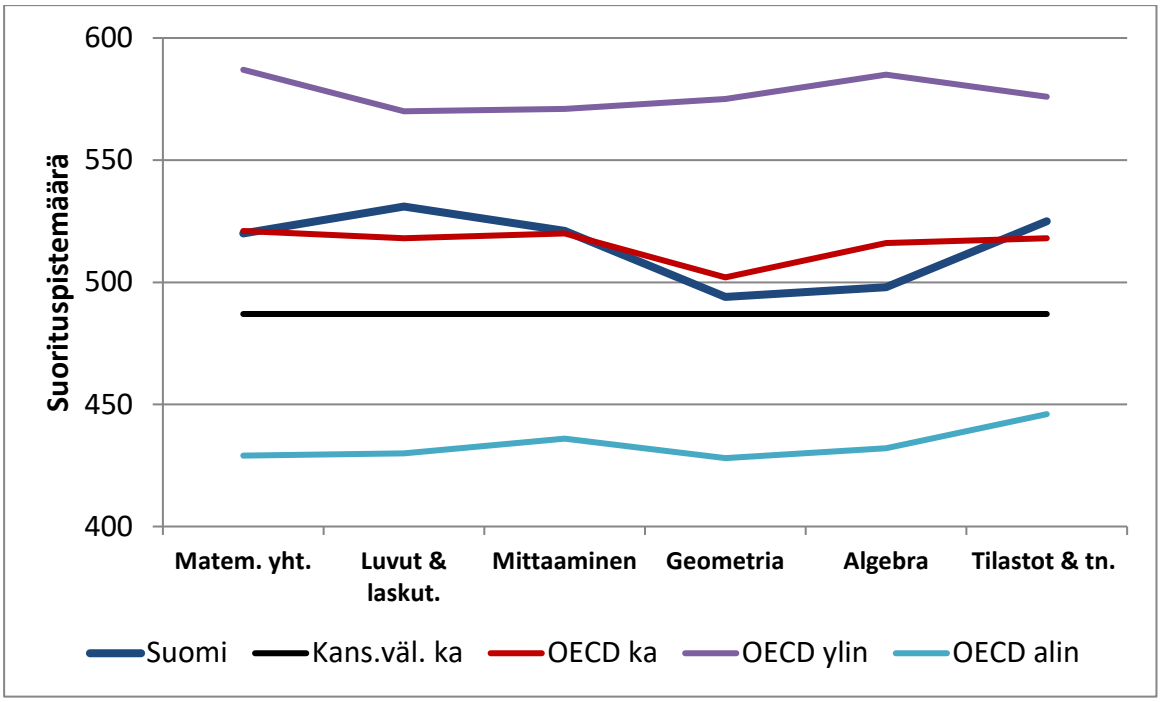
Taulukko 1. TIMSS 1999: Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	Singapore, *Korea*, Taiwan, Hongkong, *Japani*, *Belgia (flaami)*
Samantasoisia	*Alankomaat*, Slovakia, *Unkari*, *Kanada*, Slovenia, Venäjä, *Australia*, ***Suomi***, *Tšekki*
Heikompia	Malesia, Bulgaria, Latvia, *Yhdysvallat*, *Englanti*, *Uusi-Seelanti*, **Kansainvälinen keskiarvo**, Liettua, *Italia*, Kypros, Romania, Moldova, Thaimaa, Israel, Tunisia, Makedonia, *Turkki*, Jordania, Iran, Indonesia, Chile, Filippiinit, Marokko, Etelä-Afrikka

Tutkimuksen OECD-maista Suomea parempi suoritustaso oli Koreassa, Japanissa ja Belgiassa. Suorituksiltaan Suomen kanssa samantasoisia maita olivat Alankomaat, Unkari, Kanada, Australia ja Tšekki. Suomea heikommat matematiikan suoritukset olivat Yhdysvalloissa, Englannissa, Uudessa-Seelannissa, Italiassa sekä Turkissa.

Suomessa matematiikan suorituspistemäärien vaihtelu oli hyvin vähäistä: suorituspistemäärien keskihajonta oli toiseksi pienin osallistujamaiden joukossa. Tosin myös Suomessa oppilaiden suorituksissa oli vaihtelua, kun sitä tarkasteltiin eri suoritustasoille (viisi tasoa: taso 5 on korkein ja taso 1 alin; Kupari ym., 2001) sijoittuneiden oppilaiden prosenttiosuuksien avulla. Alimmalle suoritustasolle 1 sijoittuneiden oppilaiden osuus oli meillä ainoastaan 4 prosenttia, kun kansainvälinen keskiarvo oli 10 prosenttia. Suoritustasolle 3 yltäneitä suomalaisoppilaita oli 75 prosenttia – kansainvälinen keskiarvo oli 50 prosenttia. Sen sijaan ylimmälle suoritustasolle 5 yltäneitä oppilaita oli Suomessa vain 6 prosenttia, mikä oli alle kansainvälisen keskiarvon (10 prosenttia). Tulokset osoittavat siten, että vaikka heikkoja oppilaita oli Suomessa erittäin vähän, niin myös huippuosaajien osuus oli varsin vaatimaton.

Kuviossa 1 on kuvattu suomalaisoppilaiden matematiikan suorituksia tutkimukseen osallistuneiden 14 OECD-maan joukossa. Kuviossa on verrattu Suomen sisältöaluekohtaisia suorituskeskiarvoja OECD-maiden keskiarvoihin sekä näistä maista aina parhaimman ja heikoimman saavuttamaan keskiarvoon. Tulokset on lisäksi suhteutettu kansainväliseen keskiarvoon (leveämpi musta viiva).



Kuvio 1. Suomalaisoppilaiden matematiikan suoritukset 14 OECD-maan joukossa

OECD-maat menestyivät tässä tutkimuksessa erittäin hyvin, sillä kaikilla matematiikan sisältöalueilla neljän parhaan maan joukossa oli vähintään yksi OECD-maa. Kymmenen parhaan matematiikkaa osaavan maan joukkoon sijoittui kuusi OECD-maata. Merkillepantavaa on lisäksi se, että tutkimuksessa OECD-maiden väliset erot olivat yleensä erittäin pieniä. Näistä maista vain Italia ja Turkki erottuivat selvästi muita heikompina.

Kokonaisuutena suomalaisten seitsemäsluokkalaisten matematiikan suoritukset olivat OECD-maiden keskitasoa. Kautta linjan oppilaidemme suoritusprofiili noudatti varsin hyvin OECD-maiden keskitason profiilia, mutta poikkeamia molempiin suuntiin myös esiintyi. Suomessa parhaiten osattuja matematiikan alueita olivat luvut ja laskutoimitukset sekä tilastot ja todennäköisyys. Näillä sisältöalueilla oppilaidemme suoritustaso oli OECD-maiden keskiarvoa parempi ja myös lähimpänä kansainvälistä huippua. Mittaamisen sisältöalueella oppilaiden suoritukset olivat OECD-maiden keskitasoa. Kaikkiaan tulokset kertovat siitä, että suomalaisten seitsemäsluokkalaisten perustietojen ja perustaitojen osaaminen (esim. lukukäsite, peruslaskutoimitukset, perusgeometria, taulukoiden ja kuvioiden tulkinta) oli hyvää tasoa. Myös esimerkiksi todennäköisyyttä käsittelevät perustehtävät (mm. rahanheitto) osattiin meillä varsin hyvin huolimatta siitä, ettei näitä sisältöjä vielä edes käsitellä 7. luokan matematiikan opetussuunnitelmassa.

Tulokset osoittivat myös, että seitsemäsluokkalaistemme matematiikan osaamisessa oli monia puutteita ja ongelmakohtia. Suhteellisesti heikoimmin – ja osallistuneiden OECD-maiden keskiarvoa heikommin – osattuja sisältöalueita olivat geometria ja algebra. Näillä alueilla noin 40–45 prosenttia oppilaista jäi kahdelle alimmalle suoritustasolle, mikä oli selvästi enemmän kuin muilla sisältöalueilla. Selkeitä puutteita ilmeni käsitteellisessä osaamisessa (mm. ominaispiirteet, yhteydet, säännönmukaisuudet, yleistäminen), mitä pidetään olennaisen tärkeänä tiedon soveltamisen ja käyttämisen kannalta. Esimerkiksi koulualgebran perusyhtälön ($12x - 10 = 6x + 32$) ratkaiseminen osattiin heikosti: ainoastaan neljännes seitsemäsluokkalaisista osasi ratkaista sen (OECD-maiden ratkaisuprosenttien keskiarvo oli 20 prosenttiyksikköä korkeampi). Myös niissä geometrian tehtävissä, joissa oli kysymys olennaisten ominaispiirteiden löytämisestä, oppilaidemme suoritukset olivat yllättävän heikkoja.

Oppilaiden osaamista koskevat tulokset tulevat paremmin ymmärretyksi, kun otetaan huomioon tehtävien soveltuvuus suomalaiseen matematiikan opetussuunnitelmaan sekä se, missä määrin tehtävien sisältöjä oli ehditty käsitellä 7. luokan opetuksessa. Geometrian alueella noin puolet tutkimuksen tehtävistä arvioitiin (asiantuntija-arviot) meidän opetussuunnitelmaamme kuulumattomiksi, joten geometrian heikompi osaaminen ei tässä valossa tunnu yllättävältä. Vastaavasti algebrassa havaittiin opettajakyselyn tulosten perusteella, että tehtävissä kysyttyjä asioita oli opetettu meillä yllättävän epätasaisesti. Tilastot ja todennäköisyys -sisältöalueen tuloksissa on kiinnostavaa taas se, että vaikka kolmannes alueen tehtävistä ei kuulunut opetussuunnitelmaamme, niin silti alueen osaaminen oli kaiken kaikkiaan hyvää tasoa.

TIMSS 1999 -tutkimuksen tuloksiin voi tutustua lähemmin ja myös esimerkkitehtävin kuvattuna tutkimuksen kansallisen raportin (Kupari ym., 2001) avulla.

3.3. TIMSS 2011 -tutkimuksen tuloksia

3.3.1. Matematiikan osaaminen neljännellä luokalla

Suomalaisten neljäsluokkalaisten suoritukset olivat TIMSS 2011 -tutkimuksessa eurooppalaista kärkeä, ja Suomen keskiarvo oli kahdeksanneksi korkein 50 maan joukossa (taulukko 2). Suorituksiltaan parhaiden maiden ryhmässä oli viisi Aasian maata tai aluetta, joista Singapore, Korea ja Hongkong muodostivat kärkikolmikon ennen Taiwania ja Japania. Euroopan maista Pohjois-Irlanti, flaaminkielinen Belgia, Suomi, Englanti ja Venäjä kuuluivat kymmenen parhaiten suoriutuneen maan joukkoon. Muista Pohjoismaista myös Tanskan suoritukset

olivat erittäin hyvät, mutta Ruotsin ja Norjan tulokset jäivät TIMSS-asteikon keskipisteen tuntumaan.

Taulukko 2. TIMSS 2011: Neljännen luokan osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	Singapore, *Korea*, Hongkong, Taiwan, *Japani, Pohjois-Irlanti*
Samantasoisia	*Belgia (flaami)*, ***Suomi***, *Englanti*, Venäjä, *Yhdysvallat, Alankomaat*
Heikompia	*Tanska*, Liettua, *Portugali, Saksa, Irlanti*, Serbia, *Australia, Unkari, Slovenia, Tšekki, Itävalta, Italia, Slovakia, Ruotsi*, Kazakstan, **Suoritusasteikon keskipiste**, Malta, *Norja*, Kroatia, *Uusi-Seelanti, Espanja*, Romania, *Puola, Turkki*, Azerbaidžan, *Chile*, Thaimaa, Armenia, Georgia, Bahrain, Arabiemiraatit, Iran, Qatar, Saudi Arabia, Oman, Tunisia, Kuwait, Marokko, Jemen

Tutkimukseen osallistuneiden OECD-maiden (26 maata) joukossa Suomen keskiarvo oli viidenneksi korkein ja Suomen suoritustasossa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa verrattuna Belgiaan (flaami), Englantiin, Venäjään, Yhdysvaltoihin ja Alankomaihin. Osallistuneiden maiden joukossa oli 38 maata, joihin verrattuna suomalaisten neljäsluokkalaisten suoritustaso oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi. Näistä OECD-maita oli kaikkiaan 18.

Suomalaisten neljäsluokkalaisten matematiikan suoritukset vaihtelivat verrattain vähän, ja Suomi kuului siihen kymmenen maan ryhmään, jossa suoritusten keskihajonnat olivat pienimmät. Tähän maaryhmään kuuluivat keskihajontojen pienuusjärjestyksessä Alankomaat, Belgia (flaami), Saksa, Itävalta, Hongkong, Kroatia ja Ruotsi sekä Suomi, Korea ja Norja. Kaikkein eniten suoritukset vaihtelivat yleensä heikoimmin suoriutuneissa maissa.

Kuva suomalaisten neljäsluokkalaisten matematiikan osaamisen tasosta tarkentuu, kun tarkastellaan suoritusten jakautumista kansainvälisesti määritellyille neljälle suoritustasolle (erinomainen, korkea, tyydyttävä ja heikko). Tulosten mukaan valtaosa suomalaisista neljäsluokkalaisista osasi matematiikkaa vähintään tyydyttävästi. Suomi kuului suoritustasoprofiilinsa mukaan viiden maan ryhmään, jonka muut maat olivat Venäjä, Yhdysvallat, Belgia (flaami) ja Tanska. Näissä maissa noin 10 prosenttia neljäsluokkalaisista ylsi erinomaisiin suorituksiin, lähes puolet oppilaista saavutti vähintään korkean ja 85 prosenttia tyydyttävän tason ja miltei kaikki oppilaat pääsivät vähintään heikolle tasolle. Ainoastaan 2–3 prosenttia oppilaista jäi näissä maissa heikon suoritustason alapuolelle.

Suomalaisoppilaiden osaaminen matematiikan eri sisältöalueilla käy selville taulukosta 3, johon on koottu seitsemän maan ratkaisuprosenttien keskiarvot. Lisäksi mukana on kaikkien maiden ratkaisuprosenttien keskiarvot. Tulosten mukaan suomalaisten neljäsluokkalaisten matematiikan suoritukset olivat kokonaisuutena varsin tasaiset ja kaikilla sisältöalueilla kansainvälistä keskiarvoa selvästi paremmat. Lisäksi tuloksissa näkyy selvästi, että suomalaisoppilaat osasivat tietoaineiston käsittelyyn liittyvät tehtävät muiden sisältöalueiden tehtäviä paremmin.

Taulukko 3. Matematiikan sisältöalueiden keskimääräiset ratkaisuprosentit (tehtävien lukumäärä suluissa)

Maa	Kaikki tehtävät (175)	Luvut ja laskutoimitukset (88)	Geometriset muodot ja mittaaminen (61)	Tietoaineiston käsittely (26)
Singapore	74	76	70	80
Korea	74	73	72	84
Suomi	**60**	**57**	**59**	**73**
Venäjä	61	59	60	68
Tanska	58	54	61	68
Ruotsi	50	45	49	67
Norja	48	43	52	60
Kv. ka	50	47	49	58

Neljäsluokkalaisten matematiikan suorituksia arvioitiin niihin sisältyvien kognitiivisten prosessien suhteen (tiedot ja taidot, soveltaminen sekä päättely). Suomalaisoppilaiden suoritukset eri prosessialueilla olivat erittäin tasaiset, sillä eri alueiden pistemäärät poikkesivat vain pari pistettä toisistaan ja maan kokonaiskeskiarvosta. Tämä oli osin yllättävää, sillä vanhempia ikäluokkia koskeneiden aikaisempien tulosten perusteella päättelyä ja asioiden perustelemista on pidetty suomalaisille oppilaille vaikeana (vrt. s. 10 käsitteellisen osaamisen puutteet). Parhaiten menestyneiden maiden joukossa Suomen suoritusprofiili oli poikkeuksellinen, sillä muissa maissa vaihtelua prosessialueiden välillä oli erittäin paljon. Useissa hyvin suoriutuneissa maissa tiedot ja taidot hallittiin selvästi parhaiten, mutta soveltaminen ja etenkin päättely heikommin.

Yksityiskohtaisemmat tulokset lukija löytää erillisestä tutkimusraportista (Kupari ym., 2012a).

3.3.2. Matematiikan osaaminen kahdeksannella luokalla

Tutkimukseen osallistuneiden 42 maan joukossa suomalaisten kahdeksasluokkalaisten suoritukset olivat eurooppalaista kärkeä ja Suomen keskiarvo oli kahdeksanneksi korkein (taulukko 4). Osallistuneiden 15 OECD-maan joukossa Suomen keskiarvo oli neljänneksi korkein. Suorituksiltaan parhaiden maiden ryhmässä oli viisi Aasian maata tai aluetta, joista Korea) Singapore ja Taiwan muodostivat kärkikolmikon ennen Hongkongia ja Japania. Kymmenen parhaiten suoriutuneen maan joukkoon kuuluivat lisäksi Venäjä, Israel, Suomi ja Yhdysvallat. Pohjoismaista Ruotsin ja Norjan tulokset jäivät TIMSS-asteikon keskipisteen alapuolelle.

Taulukko 4. TIMSS 2011: Kahdeksannen luokan osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	*Korea*, Singapore, Taiwan, Hongkong, *Japani*, Venäjä
Samantasoisia	*Israel*, ***Suomi,*** *Yhdysvallat*, *Englanti*, *Australia*
Heikompia	*Unkari*, *Slovenia*, Liettua, **Suoritusasteikon keskipiste**, *Italia*, *Uusi-Seelanti*, Kazakstan, *Ruotsi*, Ukraina, *Norja*, Armenia, Romania, Arabiemiraatit, *Turkki*, Libanon, Malesia, Georgia, Thaimaa, Makedonia, Tunisia, *Chile*, Iran, Qatar, Bahrain, Jordania, Palestiinan hallinnollinen alue, Saudi-Arabia, Indonesia, Syyria, Marokko, Oman, Ghana

Tulosten mukaan kuuden maan suoritukset olivat Suomea paremmat (Korea, Singapore, Taiwan, Hongkong, Japani ja Venäjä). Suomen suoritustasossa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa verrattuna Israeliin, Yhdysvaltoihin, Englantiin ja Australiaan. Osallistuneiden maiden joukossa oli 31 maata, joihin verrattuna suomalaisten kahdeksasluokkalaisten suoritustaso oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi. Näistä OECD-maita oli kahdeksan.

Suomalaisten kahdeksasluokkalaisten matematiikan suoritukset vaihtelivat kaikkein vähiten osallistujamaiden joukossa. Suomessa ja Norjassa suoritusten keskihajonnat olivat pienimmät ja Ruotsissa, Sloveniassa ja Italiassa vain vähän suuremmat. Parhaiten suoriutuneista maista muun muassa Taiwanissa ja Koreassa suoritukset vaihtelivat verraten paljon. Suurinta suoritusten vaihtelu oli yleensä heikoimmin suoriutuneissa maissa.

Kuva suomalaisten kahdeksasluokkalaisten matematiikan osaamisen tasosta tarkentuu, kun tarkastellaan suoritusten jakautumista kansainvälisesti määritellyille neljälle suoritustasolle (erinomainen, korkea, tyydyttävä ja heikko). Tulosten mukaan lähes kolme neljäsosaa suomalaisista kahdeksasluokkalaisista osasi matematiikkaa vähintään tyydyttävästi. Suomella oli Slovenian kanssa oma erityinen suoritusprofiilinsa, jonka mukaan 4 prosenttia oppilaista ylsi erinomaisiin suorituksiin, 27–30 prosenttia saavutti vähintään korkean ja 67–73 prosenttia tyydyttävän tason sekä miltei kaikki oppilaat pääsivät heikolle tasolle. Ainoastaan 4–7 prosenttia oppilaista jäi näissä maissa heikon suoritustason alapuolelle. Myös Yhdysvaltojen, Liettuan ja Italian suoritusprofiilit olivat lähellä Suomen profiilia. Viisi Aasian maata muodostivat aivan oman suorituskategoriansa. Esimerkiksi Taiwanissa, Singaporessa ja Koreassa noin puolet oppilaista (47–49 %) ylsi erinomaiselle suoritustasolle, 73–78 prosenttia korkealle tasolle ja 88–93 tyydyttävälle tasolle. Vain aivan muutama prosentti oppilaista jäi alle heikon suoritustason.

Suomalaisoppilaiden osaamista matematiikan eri sisältöalueilla on kuvattu taulukossa 5, johon on koottu ratkaisuprosenttitiedot kahdeksasta maasta, minkä lisäksi mukana ovat ratkaisuprosenttien kansainväliset keskiarvot.

Taulukko 5. Matematiikan sisältöalueiden keskimääräiset ratkaisuprosentit (tehtävien lukumäärä suluissa)

Maa	Kaikki tehtävät	Luvut ja laskutoimitukset	Algebra	Geometria	Tilastot ja todennäköisyys
Korea	74	77	71	71	75
Singapore	73	77	72	71	72
Venäjä	56	58	56	54	54
Suomi	**49**	**56**	**39**	**45**	**61**
Englanti	48	53	39	45	61
Unkari	49	53	42	47	56
Ruotsi	41	50	31	35	53
Norja	39	47	25	36	55
Kv. ka	41	43	37	39	45

Tulosten mukaan suomalaisoppilaiden suoritukset eri sisältöalueilla vaihtelivat varsin paljon. Kahdeksasluokkalaisemme osasivat parhaiten tilastot ja todennäköisyys -alueen tehtävät ja seuraavaksi parhaiten luvut ja laskutoimitukset -alueen tehtävät. Näillä alueilla Suomen keskiarvot olivat myös selvästi kansainvälisiä keskiarvoja korkeammat. Sen sijaan algebran ja geometrian tehtävät osattiin Suomessa paljon heikommin ja vain muutamia prosenttiyksikköjä

kansainvälisiä keskiarvoja paremmin. Korean, Singaporen ja Venäjän keskiarvot kertovat hyvin tasaisesta osaamisesta, kun taas Englannin ja Unkarin keskiarvot ovat lähellä Suomen lukemia.

Kahdeksasluokkalaisten matematiikan suorituksia arvioitiin myös niihin sisältyvien kognitiivisten prosessien suhteen (tiedot ja taidot, soveltaminen sekä päättely). Suomalaisoppilaiden suorituksista eri prosessialueilla löytyi kiinnostavia eroja. Oppilaiden tiedot ja taidot -alueen pistemäärä oli kokonaispistemäärää tilastollisesti merkitsevästi alempi ja soveltamispistemäärä taas kokonaispistemäärää merkitsevästi korkeampi. Päättelytehtävät osattiin kokonaisosaamisen kanssa samantasoisesti. Esimerkiksi Japanin, Italian ja Uuden-Seelannin oppilaiden prosessialueiden osaamisessa oli paljon samoja piirteitä kuin Suomessa. Myös Ruotsin ja Norjan osaamisprofiilit olivat samankaltaisia.

Kahdeksannen luokan tuloksiin lukija voi tarkemmin perehtyä erillisen tutkimusraportin avulla (Kupari ym., 2012b).

3.4. TIMSS 2015 -tutkimuksen tuloksia: 4. luokka

TIMSS 2015 -tutkimuksessa suomalaisoppilaiden matematiikan osaaminen neljännellä luokalla oli edelleen hyvätasoista, mutta maakeskiarvo oli laskenut kymmenen pistettä vuodesta 2011. Suomi sijoittui 49 osallistuneen maan joukossa sijalle 17 (taulukko 6).

Taulukko 6. TIMSS 2015: Neljännen luokan osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	Singapore, Hongkong, *Korea*, Taiwan, *Japani, Pohjois-Irlanti*, Venäjä, *Norja, Irlanti, Englanti, Belgia (flaami), Portugali*
Samantasoisia	Kazakstan, *Yhdysvallat, Tanska*, Liettua, ***Suomi,*** *Puola, Unkari*, Bulgaria
Heikompia	*Alankomaat, Tšekki,* Kypros, *Saksa, Slovenia, Ruotsi*, Serbia, *Australia, Kanada, Italia, Espanja*, Kroatia, **Suoritusasteikon keskipiste**, *Slovakia, Uusi-Seelanti, Ranska, Turkki*, Georgia, *Chile*, Arabiemiraatit, Bahrain, Qatar, Iran, Oman, Indonesia, Jordania, Saudi Arabia, Marokko, Etelä-Afrikka, Kuwait

OECD-maiden (25 maata) joukossa Suomen keskiarvo oli 11. korkein. Viisi parhaiten menestynyttä maata vuonna 2015 olivat samat Aasian maat kuin vuonna 2011. Edelleen kärkipaikalla oli Singapore ja seuraavina Hongkong, Korea, Taiwan ja Japani. Kymmenen

parhaan maan joukossa olivat Euroopan maista Pohjois-Irlanti, Venäjä, Norja, Irlanti ja Englanti. Pohjoismaista parhaiten suoriutui Norja, josta tutkimukseen osallistui 5. luokka.

Taulukon 6 tulokset kertovat lisäksi, että 12 osallistujamaassa oli Suomea paremmat matematiikan suoritukset. Suomen tulos ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi Kazakstanin, Yhdysvaltojen, Tanskan, Liettuan, Puolan, Unkarin eikä Bulgarian maakeskiarvosta. Tilastollisesti merkitsevästi Suomea heikommin pärjäsi 29 maata, joista OECD-maita oli 13.

Suomalaisten neljäsluokkalaisten suoriutuminen oli aikaisempien tutkimusten tapaan tasaista eli suoritusten vaihtelu oli vähäistä. Suomessa suoritusten keskihajonta oli yksi osallistujamaiden pienimmistä. Pienen keskihajonnan maihin kuuluivat Suomen lisäksi Alankomaat, Belgia (flaami), Saksa, Kroatia, Hongkong ja Korea. Heikoiten suoriutuneilla mailla oli jälleen suoritusten suurimmat keskihajonnat.

Miten sitten eritasoiset oppilaat suoriutuivat? Tämä nähdään tarkastelemalla oppilaiden jakautumista kansainvälisesti määritellyille suoritustasoille (erinomainen, korkea, tyydyttävä, heikko), jotka olivat samat kuin vuoden 2011 tutkimuksessa. Valtaosa (82 %) suomalaisista oppilaista osasi matematiikkaa vähintään tyydyttävästi. Oppilaista 8 prosenttia saavutti erinomaisen tason ja 43 prosenttia korkean suoritustason. Ainoastaan 3 prosenttia oppilaista ei saavuttanut edes heikkoa suoritustasoa. Pohjoismaista Tanskan suoritusprofiili oli hyvin lähellä Suomen profiilia: erinomaisesti suoriutuneita oli 12 prosenttia, korkean suoritustason saavutti 46 prosenttia ja heikon suoritustason alle jäi 4 prosenttia oppilaista.

TIMSS 2015 -tutkimuksessa matematiikan sisältöalueet olivat samat kuin neljä vuotta aikaisemmin: luvut ja laskutoimitukset, geometriset muodot ja mittaaminen sekä tietoaineiston käsittely. Kokonaisuutena suomalaisten neljäsluokkalaisten suoritukset olivat varsin tasaiset eri sisältöalueilla. Luvut ja laskutoimitukset -alueen keskiarvo oli 4 pistettä matematiikan kokonaiskeskiarvoa alempi ja kahden muun alueen keskiarvo oli 4 – 6 pistettä kokonaiskeskiarvoa korkeampi. Tietoaineiston käsittelyä koskevat tehtävät osattiin muiden sisältöalueiden tehtäviä paremmin.

Neljäsluokkalaistemme suoritukset kolmella eri kognitiivisella prosessialueella (tiedot ja taidot, soveltaminen ja päättely) olivat hyvin tasaiset aivan kuten vuonna 2011. Tilastollisesti merkitsevä ero oli tiedot ja taidot -alueella, jossa pistemäärä oli 5 pistettä kokonaiskeskiarvoa alempi sekä päättelyn alueella, jossa keskipistemäärä oli 5 pistettä kokonaiskeskiarvoa korkeampi. Soveltamisen alueen pistemäärä poikkesi vain yhden pisteen kokonaiskeskiarvosta. Yleisesti hyvin menestyneissä maissa tiedot ja taidot -prosessialueen tehtävät oli osattu keskimääräistä paremmin.

Tuloksista on julkaistu tutkimusraportti, jossa tuloksia esitellään yksityiskohtaisemmin (Vettenranta ym., 2016).

3.5. Matematiikan osaamisen sukupuolierot ja alueelliset erot TIMSS-tutkimuksissa

TIMSS 1999 -tutkimuksessa matematiikan suoritusten sukupuolierot olivat kansainvälisesti pienet (Kupari ym., 2001; Mullis ym., 2000). Poikien ja tyttöjen suorituserojen kansainvälinen keskiarvo oli vain neljä pistettä poikien hyväksi, ja ainoastaan neljässä maassa ero oli tilastollisesti merkitsevä. Suomessa poikien matematiikan suorituskeskiarvo oli kolme pistettä tyttöjen keskiarvoa suurempi, eikä ero ollut tilastollisesti merkitsevä. Myöskään matematiikan eri sisältöalueilla ei Suomessa ollut eroja poikien ja tyttöjen suorituksissa.

Matematiikan suoritusten alueellisia eroja tarkasteltiin tutkimuksessa maantieteellisen suuraluejaon suhteen (Uusimaa, Etelä-Suomi, Itä-Suomi, Väli-Suomi ja Pohjois-Suomi). Alueiden väliset erot seitsemäsluokkalaisten matematiikan suorituksissa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

TIMSS 2011 -tutkimuksessa tyttöjen ja poikien matematiikan pistemäärien ero oli Suomessa seitsemän pistettä poikien eduksi neljännellä luokalla (Kupari ym., 2012a). Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Kansainvälisten keskiarvojen perusteella tyttöjen ja poikien välillä ei ollut suorituseroja. Suomalaispojat osasivat luvut ja laskutoimitukset -sisältöalueen tehtävät tilastollisesti merkitsevästi tyttöjä paremmin (ero 14 pistettä). Sen sijaan kahdella muulla sisältöalueella (geometriset muodot ja mittaaminen sekä tietoaineiston käsittely) erot olivat minimaaliset. Myös eri prosessialueiden osaamisessa oli eroja. Poikien tiedot ja taidot sekä soveltamissuoritukset olivat tyttöjen suorituksia tilastollisesti merkitsevästi paremmat, mutta päättelytehtävien suorituksissa eroja ei ollut.

Neljäsluokkalaisten suorituserot neljän maantieteellisen suuralueen suhteen (Etelä-Suomi, Länsi-Suomi, Itä-Suomi, Pohjois-Suomi) olivat suorituserot varsin vähäisiä eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Kuitenkin kaupunkikouluissa oppilaiden pistemäärät olivat noin kymmenen pistettä paremmat kuin maaseutukouluissa.

Kahdeksannella luokalla tyttöjen ja poikien välinen suoritusero oli Suomessa neljä pistettä tyttöjen eduksi (Kupari ym., 2012b). Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kiinnostavaa tuloksissa on kuitenkin se, että 23 maassa tyttöjen pistemäärät olivat korkeammat ja taas 17 maassa pojilla oli korkeammat pistemäärät. Tämä näkyi myös kansainvälisessä keskiarvossa, jossa ero tyttöjen hyväksi oli neljä pistettä. Sukupuolierojen tarkastelu matematiikan eri sisältö- ja prosessialueilla osoitti, että suomalaispojat osasivat luvut ja laskutoimitukset -sisältöalueen

tehtävät tilastollisesti merkitsevästi tyttöjä paremmin (ero 9 pistettä). Vastaavasti tytöt olivat algebrassa tilastollisesti merkitsevästi poikia parempia (ero 17 pistettä). Sen sijaan kahdella muulla sisältöalueella (geometria sekä tilastot ja todennäköisyys) erot olivat pienet. Suomalaistyttöjen hieman poikia paremmat suoritukset näkyivät myös prosessialueiden osaamisessa. Tyttöjen tiedot ja taidot sekä soveltamissuoritukset olivat hyvin samanlaiset poikien vastaavien suoritusten kanssa. Ero löytyi päättelytehtävistä, joissa tyttöjen ja poikien pistemäärien erotus (7 pistettä) oli tilastollisesti merkitsevä tyttöjen hyväksi.

Kahdeksasluokkalaisten matematiikan pistemäärien erot eri puolilla Suomea olivat varsin vähäisiä. Suuralueista Itä-Suomen tulokset olivat muita alueita paremmat ja Pohjois-Suomen tulokset muita alueita heikommat, mutta erot alueiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kaupunki- ja maaseutukouluissa oppilaiden pistemäärät olivat miltei samat.

TIMSS 2015 -tutkimuksessa suomalaisten neljäsluokkalaisten sukupuoliero matematiikan osaamisessa oli edelleen pieni. Kuitenkin ensimmäistä kertaa tytöt menestyivät matematiikassa poikia tilastollisesti merkitsevästi paremmin. Suomalaisten tyttöjen 9 pisteen ero poikien keskiarvoon oli Euroopan maista suurin tyttöjen hyväksi. Suomalaisten tyttöjen suoritukset olivat tilastollisesti merkitsevästi paremmat kuin pojilla myös kaikilla sisältöalueilla. Luvut ja laskutoimitukset -alueella tyttöjen keskiarvo oli 8 pistettä korkeampi, geometriset muodot ja mittaaminen -alueella 11 pistettä koreampi sekä tietoaineiston käsittelyssä 16 pistettä korkeampi. Myös prosessialueittain tarkasteltuna tytöt menestyivät tilastollisesti merkitsevästi poikia paremmin: soveltamisen alueella ero oli 12 pistettä ja päättelyn alueella 13 pistettä. Tiedot ja taidot -alueella ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

TIMSS 2015 -tuloksissa ei ollut havaittavissa alueellisia eroja.

4. Matematiikan osaaminen PISA-tutkimuksissa

Tässä luvussa tarkastellaan suomalaisoppilaiden matematiikan osaamista PISA 2003- ja PISA 2012 -tutkimusten pohjalta, sillä näissä tutkimuksissa matematiikka oli arvioinnin pääalueena. Pääosin peruskoulun päättövaiheessa olevien oppilaiden oppimistuloksia kuvataan sekä kansainväliseen että OECD-maiden tasoon suhteuttaen ja myös sisällöllisesti eritellen.

4.1. PISA-tutkimusten toteutus

PISA 2003 -tutkimukseen osallistui 41 maata tai aluetta, ja näistä 11 oli OECD:n ulkopuolelta (Kupari & Välijärvi, 2005). Suomen kouluotoksessa oli 147 suomenkielistä koulua sekä kaikki

ruotsinkieliset koulut (50), joissa oli 15-vuotiaita oppilaita. Ruotsinkielisten koulujen ja oppilaiden lisäämisellä haluttiin varmistaa luotettavien vertailujen tekeminen kaksikielisessä koulujärjestelmässämme. Kaikkiaan tutkimukseen osallistui siten 5796 oppilasta, joista 1207 oli ruotsinkielisiä.

Oppilaiden matematiikan osaamista arvioitiin kaikkiaan 85 tehtävällä, joista kaksi kolmasosaa oli avoimia ja loput monivalintatehtäviä (Törnroos & Kupari, 2005). Käytännössä tehtävät jaettiin erilaisiin tehtävävihkoihin (13 vihkoa) siten, että kukin oppilas vastasi kahden tunnin aikana yhden tehtävävihkon tehtäviin. Tiedollisiin kokeisiin osallistumisen lisäksi oppilaat vastasivat taustakyselyyn, jossa selvitettiin mm. heidän oppimisympäristöään ja kodin sosioekonomista taustaa sekä opiskelutaitoja ja -asenteita. Koulujen rehtorit vastasivat oman koulunsa opiskeluolosuhteita kartoittavaan kyselyyn.

PISA 2012 -tutkimukseen osallistui 65 maata tai aluetta, joista 34 on OECD:n jäsenmaita (Kupari ym., 2013). Näin tutkimus antaa kattavan ja tasokkaan kansainvälisen vertailuperustan suomalaisen perusopetuksen laadun arvioimiseksi. PISAn kohdejoukon muodostavat mittausvuonna 15 vuotta täyttävät oppilaat, ja Suomessa tämän ikäluokan koko oli tutkimuksessa 62195 oppilasta. Suomessa koulut valittiin peruskouluista sekä lukioista ja ammatillisista oppilaitoksista. Kaikki ruotsinkieliset koulut valittiin mukaan, samoin kaikki sellaiset koulut, joissa oli vähintään viisi maahanmuuttajataustaista oppilasta. Myös erityiskoulut sisältyivät otantaan. PISA 2012 -tutkimus toteutettiin yhteensä 311 koulussa, joissa arviointiin osallistui kaikkiaan 10157 oppilasta. Ruotsinkielisiä oppilaita otoksessa oli 1753 ja maahanmuuttajataustaisia oppilaita 2426.

Oppilaiden matematiikan osaamista arvioitiin kaikkiaan 110 tehtävällä, joista 36 tehtävää oli yhteisiä ”linkkitehtäviä” vuoden 2003 tutkimuksen kanssa. Tehtävistä noin 60 prosenttia oli avoimia ja loput monivalintatehtäviä. Arvioinnin toteutusvaiheessa suuri tehtävämäärä hajautettiin 13:een työmäärältään samantasoiseen tehtävävihkoon ja kukin oppilas vastasi kahden tunnin aikana yhden tehtävävihkon tehtäviin. Tiedolliseen testiin osallistumisen lisäksi oppilaat vastasivat taustakyselyyn, jossa selvitettiin mm. heidän kotitaustaansa sekä asenteitaan, uskomuksiaan ja opiskelustrategioitaan. Koulujen rehtorit vastasivat kyselyyn, jolla saatiin tietoa muun muassa koulun opettajista, opiskelun resursseista, työskentelyilmapiiristä, pedagogisista käytänteistä sekä vanhempien osallistumisesta koulun toimintaan.

4.2. PISA 2003 -tutkimuksen tuloksia

PISA 2003 -tutkimuksen maakohtaiset[6] keskiarvotulokset on esitetty vastaavalla tavalla kuin TIMSS-tutkimuksissa taulukossa 7. Tulosten mukaan suomalaisten 15-vuotiaiden nuorten matematiikan osaaminen oli OECD-maiden parhaimmistoa. Suomen kanssa samalle suoritustasolle ylsivät OECD-maista Korea, Alankomaat ja Japani sekä lisäksi OECD:n ulkopuolisista maista Hongkong ja Liechtenstein. Muissa tutkimukseen osallistuneissa 34 maassa, joiden joukossa olivat myös muut Pohjoismaat, matematiikan suorituskeskiarvo oli tilastollisesti merkitsevästi heikompi kuin Suomessa. Pohjoismaista kaikki muut paitsi Norja pääsivät tilastollisesti merkitsevästi yli OECD:n keskiarvon (500 pistettä).

Taulukko 7. PISA 2003: Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	Ei parempia maita
Samantasoisia	Hongkong, ***Suomi***, *Korea*, *Alankomaat*, Liechtenstein, *Japani*
Heikompia	*Kanada*, *Belgia*, Macao, *Sveitsi*, *Australia*, *Uusi-Seelanti*, *Tšekki*, *Islanti*, *Tanska*, *Ranska*, *Ruotsi*, *Itävalta*, *Saksa*, *Irlanti*, **OECD-maiden keskiarvo**, *Slovakia*, *Norja*, *Luxemburg*, *Puola*, *Unkari*, *Espanja*, *Yhdysvallat*, Latvia, Venäjä, *Portugali*, *Italia*, *Kreikka*, Serbia ja Montenegro, *Turkki*, Uruguay, Thaimaa, *Meksiko*, Indonesia, Tunisia, Brasilia

Suomessa ruotsinkielisten oppilaiden tulokset olivat suomenkielisten oppilaiden tuloksia heikommat, joskin samaa tasoa kuin OECD-maiden parhaimmistoon sijoittuneella Japanilla. Suomenkielisten ja ruotsinkielisten oppilaiden suoritusero oli tilastollisesti merkitsevä.

Suomalaisnuorten matematiikan tuloksissa korostuu myös osaamisen tasaisuus. Osaamisen vaihtelua kuvaava keskihajonta oli Suomessa selkeästi tutkimuksen kärkimaista pienin, ja Suomen ruotsinkielisten oppilaiden keskihajonta oli jopa pienempi kuin missään tutkimuksen osallistujamaassa. Hyvin menestyneistä maista ainoastaan Kanadassa ja Macaossa keskihajonta oli lähellä Suomen arvoa. Suomen tulokset ovatkin oiva esimerkki siitä, että hyviin

[6] Hongkong ja Macao ovat Kiinan kansantasavaltaan kuuluvia alueita. Jatkossa tekstissä käytetään yksinkertaisuuden vuoksi nimiä Hongkong ja Macao.

kokonaistuloksiin voidaan päästä ilman huomattavia osaamiseroja hyvin ja heikommin menestyvien oppilaiden välillä.

Nuortemme osaaminen oli hyvätasoista kaikilla neljällä matematiikan sisältöalueella (Törnroos & Kupari, 2005). Parhaiten osattuna sisältöalueena erottui määrällinen ajattelu, jolla Suomen keskiarvotulos oli korkein kaikista osallistujamaista. Myös kansallisesti tarkasteltuna määrällisen ajattelun osaaminen oli tilastollisesti merkitsevästi parempaa kuin muilla sisältöalueilla. Muutos ja yhteydet sekä epävarmuus -alueilla suomalaisoppilaiden keskiarvopistemäärä oli kolmanneksi korkein kaikkien osallistujamaiden joukossa eikä ero osa-alueiden kärkimaihin – Alankomaihin ja Hongkongiin – ollut tilastollisesti merkitsevä. Tila ja muutos -sisältöalueella ero kärkimaahan Hongkongiin oli tilastollisesti merkitsevä, mutta tälläkin alueella oppilaidemme osaaminen oli hyvätasoista.

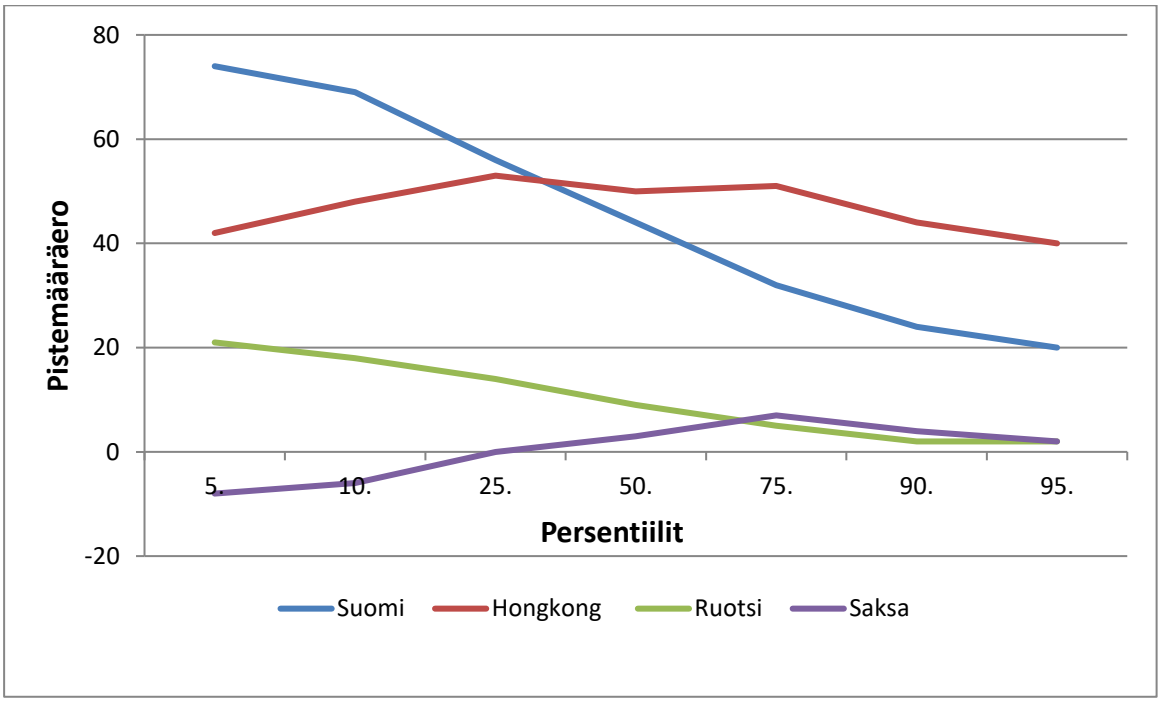
Vaikka matematiikan osaamisen kokonaisvaihtelu oli Suomessa varsin pientä, niin myös meillä oppilaiden osaaminen vaihteli huippuosaamisesta erittäin heikkoon osaamiseen. Tutkimuksessa oppilaiden matematiikan osaamista kuvattiin tarkemmin määrittelemällä seitsemän suoritustasoa (ks. Törnroos & Kupari, 2005). Suoritustaso 2 määriteltiin vähimmäistasoksi, joka oppilaiden tulisi saavuttaa, jotta heillä olisi riittävät matemaattiset taidot toimiakseen modernissa tietoyhteiskunnassa. Suomalaisten nuorten osuus tämän vähimmäistason saavuttaneista oppilaista oli 93 prosenttia ja se oli korkein kaikkien osallistujamaiden joukossa. Myös muut Pohjoismaat pääsivät OECD:n keskiarvon (79 %) yläpuolelle.

Heikoimmin suoriutuneiden oppilaiden joukossa (tasolla 1 ja sen alapuolella) suomalaisia oli kaikkein vähiten. Suomenkielisistä oppilaista tähän joukkoon sijoittui ainoastaan 6 prosenttia ja ruotsinkielisistä 8 prosenttia. Muissa Pohjoismaissa näiden oppilaiden osuudet vaihtelivat Islannin 15 prosentista Norjan 21 prosenttiin, mikä oli myös OECD-maiden keskiarvo.

Suomalaiset oppilaat olivat myös varsin hyvin edustettuna erinomaisesti menestyneiden oppilaiden (suoritustasot 5 ja 6) joukossa. Suomenkielisistä oppilaista näiden tasojen osaamiseen ylsi yhteensä 24 prosenttia ja ruotsinkielisistä oppilaista 19 prosenttia, kun OECD-maiden keskiarvo oli 15 prosenttia. Ylimmän suoritustason (taso 6) huippuosaajia oli Suomessa 7 prosenttia oppilaista eli hieman enemmän kuin OECD-maissa keskimäärin (4 %). Muissa Pohjoismaissa huippuosaajien osuus oli OECD-maiden keskitasoa.

Näiden tulosten valossa suomalaisten korkeaan suoritustasoon vaikutti merkittävästi se, että meillä heikkojen oppilaiden suoritukset olivat kansainvälisesti vertaillen erittäin hyvät. Tämä käy ilmi kuviosta 2, jossa on esitetty, millä tavoin maakohtaisesti määritetyt suorituspistemäärien persentiiliarvot vaihtelivat Suomessa, Hongkongissa, Ruotsissa ja Saksassa OECD-

maiden keskiarvoon verrattuna (nollataso). Suomessa heikoimpien oppilaiden (5. ja 10. persentiili) pistemäärät olivat noin 70 pistettä OECD-maiden vastaavia keskiarvoja korkeampia, kun taas parhaimpien oppilaiden (90. ja 95. persentiili) kohdalla ero oli enää noin 20 pistettä. Heikoimpien suomalaisoppilaiden suoritukset olivat siten yli yhden suoritustason verran OECD-keskiarvon yläpuolella. Ruotsissa suoritusprofiili oli samankaltainen kuin Suomessa, joskin huomattavasti loivempi ja lähempänä OECD:n keskiarvoa. Hongkongissa profiili oli varsin tasainen ja kaikkien oppilaiden suoritukset noin 40–50 pistettä OECD:n keskitason yläpuolella. Saksassa heikoimmat oppilaat jäivät hieman alle OECD-keskiarvon ja parhaat ylsivät Ruotsin tasolle.



Kuvio 2. Neljän maan maakohtaisten suorituspistemäärien persentiiliarvot OECD-maiden keskiarvoon verrattuna

4.3. PISA 2012 -tutkimuksen tuloksia

PISA 2012 -tutkimuksen maakohtaiset[7] keskiarvotulokset on esitetty taulukossa 8. Tulosten perusteella suomalaisten 15-vuotiaiden nuorten matematiikan osaaminen oli edelleen OECD-maiden parhaimmistoa (Kupari ym., 2013). Suomen keskiarvo oli OECD-maiden ryhmässä

[7] Shanghai on Kiinan kansantasavaltaan kuuluva alue. Jatkossa tekstissä käytetään nimeä Shanghai.

kuudenneksi korkein Korean, Japanin, Sveitsin, Alankomaiden ja Viron jälkeen. Sijoituksemme 65 osallistujamaan ja -alueen joukossa oli kahdestoista, ja se oli nyt selvästi heikompi kuin koskaan aikaisemmin. Viidentoista kärkiryhmässä oli seitsemän Aasian maata tai aluetta eli Shanghai, Singapore, Hongkong, Taiwan, Korea, Macao ja Japani. Muissa Pohjoismaissa matematiikan kansallinen keskiarvo oli selvästi Suomen keskiarvoa alhaisempi.

Taulukko 8. PISA 2012: Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaisessa järjestyksessä ja Suomeen verrattuna

Vertailu Suomeen	Osallistujamaat matematiikan maakeskiarvon mukaan (OECD-maat kursivoitu)
Parempia	Shanghai, Singapore, Hongkong, Taiwan, *Korea*, Macao, *Japani*, Liechtenstein, *Sveitsi*
Samantasoisia	*Alankomaat, Viro,* ***Suomi****, Kanada, Puola, Belgia, Saksa,* Vietnam, *Itävalta*
Heikompia	*Australia, Irlanti, Slovenia, Tanska, Uusi-Seelanti, Tšekki, Ranska,* **OECD-maiden keskiarvo**, *Iso-Britannia, Islanti*, Latvia, *Luxemburg, Norja, Portugali, Italia, Espanja,* Venäjä, *Slovakia, Yhdysvallat,* Liettua, *Ruotsi, Unkari,* Kroatia, *Israel, Kreikka,* Serbia, *Turkki*, Romania, Kypros, Bulgaria, Yhd. Arabiemiraatit, Kazakstan, Thaimaa, *Chile,* Malesia, *Meksiko,* Montenegro, Uruguay, Costa Rica, Albania, Brasilia, Argentiina, Tunisia, Jordania, Kolumbia, Qatar Indonesia, Peru

Suomen ruotsinkielisten oppilaiden matematiikan keskiarvo oli yhden pisteen suomenkielisten oppilaiden keskiarvoa parempi. Tulos on kiinnostava, sillä kaikissa edellisissä PISA-tutkimuksissa suomenkieliset oppilaat ovat osanneet matematiikkaa ruotsinkielisiä oppilaita paremmin.

Suomalaisnuorten matematiikan osaaminen oli edelleen myös varsin tasa-arvoista. Osaamisen vaihtelua kuvaava keskihajonta oli Suomessa selvästi OECD-maiden keskiarvoa pienempi ja myös pienimpiä hyvin menestyneiden maiden joukossa. OECD-maista Virossa, Kanadassa, Irlannissa ja Tanskassa suoritusten keskihajonta oli samaa suurusluokkaa kuin meillä. Muissa Pohjoismaissa osaamisen vaihtelu oli OECD:n keskitasoa.

Oppilaiden matematiikan suoritusten vaihtelua tarkasteltiin lähemmin kuudella suoritustasolla, jotka olivat samat kuin PISA 2003 -tutkimuksessa (ks. Kupari ym., 2013). Suoritustasoa 2 (välttävä osaaminen) voidaan pitää vähimmäistasona, joka oppilaiden tulisi saavuttaa, jotta heillä olisi ainakin välttävät matemaattiset taidot toimiakseen nykyisen kaltaisessa tietoyhteiskunnassa. Suomessa 88 prosenttia nuorista saavutti tämän vähimmäistason ja prosenttiosuus

oli saman suuruinen kuin Japanissa, Macaossa, Virossa ja Sveitsissä. OECD-maiden nuorista keskimäärin kolme neljäsosaa ylsi tälle vähimmäistasolle, ja muissa Pohjoismaissa näiden nuorten osuudet olivat lähellä OECD:n keskiarvoa.

Heikkoja matematiikan osaajia eli suoritustasolle 1 ja sen alapuolelle jääneitä nuoria Suomessa oli 12 prosenttia, ja suurin osuus näistä (9 %) sijoittui tasolle 1. Islannissa, Norjassa ja Ruotsissa tasolle 1 tai sen alle sijoittuneita osaajia oli selvästi enemmän (21–27 %) ja suunnilleen saman verran kuin OECD-maissa keskimäärin (23 %). Parhaiten menestyneessä Shanghaissa tällaisten nuorten osuus oli 4 prosenttia.

Suomalaisoppilaat olivat edelleen kohtuullisen hyvin edustettuina myös erinomaisesti matematiikkaa osaavien nuorten (suoritustasot 5 ja 6) joukossa. Suomessa näiden suoritustasojen osaamiseen ylsi yhteensä 16 prosenttia oppilaista, kun OECD-maissa heitä oli keskimäärin 12 prosenttia. Huipputason (taso 6) osaajia Suomessa oli 4 prosenttia, mikä oli hieman OECD:n keskiarvoa (3 %) enemmän. Muissa Pohjoismaissa vastaavat luvut olivat OECD:n keskiarvojen alapuolella.

Suomalaisnuorten osaamisessa löytyi joitakin eroja matematiikan eri sisältöalueiden välillä. Suomessa parhaiten osattu sisältöalue oli määrällinen ajattelu, ja alueen keskiarvo oli 8 pistettä korkeampi kuin kansallinen kokonaiskeskiarvo. Pistemäärä oli kymmenenneksi korkein kaikkien osallistujamaiden ja -alueiden joukossa. Muutos ja yhteydet -alueen sekä epävarmuus-alueen keskiarvot eivät poikenneet Suomen maakeskiarvosta. Selvästi heikoimmin osattu matematiikan sisältöalue Suomessa oli tila ja muoto, ja alueen keskiarvo oli peräti 12 pistettä kokonaiskeskiarvoa alempi. Kansainvälisessä vertailussa tämän alueen keskiarvo oli viidenneksitoista korkein. Kaikkien sisältöalueiden Suomen keskiarvot olivat kuitenkin selvästi OECD-maiden keskiarvoja korkeammat.

PISA 2012 -tutkimuksessa nuorten matematiikan osaamista tarkasteltiin ensimmäistä kertaa matematiikan prosessiluokittain. Prosessiluokkia oli kolme: tehtävätilanteiden matemaattinen muotoileminen, matematiikan käyttötaidot ja tehtäväratkaisujen tulkinta. Suomalaisnuorten osaamisessa löytyi joitakin eroja myös näiden eri prosessitaitojen välillä. Suomen keskiarvo tehtävätilanteiden matemaattisen muotoilemisen alueella oli täsmälleen sama kuin kansallinen kokonaiskeskiarvo. Matematiikan käyttötaidoissa Suomen keskiarvo oli 3 pistettä matematiikan osaamisen kokonaiskeskiarvoa alempi. Tällainen tulos oli jossain määrin yllättävä siksi, että laskutaitoja painottava määrällisen ajattelun sisältöalue oli Suomessa parhaiten osattu sisältöalue. Tehtäväratkaisujen tulkinta oli Suomessa parhaiten osattu prosessiluokka, ja sen keskiarvo oli peräti 9 pistettä korkeampi kuin matematiikan kansallinen kokonaiskeskiarvo.

Tässä prosessiluokassa Suomen keskiarvo oli OECD-maiden joukossa toiseksi korkein (Sveitsin jälkeen).

4.4. Matematiikan osaamisen sukupuolierot ja alueelliset erot PISA-tutkimuksissa

PISA 2003 -tutkimuksessa poikien matematiikan suoritustaso oli 41 maan joukossa yhtä maata lukuun ottamatta tyttöjen tasoa korkeampi (Kupari ym., 2007). OECD-maissa poikien ja tyttöjen suorituserojen keskiarvo oli 11 pistettä. Suomessa matematiikan suoritusten sukupuoliero oli kuitenkin verraten pieni. Ero oli poikien eduksi 7 pistettä ja tilastollisesti merkitsevä.

Suomessa sukupuolierot poikkesivat toisistaan matematiikan osaamisen eri sisältöalueilla. Erot olivat pienimmät alueilla tila ja muoto sekä määrällinen ajattelu ja suurimmat alueilla epävarmuus sekä muutos ja yhteydet. Kiinnostavaa tuloksissa on se, että OECD-maissa sukupuolierot olivat suurimmat juuri tilan ja muodon alueella (keskimäärin 17 pistettä), jolla ne meillä olivat pienimmät (2 pistettä).

Islanti oli ainoa OECD-maa, jossa tyttöjen suoritustaso oli tilastollisesti merkitsevästi poikien tasoa korkeampi. Muista Pohjoismaista Norjassa ja Ruotsissa sukupuolierot olivat samaa suuruusluokkaa kuin Suomessa. Sen sijaan Tanska kuului niiden seitsemän OECD-maan joukkoon, jossa sukupuolierot olivat kaikkein suurimmat.

PISA 2012 -tutkimuksessa matematiikan oppimistulosten sukupuoliero oli Suomessa hyvin pieni eli 3 pistettä, mutta ensimmäistä kertaa tyttöjen eduksi. Osallistujien joukossa oli Suomi mukaan lukien 25 maata tai aluetta, joissa matematiikan osaamisen sukupuoliero oli pieni eikä tilastollisesti merkitsevä. Kaikkiaan 35 maassa, joista valtaosa oli OECD-maita, pojat osasivat matematiikkaa paremmin kuin tytöt ja keskiarvojen ero oli tilastollisesti merkitsevä. Vain viidessä maassa tyttöjen keskiarvot olivat tilastollisesti merkitsevästi poikien keskiarvoja korkeammat.

Suomalaistyttöjen ja -poikien osaamisessa matematiikan eri sisältö- ja prosessialueilla löytyi jälleen joitakin eroja. Kahdella sisältöalueella – muutos ja yhteydet sekä tila ja muoto – osaamisessa ei ollut eroja. Sen sijaan määrällisen ajattelun alueella ja epävarmuus-alueella tyttöjen keskiarvo oli 3 - 5 pistettä poikien keskiarvoa korkeampi. Pojat hallitsivat hieman tyttöjä paremmin tehtävätilanteiden matemaattisen muotoilun (keskiarvojen ero 2 pistettä), ja vastaavasti tyttöjen matematiikan käyttötaidot olivat vähän poikien taitoja paremmat (ero 3 pistettä). Suurin ja tilastollisesti merkitsevä ero oli matematiikan tehtäväratkaisujen tulkinnassa, jossa tyttöjen keskiarvo oli 11 pistettä poikien keskiarvoa korkeampi.

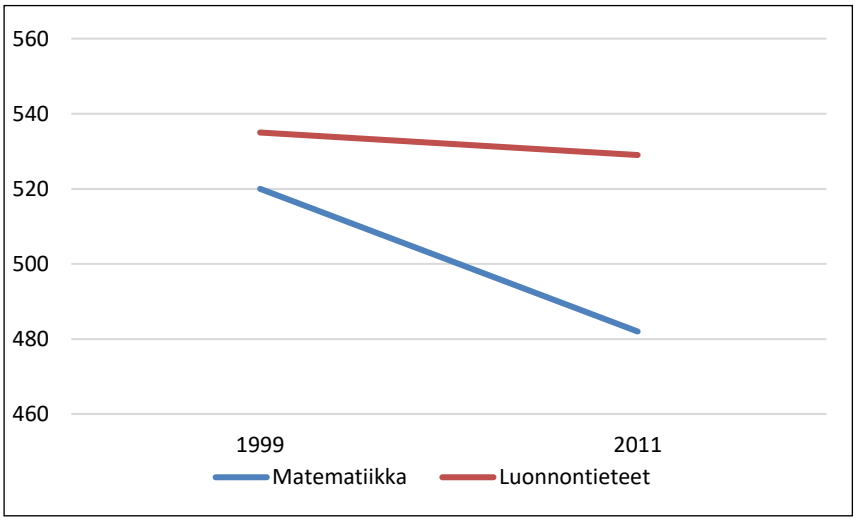
PISA 2003 -tutkimuksessa Suomi oli jaettu viiteen suuralueeseen: Uusimaa, Etelä-Suomi, Itä-Suomi, Väli-Suomi ja Pohjois-Suomi (vrt. TIMSS 1999). Tuolloin kahden alueen eli Uudenmaan ja Väli-Suomen oppilaiden matematiikan osaamisessa oli 17 pisteen ero, joka oli tilastollisesti merkitsevä. Muilta osin maan eri alueiden väliset erot olivat vähäisiä.

PISA 2012 -tutkimuksessa käytetty suuraluejako poikkesi hieman vuoden 2003 aluejaosta. Viisi aluetta olivat pääkaupunkiseutu, Etelä-Suomi, Länsi-Suomi, Itä-Suomi ja Pohjois-Suomi. Vuonna 2012 alueellinen vaihtelu matematiikan osaamisessa oli vähäisempää kuin yhdeksän vuotta aikaisemmin. Suurimmillaan ero Pohjois-Suomen ja Itä-Suomen nuorten välillä oli 11 pistettä (ei tilastollisesti merkitsevä). Maaseutu- ja kaupunkikoulujen oppilaiden välinen ero oli matematiikassa vain 2 pistettä, ja aiempiin tutkimuksiin verrattuna ero oli entisestään kaventunut.

5. Matematiikan osaamisen kehitys Suomessa 2000-luvun alussa

5.1. Osaamisen kehitys TIMSS-tutkimusten pohjalta

Suomi on osallistunut TIMSS-tutkimukseen kolme kertaa: ensimmäisen kerran vuonna 1999 ja sen jälkeen vuosina 2011 ja 2015. Näiden tutkimusten kohdejoukot Suomessa ovat olleet erilaiset: vuonna 1999 peruskoulun seitsemännen luokan oppilaat, vuonna 2011 neljännen ja kahdeksannen luokan oppilaat sekä vuonna 2015 neljännen luokan oppilaat. Jotta saatiin mahdollisuus tarkastella peruskoulun seitsemäsluokkalaisten oppimistulosten kehitystä 12 vuoden aikana, kerättiin TIMSS 2011 -tutkimuksessa oppilasaineisto myös seitsemännen luokan osaotokselta.



Kuvio 3. Seitsemäsluokkalaisten suoritusten kehitys matematiikassa ja luonnontieteissä aikavälillä 2003 - 2012

Kuvio 3 kertoo seitsemäsluokkalaisten matematiikan oppimistuloksissa tapahtuneen kehityksen Suomessa 12 vuoden aikana ja suhteutettuna vastaavaan kehitykseen luonnontieteiden osaamisessa. Vuonna 2011 suomalaisten seitsemäsluokkalaisten matematiikan kansallinen pistemäärä (482) oli heikentynyt vuoden 1999 pistemäärästä (520) peräti 38 pistettä. Kun vuonna 2011 kahdeksannen ja seitsemännen luokan kansallisten pistemäärien ero oli 32 pistettä, voidaan sanoa, että seitsemäsluokkalaisten matematiikan osaaminen oli 12 vuoden aikana heikentynyt runsaan yhden kouluvuoden verran. Poikien pistemäärä oli heikentynyt 3 pistettä enemmän kuin tyttöjen pistemäärä. Vastaavana aikana suomalaisten seitsemäsluokkalaisten luonnontieteiden kokonaispistemäärä oli pudonnut vain 6 pistettä. Taulukossa 9 on kuvattu, millä tavoin seitsemäsluokkalaisten osaamisen muutos kohdistui matematiikan eri suoritustasoille.

Taulukko 9. Matematiikan eri suoritustasoille yltäneiden seitsemäsluokkalaisten osuudet vuosien 1999 ja 2011 tutkimuksissa

Vuosi	Oppilaiden prosenttiosuudet matematiikan suoritustasoilla			
	Erinomainen	Korkea	Tyydyttävä	Heikko
1999	5	33	77	96
2011	0	14	57	90

Tulokset osoittavat, että voimakkaimmin matematiikan suoritukset ovat heikentyneet tyydyttävästä tasosta ylöspäin. Korkealle ja tyydyttävälle suoritustasolle yltäneiden oppilaiden osuus oli pienentynyt 20 prosenttiyksikköä. Erinomaisen tason saavuttaneita oppilaita ei vuonna 2011 ollut lainkaan, ja heikolle tasolle (perustasolle) päässeiden oppilaiden osuus oli myös pienentynyt (90 % vs. 96 %).

Suomen neljäsluokkalaiset ovat osallistuneet TIMSS-tutkimukseen vuosina 2011 ja 2015. Neljän vuoden aikana matematiikan kansallinen keskiarvo oli laskenut 10 pistettä ja pudotus oli tilastollisesti merkitsevä. Suomi oli yksi niistä viidestä maasta (kaikkiaan 41 maata), jossa matematiikan suoritukset olivat heikentyneet. Lähempi tarkastelu osoittaa, että erityisesti parhaiten menestyneiden oppilaiden osuus on pienentynyt Suomessa. Vuoden 2011 tutkimuksessa 12 prosenttia Suomen neljäsluokkalaisista saavutti erinomaisen tason, kun vuoden 2015 arvioinnissa vastaava osuus oli enää 8 prosenttia. Vastaavasti korkealle suoritustasolle yltäneitä oppilaiden osuus pieneni 6 prosenttiyksikköä. Suomi oli osallistuneista maista ainoa, jossa erinomaisten matematiikan osaajien osuus laski.

Neljäsluokkalaisten matematiikan osaamisen heikkeneminen näkyy erityisesti poikien suorituksissa. Poikien suoritusten keskiarvo laski neljässä vuodessa peräti 18 pistettä, kun taas tyttöjen keskiarvo pysyi lähes samana. Poikien suoritusten heikkeneminen näkyi myös kaikilla sisältöalueilla. Luvut ja laskutoimitukset -alueella poikien keskiarvo laski kaikkein eniten eli 24 pistettä. Tietoaineiston käsittelyssä pudotus oli 19 pistettä sekä geometriset muodot ja mittaaminen -alueella 9 pistettä.

Myös eri prosessialueilla oli nähtävissä poikien suoritusten heikkeneminen. Suurinta pudotus oli tiedot ja taidot -alueella, jolla poikien keskiarvo heikkeni 25 pistettä neljän vuoden aikana. Soveltamisen alueella poikien keskiarvo laski 18 pistettä ja päättelyn alueella 14 pistettä.

5.2. Osaamisen kehitys PISA-tutkimusten perusteella

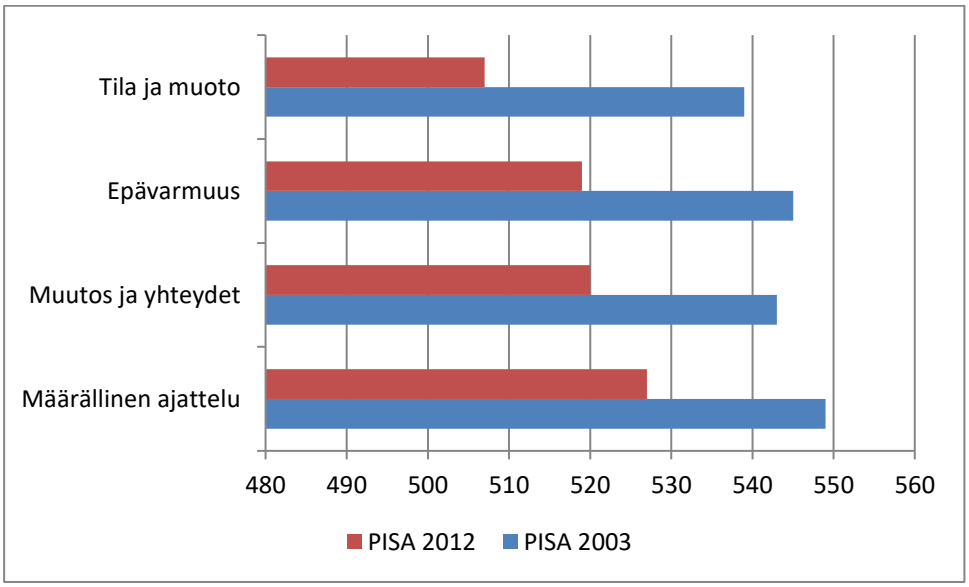
Vuonna 2012 tehty tutkimus oli jo viides PISA-tutkimus, ja matematiikka on ollut arvioinnin pääalue vuosina 2003 ja 2012. PISA 2003:n tulokset muodostavat siten matematiikan osaamisen tason, johon vuoden 2012 tuloksia voidaan luotettavimmin verrata. Vertailun tekee mahdolliseksi se, että tietty osa tutkimusten tehtävistä on yhteisiä. PISA 2012 -tutkimuksen 110:stä matematiikan tehtävästä 36 ”linkkitehtävää” oli peräisin vuoden 2003 arvioinnista, ja ne varmistavat vertailun luotettavuuden (ks. OECD, 2010).

Vuonna 2003 matematiikan osaamisen kansallinen keskiarvo oli Suomessa 544 pistettä, kun taas vuoden 2012 arvioinnissa se oli 519 pistettä. Peräti 25 pisteen pudotus keskiarvossa on tilastollisesti merkitsevä ja kehityksen suuntana erittäin huolestuttava. Vuoden 2003 tutkimuksen kärkimaista Suomen keskiarvon lasku oli kaikkein suurin. Osaamisen heikkenemistä eritellään seuraavassa tarkastelemalla oppilaiden jakautumista matematiikan osaamisen eri suoritustasoille sekä kuvaamalla muutosta matematiikan eri sisältöalueilla (Kupari ym., 2013).

Tulokset osoittavat, että heikkojen matematiikan osaajien (taso 1 ja sen alle) määrä on lisääntynyt ja samaan aikaan tasoille 5 ja 6 yltäneiden erinomaisten matematiikan taitajien määrä on vähentynyt. Kun vuonna 2003 heikkoja osaajia oli 7 prosenttia, niin vuoden 2012 arvioinnissa heidän osuutensa oli jo 12 prosenttia. Aikavälillä tapahtunut 5 prosenttiyksikön muutos on tilastollisesti merkitsevä. Erinomaisten matematiikan osaajien osalta muutos on ollut vieläkin selvempi. Vuonna 2003 tällaisia nuoria oli lähes neljännes eli 23 prosenttia, mutta vuonna 2012 enää 15 prosenttia. Näiden erinomaisten osaajien osuus on siten vähentynyt tilastollisesti merkitsevät 8 prosenttiyksikköä. Tällä hetkellä heikkoja matematiikan osaajia on

Suomessa edelleen selvästi vähemmän kuin OECD-maissa keskimäärin, mutta eriomaisten osaajien osuus on pudonnut lähelle OECD:n keskiarvoa.

Aikavälillä 2003–2012 matematiikan osaamisen taso on laskenut tilastollisesti merkitsevästi kaikilla sisältöalueilla (kuvio 4). Kaikkein eniten keskiarvo on laskenut vuodesta 2003 tila ja muoto -sisältöalueella, jolla pudotusta on ollut 32 pistettä. Kolmella muulla sisältöalueella keskiarvo on laskenut 22–26 pistettä. Tila ja muoto -alueella selkein muutos on se, että heikkojen osaajien määrä on lisääntynyt 10 prosentista 17 prosenttiin ja samanaikaisesti erinomaisten osaajien määrä on vähentynyt 23 prosentista 14 prosenttiin. Myös muilla matematiikan sisältöalueilla erinomaisten osaajien osuudessa tapahtunut lasku on ollut miltei yhtä suurta, mutta esimerkiksi määrällinen ajattelu- sekä muutos ja yhteydet -alueilla heikkojen osaajien määrä on lisääntynyt selvästi vähemmän eli 4–5 prosenttiyksikköä.



Kuvio 4. Matematiikan osaamisen muutokset eri sisältöalueilla aikavälillä 2003 - 2012

Molempiin tutkimuksiin osallistuneista 39 maasta ja alueesta kaikkiaan 27:ssä oli tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia matematiikan osaamisessa yhdeksän vuoden aikana. Yhteensä 14 maassa, joista OECD-maita 13, matematiikan keskiarvo oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi. Eniten keskiarvo oli pudonnut Ruotsissa (31 pistettä), Suomessa (25), Uudessa-Seelannissa (24), Islannissa (22) ja Australiassa (20).

Luvun 5 yhteenvetona voidaan todeta, että vuosina 1999–2015 tapahtunut heikentyminen suomalaisen peruskoulun matematiikan osaamisessa on selkeä, ja siihen tulee suhtautua vakavasti. Etenkin matematiikkaa heikosti osaavien lasten ja nuorten osuuden kasvu ja huippuosaajien määrän vähentyminen ovat huolestuttavia. Myös poikien suoritusten laskeva kehitys

herättää kysymyksiä. Toki Suomi kuuluu vielä OECD-maiden kärkijoukkoon myös matematiikan osaamisessa, mutta ellemme tee mitään, on enemmän kuin todennäköistä, että laskeva trendi tulee jatkumaan.

5. Yhteenvetoa ja johtopäätöksiä

2000-luvun alun TIMSS- ja PISA-tutkimusten tulokset kertovat vakuuttavasti, että kansainvälisesti verraten suomalaiset peruskoululaiset osaavat matematiikkaa edelleen varsin hyvin. TIMSS 2011 -, TIMSS 2015 - ja PISA 2012 -tutkimuksissa suomalaisoppilaiden kansallinen keskiarvo on ollut korkeimmillaan osallistujamaiden joukossa kahdeksas (4. ja 8. luokka) sekä alimmillaan kahdestoista (15-vuotiaat) ja seitsemästoista (4. luokka). OECD-maiden joukossa parhaat sijoituksemme ovat olleet neljäs (8. luokka), viides (4. luokka) ja kuudes (15-vuotiaat). TIMSS 2015 -tutkimusta lukuun ottamatta Suomi on ollut myös tutkimusten paras Pohjoismaa.

Kansainvälisten tulosten valossa Suomessa on onnistuttu saavuttamaan hyvin myös koulutuksen tasa-arvoisuudelle asetetut tavoitteet korkean tiedollisen tason ohella. Suomen tuloksille on ollut ominaista pieni hajonta, minkä lisäksi suomalaisoppilaiden osuudet heikosti suoriutuneiden oppilaiden joukossa ovat olleet erittäin pienet. Tosin samalla oppilaidemme osuudet ovat olleet myös pienet parhaiten menestyvien oppilaiden joukossa. Erot tyttöjen ja poikien matematiikan suorituksissa ovat olleet varsin pienet eri tutkimuksissa, mutta muutosta on myös tapahtunut. Kun 2000-luvun alkuvuosina poikien tulokset olivat tyttöjen tuloksia paremmat (jopa tilastollisesti merkitsevästi), niin runsas kymmenen vuotta myöhemmin tilanne on kääntynyt toisinpäin: tyttöjen matematiikan osaaminen on poikia parempaa. Vuonna 2015 neljäsluokkalaisten sukupuolten välinen ero oli kasvanut entisestään tyttöjen hyväksi. Erityisen huolestuttavaa on se, että samaan aikaan, kun tyttöjen osaamistaso on pysynyt samana vuodesta 2011, poikien oppimistulokset ovat laskeneet kaikilla sisältö- ja prosessialueilla. Kansain-välisesti verrattuna suomalainen matematiikan opetus on myös hyvin tasa-arvoista erilaisista sosioekonomisista taustoista tuleville oppilaille, mutta myös Suomessa oppilaiden kotitausta on yhteydessä oppimistuloksiin.

Matematiikan suorituserot maan eri osien välillä sekä kaupunkien ja maaseudun välillä ovat olleet verraten vähäiset. Erot suomenkielisten ja ruotsinkielisten oppilaiden matematiikan osaamisessa näyttäisivät pienentyneen. Koulujen väliset suorituserot matematiikassa ovat Suomessa olleet kansainvälisesti tarkasteltuna erittäin pienet (5–9 prosenttia suoritusten kokonaisvaihtelusta). TIMSS 2011 -tutkimuksen tulokset viittaisivat kuitenkin siihen, että koulujen väliset erot

olisivat kasvussa, sillä tuolloin koulujen välisen vaihtelun osuus matematiikan suoritusten kokonaisvaihtelusta oli Suomessa 13,7 prosenttia (vrt. Kupari ym., 2012b; Välijärvi & Malin, 2005).

Suomalaisoppilaiden hyvien kokonaistulosten sisältä löytyy myös sisältökohtaista vaihtelua ja paljon kohennettavaa. Parhaiten osattuja ovat yleensä olleet tilastoaineiston käsittelyyn sekä lukuihin ja laskutoimituksiin liittyvät tehtävät. Sen sijaan geometrian ja algebran sisältöjä on osattu heikoimmin. Kiinnostavaa tuloksissa on se, että geometrian ja algebran osaamisen heikkoudet nousivat esille jo TIMSS 1999- ja PISA 2003 -tutkimuksessa. Ongelmia ei kuitenkaan ole onnistuttu korjaamaan, vaan ne näyttävät jopa entisestään lisääntyneen.

Vaikka Suomen tulokset ovat olleet kansainvälisesti vertaillen hyvätasoisia, ne herättävät myös huolta. Seitsemäsluokkalaisten matematiikan osaamisen heikentyminen runsaan kouluvuoden verran sekä 15-vuotiaiden suorituspistemäärien heikkeneminen noin puolen vuoden edistymisen verran ovat todella hälyttäviä signaaleja.

Vuosina 1999–2015 tapahtunut heikentyminen suomalaisnuorten matematiikan osaamisessa on selkeä, ja siihen on suhtauduttava vakavasti. Erityisesti matematiikkaa heikosti osaavien nuorten osuuden kasvu ja huippuosaajien määrän vähentyminen ovat huolestuttavia kehityssuuntia. Tulokset viestivät myös siitä, että 2000-luvun alussa uudistetut opetussuunnitelman perusteet sekä tuntijakoratkaisun osoittama lisätunti matematiikan opiskeluun eivät ole onnistuneet tuottamaan toivottua myönteistä kehitystä.

Myös suomalaisoppilaiden matematiikka-asenteita koskevat tulokset ovat huolestuttavia ja jopa heikentyneet tarkastelujakson aikana. Kansainvälisesti verrattuna oppilaamme pitävät matematiikasta varsin vähän, luottavat matematiikan oppimiseensa keskitasoisesti ja heidän sitoutumisensa matematiikan opetukseen on erittäin heikkoa. TIMSS 2011 -tutkimuksessa Suomi kuului maihin, joissa oppilaat kaikkein vähiten pitivät matematiikasta, arvostivat sitä tai sitoutuivat sen opetukseen. Vuonna 2015 neljäsluokkalaisten matematiikasta pitäminen oli vähentynyt entisestään.Vielä vuonna 1990 lähes puolet peruskoulun neljäsluokkalaisista ja kolmannes yhdeksäsluokkalaisista piti matematiikasta hyvin paljon (Kupari, 1993). Kaikkien oppilaiden motivaation, itseluottamuksen sekä oppimista tukevien ja rikastuttavien strategioiden vahvistaminen tuleekin nostaa yhdeksi matematiikan opetuksen kehittämistehtäväksi lähivuosille.

Kahden viimeisimmän TIMSS -tutkimuksen perusteella neljäsluokkalaistemme matematiikan taitojen kokonaiskuva on vahva ja monipuolinen. Ensinnäkin osaaminen on hyvätasoista ja tasa-arvoista, minkä lisäksi eri sisältöalueiden osaaminen on hyvin samanlaista ja osaamiserot tyttöjen ja poikien välillä ovat pienet. Erityisen tärkeää on vielä se, että oppilaat

osaavat käyttää oppimaansa monella tavalla: osataan laskea, soveltaa ja päätellä. Kun yläasteen oppilaiden (7.–9. luokka) tuloksia verrataan neljäsluokkalaisten vastaaviin tuloksiin, havaitaan, että osaaminen alkaa selkeästi eriytyä ja asenteet matematiikan opiskelua kohtaan muuttuvat yhä kielteisemmiksi.

Miten myönteinen ja tasokas kokonaiskuva matematiikan osaamisessa pystyttäisiin säilyttämään koko perusopetuksen ajan ja myös pitemmälle? Tehtävä on erittäin haastava, ja keskeiseksi nousee kysymys, miten matematiikan opetuksessa kyetään vastaamaan oppilaiden tarpeisiin niin, että opiskelussa on enemmän vaihtelua, kiinnostavuutta ja innostusta. Suomalaislasten kansainvälisesti vähäinen matematiikasta pitäminen ja heikko opetukseen sitoutuminen viestivät selkeästi tarpeesta kehittää ja monipuolistaa matematiikan opetuksen lähestymistapoja ja pedagogisia ratkaisuja. Tutkimustulokset osoittavat nimittäin vakuuttavasti, että oppilaiden asennoituminen opiskeluun ja luottamus omaan oppimiseen on erittäin vahvasti yhteydessä heidän osaamiseensa matematiikassa (mm. Kupari & Nissinen, 2013). Ja mikä tärkeintä, kyseessä on itseään vahvistava tai heikentävä kehä: myönteisesti asennoituvat osaavat paremmin ja paremmin osaavat asennoituvat myös myönteisemmin. Oppilaiden vahvuuksia korostamalla ja antamalla myönteistä palautetta pienistäkin onnistumisista saadaan myönteinen kehitys useimmiten käyntiin. Yksi matematiikan opetuksen kehittämisen ydinkysymyksiä on, miten oppimisen ilo ja usko oppimismahdollisuuksiin matematiikassa saadaan vahvistumaan ja säilymään mahdollisimman pitkään.

Matematiikan oppimisympäristön ja pedagogisen ilmeen uudistaminen haastaa kunnat, koulut ja opettajat yhteiseen kehittämistyöhön, joka vaatii aikaa ja resursseja. TIMSS -tutkimusten tulosten mukaan suomalaiset luokanopettajat ja matematiikan opettajat ovat koulutustasoltaan maailman pätevimpien opettajien joukossa maisterin tutkinnon suorittaneiden opettajien osuudella mitattuna. Oppiaineisiinsa liittyvään täydennyskoulutukseen he kuitenkin osallistuvat kansainvälisesti verrattuna hyvin vähän. Pedagogisten käytänteiden uudistaminen edellyttääkin mittavaa opettajien täydennyskoulutusta, jossa paneudutaan muun muassa yhteisöllisten ja toiminnallisten työtapojen, tutkivan oppimisen lähestymistapojen ja teknologiatuetun pedagogiikan käyttöön opetuksessa. Ongelmalähtöinen oppiminen, tutkiminen ja opetuksen liittäminen arkielämään ovat osoittautuneet tehokkaiksi opetusmenetelmiksi matematiikassa niin oppilaiden taitojen kehityksen kuin asenteidenkin kannalta.

On olennaisen tärkeää nähdä, että TIMSS- ja PISA-tutkimukset täydentävät toisiaan ja antavat yhdessä mahdollisimman monipuolisen kuvan oppilaiden matematiikan osaamisesta. Hieman kärjistäen TIMSS-tutkimus antaa kuvaa oppilaiden matemaattisen tietämyksen ja perustavien taitojen hallinnasta yhteisen ”kansainvälisen opetussuunnitelman” kehyksessä. PISA-

tutkimus puolestaan kertoo enemmän siitä, missä määrin nuoret osaavat käyttää omaksumiaan tietoja ja taitoja sellaisissa todellisen arkielämän tilanteissa, joita pidetään tulevaisuuden osaamisvaatimusten kannalta tärkeinä. Yhdessä tutkimukset välittävät oppilaiden osaamisesta kokonaiskuvan, jossa ovat tasapainossa sekä matematiikan tiedolliset ja taidolliset elementit että opitun soveltaminen ja käyttö.

Kokonaisuutena suomalainen matematiikan perusopetus suoriutuu tehtävästään varsin hyvin. Mutta perusopetuksemme taso ei säily itsestään ja ilman työtä. Matematiikan opetuksen korkea yleistaso on vahvuus, jonka pohjalta on mahdollista samanaikaisesti huolehtia kaikkein heikoimmin menestyvistä ja motivoida huippuosaajia käyttämään täysimääräisesti oppimisedellytyksiään. Tällaiselle myönteiselle ja omiin vahvuuksiin rakentuvalle ajattelulle on helpompi rakentaa uutta ja yhä parempiin suorituksiin tähtäävää matematiikan opetusta.

Lähteet

Andrews, P. (2007). Negotiating meaning in cross-national studies of mathematics teaching: kissing frogs to find princes. Comparative Education 43(4), 489–509.

Bracey, G. W. (1997). On comparing the incomparable: A response to Baker and Stedman. Educational Researcher 26(3), 19–26.

Clarke, D. (2003). International comparative research in mathematics education. Teoksessa A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. K. S. Leung (toim.), Second International Handbook of Mathematics Education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 143–184.

Kupari, P. (1993). Laskutaidotko kadonneet? Peruskoululaiset matematiikan kokijoina ja taitajina. Teoksessa P. Linnakylä & H. Saari (toim.) Oppiiko oppilas peruskoulussa? Peruskoulun arviointi 90 -tutkimuksen tuloksia. Jyväskylän yliopisto: Kasvatustieteiden tutkimuslaitos, 81-104.

Kupari, P. & Reinikainen, P. (2004). Matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen vuosituhannen vaihteessa: TIMSS 1999 -tutkimus. Teoksessa K. Leimu (toim.), Kansainväliset IEA-tutkimukset Suomi-kuvaa luomassa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos, 305–334.

Kupari P., Reinikainen P., Nevanpää T. & Törnroos J. (2001). Miten matematiikkaa ja luonnontieteitä osataan suomalaisessa peruskoulussa? Kolmas kansainvälinen matematiikka- ja luonnontiedetutkimus. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Kupari, P., Reinikainen, P. & Törnroos, J. (2007). Finnish students' mathematics and science results in recent international assessment studies: PISA and TIMSS. Teoksessa E. Pehkonen, M. Ahtee & J. Lavonen (toim.), How Finns learn mathematics and science. Rotterdam: Sense Publishers, 11–34.

Kupari, P. & Nissinen, K. (2013). Background factors behind mathematics achievement in Finnish education context: Explanatory models based on TIMSS 1999 and TIMSS 2011 data. Paper presented in the 5th IEA International Research Conference. June 26–28. Singapore. Retrieved from www.iea.nl/irc-2013.html.

Kupari, P., Sulkunen, S., Vettenranta, J. & Nissinen, K. (2012a). Enemmän iloa oppimiseen. Neljännen luokan lukutaito sekä matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainväliset PIRLS- ja TIMSS-tutkimukset Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Kupari, P., Vettenranta, J. & Nissinen, K. (2012b). Oppijalähtöistä pedagogiikkaa etsimään. Kahdeksannen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS-tutkimus Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Kupari, P. & Välijärvi, J. (toim.) (2005). Osaaminen kestävällä pohjalla. PISA 2003 Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Kupari, P., Välijärvi, J., Andersson, L., Arffman, I., Nissinen, K., Puhakka, E. & Vettenranta, J. (2013). PISA 2012 ensituloksia. Helsinki. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2013:20.

Leimu, K. (toim.) (2004). Kansainväliset IEA-tutkimukset Suomi-kuvaa luomassa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Linnakylä, P. & Välijärvi, J. (2005). Kansainvälinen arviointityö hyödyttämään kansallista arviointia. Teoksessa H. K. Lyytinen & A. Räisänen (toim.), Kehittämissuuntaa arvioinnista. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen arviointineuvoston julkaisuja 6, 13–25.

McGaw, B. (2008). The role of the OECD in international comparative studies of achievement. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 15(3), 223–243.

Mullis, I. V. S, Martin, M. O., Gonzales, E. J., Gregory, K. D., Garden, R. A., O'Connor, K. M., Chostowski, S. J. & Smith, T. A. (2000). TIMSS 1999 international mathematics report. Findings from IEA's repeat of the third international mathematics and science study at the eighth grade. Chestnut Hill, MA: Boston College.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y. & Preuschoff, C. (2009). TIMSS 2011 Assessment Frameworks. Chestnut Hill, MA: Boston College.

Mullis, I.V.S. & Martin, M.O. (toim.) (2013). TIMSS 2015 Assessment Frameworks. Chestnut Hill, MA: Boston College.

OECD. (2000). Measuring student knowledge and skills. The PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy. Paris: OECD.

OECD. (2003). The PISA 2003 Assessment framework. Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills. Paris: OECD

OECD. (2010). PISA 2009 results: Learning trends. Changes in student performance since 2000. Paris: OECD.

OECD. (2013). PISA 2012 Assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. Paris: OECD.

Opetushallitus. (2016). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus.

Plomp, T. (2001). The potential and challenges of international comparative studies of educational achievement. Teoksessa K. Leimu, P. Linnakylä & J. Välijärvi (toim.), Merging national and international interests in educational system evaluation. Jyväskylä: University of Jyväskylä. Institute for Educational Research, 23–39.

Robitaille, D. F. & Garden, R. A. (toim.) (1996). TIMSS monograph No. 2: Research questions & study design. Vancouver, Canada: Pacific Educational Press.

Robitaille, D. F., Schmidt, W. H., Raizen, S. A., McKnight, C. C., Britton, E. & Nicol, C. (1993). TIMSS monograph No.1: Curriculum frameworks for mathematics and science. Vancouver, Canada: Pacific Educational Press.

Stedman, L. C. (1997). International achievement differences: An assessment of a new perspective. Educational Researcher 26(3), 4–15.

Törnroos, J. & Kupari, P. (2005). Suomalaisnuorten matematiikan osaaminen. Teoksessa P. Kupari & J. Välijärvi (toim.), Osaaminen kestävällä pohjalla. PISA 2003 Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos, 7–36.

Vettenranta, J., Hiltunen, J., Nissinen, K., Puhakka, E. & Rautopuro, J. (2016). Lapsuudesta eväät oppimiseen. Neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS-tutkimus Suomessa. Jyväskylä: Koulutuksen tutkimuslaitos.

Välijärvi, J. & Linnakylä, P. (toim.) (2002). Tulevaisuuden osaajat. PISA 2000 Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos.

Välijärvi, J. & Malin, A. (2005). Koulutuspalvelujen laatu jakautuu Suomessa tasaisesti. Teoksessa P. Kupari & J. Välijärvi (toim.), Osaaminen kestävällä pohjalla. PISA 2003 Suomessa. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos, 141–150.

Wagemaker, H. (2008). Choises and trade-offs: reply to McGaw. Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 15(3), 267–278.

Tiivistelmä

Luvussa tarkastellaan suomalaisten peruskoululaisten matematiikan taitoja 2000-luvun alkupuolella toteutettujen kansainvälisten TIMSS- ja PISA-tutkimusten pohjalta. Eri tutkimusten tuloksia esitellään sekä kansainväliseen että OECD-maiden tasoon suhteuttaen ja myös sisällöllisesti kuvaten. Erityisen kiinnostuksen kohteena on matematiikan osaamisessa tapahtunut kehitys 15 viime vuoden aikana. Miten suomalaiset peruskoululaiset osaavat matematiikkaa vuosituhannen alkumetreillä, ja pärjäämmekö kansainvälisessä vertailussa? Onko osaamisen hyvä taso säilynyt? Vaihteleeko matematiikan suoritustaso eri puolilla Suomea, ja onko tyttöjen ja poikien suorituksissa eroja? Kansainvälisesti verraten suomalaiset peruskoululaiset osaavat matematiikkaa edelleen varsin hyvin. Huolestuttavinta tuloksissa on suomalaisnuorten matematiikan osaamisessa tapahtunut selkeä heikentyminen sekä heikot matematiikka-asenteet. Matematiikan opetuksen kehittämisen ydinkysymys on, miten oppimisen ilo ja usko oppimismahdollisuuksiin matematiikassa saadaan vahvistumaan ja säilymään mahdollisimman pitkään.