



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

**Author(s):** Lehtola, Piia; Hiltunen, Jenna; Pulkkinen, Jonna

**Title:** Tehtävien ominaisuuksien ja lukutaidon yhteys matematiikan tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksiin

**Year:** 2021

**Version:** Published version

**Copyright:** © Kirjoittajat ja Suomen kasvatustieteellinen seura ry 2021

**Rights:** In Copyright

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

**Please cite the original version:**

Lehtola, P., Hiltunen, J., & Pulkkinen, J. (2021). Tehtävien ominaisuuksien ja lukutaidon yhteys matematiikan tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksiin. In K. Leino, J. Rautopuro, & P. Kulju (Eds.), *Lukutaito – tie tulevaisuuteen : PISA 2018 Suomen pääraportti* (pp. 135-165). Suomen kasvatustieteellinen seura. *Kasvatusalan tutkimuksia*, 82. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7411-16-2>

## 5. Tehtävien ominaisuuksien ja lukutaidon yhteys matematiikan tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksiin PISA- tutkimuksessa

### Johdanto

Vuodesta 2015 vuoteen 2018 matematiikan osaamisen tason lasku PISA-tutkimuksessa on loiventunut Suomessa. Matematiikan tulosten heikentyminen on kuitenkin jatkuva trendi. Suomessa matematiikan pistemäärä PISA-tutkimuksessa oli suurimmillaan vuonna 2006. Tämän jälkeen se on laskenut vuosittain siten, että vuosien 2018 ja 2012 sekä sitä edeltävien vuosien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä (Leino ym. 2019). Samanlainen pitkällä aikavälillä tapahtunut mutta loiventuva matematiikan osaamistason lasku on nähtävissä myös matematiikan kansallisissa arvioinneissa yhdeksäsluokkalaisilla (Julin & Rautopuro 2016; Rautopuro 2013) sekä kansainvälisessä TIMSS-tutkimuksessa (Trends in International

Mathematics and Science Study) neljäsluokkalaisilla (Vettenranta ym. 2020a; Vettenranta, Hiltunen, Nissinen, Puhakka & Rautopuro 2016). PISA-tutkimuksessa osaamistason lasku matematiikassa tulee esille myös tarkasteltaessa osaamisen muutoksia suoritustasoitain. Suomessa vuosien 2012 ja 2018 välillä heikkojen osaajien osuus on kasvanut ja erinomaisten osaajien osuus vähentynyt tilastollisesti merkitsevästi. Osaamistason lasku PISA-tutkimuksessa ei ole nähtävissä vain matematiikassa vaan myös muilla arviointialueilla eli lukutaidossa ja luonnontieteissä. (Leino ym. 2019.)

PISA-tutkimuksessa matematiikan osaaminen (*mathematical literacy*) määritellään laaja-alaisesti. Sillä tarkoitetaan yksilön kykyä muotoilla, käyttää ja tulkita matematiikkaa erilaisissa tilanteissa (ks. Leino ym. 2019; OECD 2019a). Tehtävät ovat tosielämän konteksteihin sijoittuvia sanallisia tehtäviä, minkä vuoksi lukutaidon ja matematiikan osaamisen yhteys on kiistaton. Matematiikan osaamisen tason laskun syitä on tarkasteltu aikaisemmin hyvin yleisellä tasolla, kuten sukupuolten välisinä eroina tai oppilaiden jakautumisena eri suoritustasoille. Laajat kansainväliset vertailututkimukset antavat arvokasta tietoa myös oppilaiden ajattelusta ja tiedoista, mutta pääseminen käsiksi näihin tietoihin vaatii käytettyjen tehtävien perusteellista analyysiä.

Tarkastelemme tässä tutkimuksessa PISA-aineistoilla matematiikan osaamisen muutoksia tehtävätasolla vuosien 2009 ja 2018 välillä. Näinä vuosina PISA-tutkimuksen pääarviointialueena oli lukutaito ja matematiikka oli arvioinnin sivualueena. Analysoimme matematiikan ratkaisuprosenttien muutoksia niissä tehtävissä, jotka ovat olleet samoja näillä kahdella tutkimuskierroksella. PISA-tutkimuksessa matematiikan tehtävien ominaisuuksia kuvataan matemaattisen sisällön, kognitiivisen prosessin, tehtäväkontekstin ja vastausmuodon mukaan. Tutkimme, millaisissa tehtävissä ratkaisuprosentit ovat muuttuneet eniten sekä millaisia eroja tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksissa on tyttöjen ja poikien välillä. Lisäksi tutkimme tehtävien lukemisen kuormittavuuden eli luku kuorman, jossa huomioidaan tehtävän sanamäärän lisäksi kuvat, kuviot ja symbolit, ja oppilaiden lukutaidon tason yhteyttä tehtävien ratkaisuprosentteihin. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Miten matematiikan tehtävien ratkaisuprosentit ovat muuttuneet vuosien 2009 ja 2018 välillä?
2. Miten tehtävien ominaisuudet (sisältö, prosessi, konteksti, vastausmuoto ja lukukuorma) ovat yhteydessä näihin muutoksiin?
3. Millaisia muutoksia on lukutaidoltaan erilaisten oppilaiden ratkaisuprosenteissa?
4. Millaisia eroja ratkaisuprosenteissa ja niiden muutoksissa on tyttöjen ja poikien välillä?

## Lukutaidon ja tehtävien ominaisuuksien yhteys matematiikan osaamiseen

Tarkastelemme tässä artikkelissa lukutaidon ja PISA-tutkimuksessa tehtäville määriteltyjen ominaisuuksien yhteyttä siihen, miten hyvin oppilaat osaavat ratkaista matematiikan tehtäviä. PISA-tutkimuksessa tehtävät on jaoteltu matemaattisen sisällön, kognitiivisen prosessin, tehtäväkontekstin ja vastausmuodon mukaan. Tämän lisäksi tehtäviä tarkastellaan niiden lukukuorman mukaan. Olemme tässä tutkimuksessa määrittäneet PISA-tutkimuksen matematiikan tehtäville lukukuorman. Määrittäessämme olemme huomioineet tehtävien koko sanamäärän ja erikseen matemaattisten ja tieteellisten erikoissanojen määrän sekä kuvat ja symbolit.

Suomalaisissa tutkimuksissa luetun ymmärtämisellä ja matematiikan sanallisten tehtävien ratkaisutaidoilla on todettu olevan yhteys toisiinsa (Korhonen, Linnanmäki & Aunio 2012; Vilenius-Tuohimaa, Aunola & Nurmi 2008). Björnin, Aunolan ja Nurmen (2016) pitkittäistutkimuksessa havaittiin, että neljänteen luokkaan mennessä saavutettu hyvä luetun ymmärtäminen oli yhteydessä matematiikan sanallisten tehtävien ratkaisutaitoihin vielä yläluokilla. Myös teknisen lukutaidon eli joustavan sanojen tunnistus- ja dekodeustaidon on havaittu olevan yhteydessä sekä matematiikan että luetun ymmärtämisen suoritukseen (Vilenius-Tuohimaa ym. 2008).

PISA-tutkimuksessa lukutaito on vahvasti yhteydessä matematiikan osaamiseen (Salminen, Pulkkinen, Koponen & Hiltunen

2018), ja esimerkiksi matematiikan tehtävien sanamäärä voi olla yhteydessä niiden ratkaisemiseen. OECD (2010) totesi omassa tutkimuksessaan PISA-aineistosta matematiikan ollessa pääalueena vuonna 2003, että englanninkielisistä tehtävistä sanamäärältään pitkät tehtävät olivat keskimäärin vaikeampia kuin keskipitkät tai lyhyet tehtävät, joiden välillä ei ollut eroa tehtävän vaikeudessa. Stacey (2015) on tuonut artikkelissaan esille, että PISA-tutkimusten alkuaikoina tehtävien suurta tekstimäärää kritisoitiin, joten luetun yksinkertaistamiseen on kiinnitetty huomiota myöhemmillä PISA-kierroksilla. Hänen mukaansa joissain tapauksissa luettavan määrän vähentäminen kuitenkin heikentää tehtävän autenttisuutta. Esimerkiksi tietojen antaminen tarpeen mukaan kysymys kysymykseltä on jossain määrin keinotekoista verrattuna siihen, että kaikki tieto annettaisiin tehtäväkokonaisuuden pohjustavassa viri-keosassa. PISA-tehtäviä laadittaessa otetaan huomioon eri tekijöitä, kuten tekstimäärä ja tehtävän autenttisuus, ja niiden merkitys arvioinnissa. (Stacey 2015.)

Tehtävien sanamäärän yhteys niiden ratkaisemiseen ei ole kuitenkaan yksiselitteinen. Roe ja Taube (2006) tutkivat PISA-tutkimuksen yksittäisiä matematiikan tehtäviä ja niiden korrelaatiota lukutaidon kanssa. Heidän tutkimuksensa mukaan lukutaitoon enemmän korreloivien tehtävien sanamäärät eivät olleet vähemmän korreloivien tehtävien sanamääriä korkeampia. Lukutaitoon enemmän korreloivien tehtävien tekstit vaativat kuitenkin enemmän ymmärrystä ja tulkintaa. Niissä oli paljon *muutos ja yhteydet* -sisältöalueelle kuuluvia eli algebra-sisältöisiä tehtäviä (ks. Tutkimuksen toteutus) sekä avoimen vastauksen tehtäviä, ja ne olivat keskimäärin vaikeampia kuin vähemmän korreloivat tehtävät. Tutkijat arvioivat tehtävänalyysin pohjalta, että lukemisen ymmärtämisen kannalta tehtävien ratkaisemiseen vaikuttavat oppilaiden kyvyt tulkita symboleja, kuvaajia ja kaavioita, tuottaa ja ilmaista vastauksia sekä mahdollinen taustatiedon puuttuminen. Tehtävien implisiittinen tai harhaanjohtava informaatio sekä harvoin esiintyvät sanat tai ilmaisut hankaloittavat tehtävien ymmärtämistä. (Roe & Taube 2006.) Vastaavanlaisia tuloksia on saatu myös muilla aineistoilla. Pongsakdi ym. (2020) tutkivat matematiikan sanallisia

ongelmanratkaisutehtäviä ja havaitsivat, että tehtävien sanamäärä ei vaikuttanut tehtävien vaikeustasoon, mutta vaikeimmat tehtävät sisälsivät implisiittistä tietoa. Heidän mukaansa tekstin ymmärryksellä ja laskutaidolla oli yhtä vahva yhteys sanallisten tehtävien ratkaisemiseen niin helpoissa kuin vaikeissakin tehtävissä (Pongsakdi ym. 2020).

Mullis, Martin ja Foy (2013) selvittivät vuoden 2011 TIMSS-aineiston ja PIRLS-aineiston (Progress in International Reading Literacy Study) avulla tehtävien lukukuorman vaikutusta eritasoisten lukijoiden matematiikan tuloksiin. Lukukuorma määritettiin tehtävän tekstin määrän lisäksi huomioimalla symbolien ja teknisen sanaston määrä sekä kuvien kuormittavuus. Keskiarvoisesti kaikkien osallistujamaiden parhaiden lukijoiden ratkaisuprosentit eivät eronneet toisistaan eri lukukuorman tehtävissä. Heikoimmat lukijat taas menestyivät paremmin matalan kuin korkean lukukuorman tehtävissä. Lisäksi keskimäärin osallistujamaissa eritasoisten lukijoiden ratkaisuprosenttien ero korkean lukukuorman tehtävissä oli tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin ero matalan lukukuorman tehtävissä. Korkeasta lukukuormasta oli siis haittaa heikoille lukijoille. Suomessa, jossa lukutaito on muita maita parempaa suhteessa matematiikan osaamiseen, kaiken tasoiset lukijat hyötyivät tehtävien korkeasta lukukuormasta verrattaessa muiden maiden suoriutumiseen. Parhaat lukijat suoriutuivat kuitenkin heikkoja lukijoita paremmin sekä matalan että korkean lukukuorman tehtävissä. (Mullis ym. 2013.) Myös Ajello, Caponera ja Palmerio (2018) tutkivat matematiikan tehtävien lukukuorman yhteyttä matematiikan osaamiseen Italian PISA 2012 -aineiston avulla ja havaitsivat, että paremmat lukijat saivat parempia matematiikan tuloksia.

Matematiikan tehtävän ratkaisun onnistumiseen on lukutaidon ja tehtävän lukukuorman lisäksi yhteydessä moni muukin asia. PISA-tutkimuksessa tehtävän vaikeustasoon ovat yhteydessä erityisesti tehtävän vastausmuoto ja sen ratkaisemiseen vaadittava prosessi (Echazarra, Salinas, Méndez, Denis & Rech 2016). Olsenin, Turmon ja Lien (2001) tutkimuksen mukaan vastausmuodon vaikutus ei ole kuitenkaan systemaattinen. Heidän mukaansa tehtävien ominaisuuksien, kuten vastausmuodon tai sanamuotojen, ja

oppilaiden vastausten välisen vuorovaikutuksen havaittiin olevan hyvin monitahoinen. He ovat osoittaneet, että jo pienillä muutoksilla TIMSS- ja PISA-tehtävien sanoituksissa tai vastausmuodossa on suuria vaikutuksia oppilaiden vastauksiin.

Myös tehtäväkontekstin on oltava oppilaille tuttu ainakin siihen määrin, että lyhyehkössä tekstissä voidaan antaa riittävästi tietoa, jotta oppilas voi kokea ymmärtäneensä kysymyksen (Stacey 2015). Chipman, Marshall ja Scott (1991) havaitsivat, että tehtäväkontekstin tuttuudella on pieni, mutta tilastollisesti erittäin merkitsevä positiivinen vaikutus sanallisten tehtävien suorituksissa; vieraaseen kontekstiin liittyviin tehtäviin jätettiin enemmän vastaa-matta. PISA-tutkimuksessa ei tosin ole tärkeää, menestyvätkö oppilaat paremmin vai huonommin kontekstiin sidotuissa tehtävissä. Oleellista on, että tehtävän konteksti ei saa vaikuttaa suoritukseen eri tavalla missään vastaajaryhmässä (Stacey 2015). Kaiken kaikkiaan tehtävien ominaisuuksien yhteys matematiikan osaamiseen aikaisempien tutkimuksien perusteella vaikuttaisi olevan hyvin monitahoinen, ja moni havaittu yhteys liittyy välillisesti myös oppilaiden lukutaitoon.

## Tyttöjen ja poikien väliset osaamiserot

Maailmanlaajuisesti pojat ovat pärjänneet kansainvälisissä arviointitutkimuksissa, kuten PISA- ja TIMSS-tutkimuksissa, matematiikassa tyttöjä paremmin, ja ero näkyy erityisesti matematiikkaa parhaiten osaavien joukossa (Baye & Monseur 2016; Meinck & Brese 2019; Stoet & Geary 2013). Suomessa vuoteen 2012 asti pojat menestyivät tyttöjä paremmin PISA-tutkimuksen matematiikassa. Vuonna 2012 ero pistemäärissä ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ja sen jälkeen tyttöjen pistemäärä on ollut tilastollisesti merkitsevästi poikien pistemäärää hieman suurempi (Leino ym. 2019). Samansuuntaisia tuloksia on havaittu myös jo neljäsluokkalaisilla TIMSS 2015 -tutkimuksessa, jossa tyttöjen matematiikan osaaminen oli säilynyt ennallaan vuodesta 2011 mutta poikien osaaminen oli laskenut merkitsevästi ja oli myös merkitsevästi tyttöjen osaa-

mista heikompaa (Vettenranta ym. 2016). TIMSS 2019 -tutkimuksessa neljäsluokkalaisten tyttöjen ja poikien väliset osaamiserot tasoittuivat, kun vuorostaan tyttöjen matematiikan tulokset laskivat ja poikien tulostaso säilyi ennallaan (Vettenranta ym. 2020a). Sen sijaan suomalaisilla kahdeksaluokkalaisilla ei ole TIMSS-tutkimuksessa havaittu sukupuolten välisiä eroja matematiikan osaamisessa (Vettenranta ym. 2020b).

Poikien matematiikan tulosten on todettu vaihtelevan tyttöjen tuloksia enemmän niin Suomessa (esim. Leino ym. 2019; Vettenranta ym. 2020a, 2020b) kuin muuallakin maailmassa (Baye & Monseur 2016; Gray ym. 2019; OECD 2019c). PISA-tutkimuksessa matematiikan osaaminen jaetaan kuudelle suoritustasolle, joista suoritustaso 1 kuvaa heikkoa osaamista ja suoritustaso 6 huippuosaamista. Tason 2 ajatellaan edustavan tasoa, johon sisältyviä tietoja ja taitoja oppilas vähintään tarvitsee pärjätäkseen jatkoopinnoissa ja arkielämässä (OECD 2019b). Vuodesta 2012 vuoteen 2018 Suomessa heikosti matematiikkaa osaavien eli tason 2 alapuolelle sijoittuvien poikien ja tyttöjen osuus on kasvanut. Toisaalta hyvien eli vähintään tasolle 5 sijoittuvien osaajien osuus on pienentynyt. Poikien osuus matematiikkaa heikosti osaavien joukossa on tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin tyttöjen, mutta hyvässä matematiikan osaajissa ei ole havaittavissa sukupuolten välistä eroa. (Leino ym. 2019.)

PISA-tutkimuksessa tyttöjen ja poikien välinen osaamisero matematiikassa ei ole yhtä suuri kuin lukutaidossa. Tyttöjen lukutaidon on havaittu olevan poikien lukutaitoa parempaa maailmanlaajuisesti, mutta ero tyttöjen hyväksi on erityisen suuri Suomessa (Leino ym. 2019). Leinon ym. (2019) mukaan sekä suomalaistyttöjen että -poikien lukutaidon taso on laskenut matematiikan osaamisen ohella vuodesta 2009. Kun matematiikan osaamisen ja lukutaidon yhteyttä on tarkasteltu PISA-aineiston avulla sukupuolittain, on havaittu, että maissa, joissa sukupuolten välinen ero lukutaidon keskiarvossa on suurin tyttöjen hyväksi, on sukupuolten välinen ero matematiikan osaamisessa myös tyttöjen hyväksi (OECD 2019c; Stoet & Geary 2013). Italialaisessa tutkimuksessa on myös havaittu, että tehtävien lukukuorman yhteys matematiikan tulok-



siin on erilainen tytöillä ja pojilla: tytöt suoriutuivat paremmin korkean lukukuorman tehtävissä ja pojat matalan lukukuorman tehtävissä huolimatta heidän lukutaidon tasostaan (Ajello ym. 2018).

PISA-tehtävien kannalta kriittisiä ovat osallistuvien maiden ja kulttuurien eroavaisuudet siinä, mikä on tuttua missäkin maassa sekä siinä, toimivatko tehtävät samalla tavalla eri alaryhmille, esimerkiksi tytöille ja pojille (Stacey 2015). Muista kuin PISA-aineistoista tehdyissä tutkimuksissa tulokset siitä, miten tehtävät toimivat eri alaryhmille, eivät ole täysin yhdenmukaisia. Esimerkiksi Boaler (1994) on havainnut tutkimuksessaan, että poikiin verrattuna tytöt huomioivat matematiikan tehtävissä enemmän epäolennaisia tietoja, minkä vuoksi tytöt suoriutuivat heikommin. Low'n ja Overin (1993) tutkimuksessa taas tytöt tunnistivat poikia harvemmin tehtävän ratkaisemisen kannalta irrelevantit tiedot ja sisällyttivät useammin irrelevanttia tietoa vastauksiinsa. Sen sijaan Hickenдорffin (2013) tutkimuksessa ei havaittu eroja sukupuolten tai eri kieliryhmien välillä erilaisiin konteksteihin sidotuissa matematiikan tehtävissä. Myöskään tehtävien vaikeudessa ei löydetty eroja pelkkiä numeroita sisältävien tehtävien ja kontekstiin sidottujen tehtävien välillä (Hickendorff 2013).

Myös suomalaisissa tutkimuksissa on havaittu eroavaisuuksia matematiikan osaamisen ja lukutaidon yhteydessä tyttöjen ja poikien välillä. Kyttälä ja Björn (2014) tarkastelivat suomalaisten kahdeksaslukulaisten osaamista ja havaitsivat, että luetun ymmärtäminen oli yhteydessä matematiikan osaamiseen vain pojilla, mutta tekninen lukutaito ja matematiikan osaaminen olivat yhteydessä toisiinsa sekä tytöillä että pojilla. Salminen ym. (2018) taas tutkivat vuoden 2015 Suomen PISA-aineiston avulla tyttöjen ja poikien välisiä osaamiseroja matematiikassa. Heidän tutkimuksensa mukaan matematiikan osaaminen ja lukutaito korreloivat vahvasti, mutta tyttöjen parempi lukutaito selitti kuitenkin vain osittain tyttöjen ja poikien välisiä osaamiseroja matematiikassa. Tutkimuksessa ei myöskään löydetty systemaattisia eroja sukupuolten välillä PISA-tehtävien eri sisältöalueilla. Sen sijaan poikien osaaminen näytti olevan hieman parempaa tehtävissä, joissa oli vähän tekstiä ja vastausmuotona monivalinta (Salminen ym. 2018).

# Tutkimuksen toteutus

## Aineisto ja ratkaisuprosenttien määrittäminen

Tässä tutkimuksessa on käytetty PISA-aineistoja vuosilta 2009 ja 2018, jolloin tutkimuksen pääarviointialueena oli lukutaito ja matematiikka oli arvioinnin sivualueena. PISA-tutkimuksessa kaikki oppilaat tekevät pääarviointialueen tehtäviä, mutta vain osa tekee sivualueen tehtäviä. Vuonna 2009 matematiikan tehtäviä teki noin 69 prosenttia ja vuonna 2018 noin 54 prosenttia perusotoksen oppilaista. Kaiken kaikkiaan matematiikan tehtäviä oli 35 vuonna 2009 ja 82 vuonna 2018. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu matematiikan ratkaisuprosentteja niissä tehtävissä, jotka ovat olleet samoja vuosina 2009 ja 2018. Yhteensä näitä tehtäviä oli 33. Taulukossa 1 on esitetty näihin tehtäviin vastanneiden oppilaiden lukumäärät vuosina 2009 ja 2018. Koska vuoden 2018 arvioinnissa oli enemmän matematiikan tehtäviä kuin vuonna 2009, oli silloin myös yksittäiseen tehtävään vastanneiden oppilaiden määrä pienempi kuin vuoden 2009 tutkimuksessa.

Ratkaisuprosentteja laskettaessa täysiin pisteisiin oikeutettu vastaus (*full credit*) on saanut arvon 1 ja osittaisiin pisteisiin oikeutettu vastaus (*partial credit*) arvon 0,5. Mikäli oppilaan vastaus ei ole oikeutettu saamaan pisteitä tai oppilas on jättänyt vastaamatta tehtävään, vastaus on saanut arvon 0. Jos oppilas ei ole voinut vastata esimerkiksi teknisen ongelman vuoksi tai ei ole ehtinyt tehdä koetta loppuun, on vastaukset luokiteltu puuttuvaksi tiedoksi. Tarkastelimme muutoksia tehtävien ratkaisuprosenteissa sekä kaikilla oppilailta että erikseen tytöillä ja pojilla. Lisäksi tarkastelimme ratkaisuprosentteja PISA-tutkimuksessa määritellyn lukutaidon mukaan siten, että oppilaat jaettiin kolmeen ryhmään: erinomaiset lukijat (suoritusastot 5 ja 6), keskitasoiset lukijat (suoritusastot 3 ja 4) sekä heikot lukijat (enintään suoritusasto 2). Analyyseissa on käytetty PISA-aineiston oppilaspainoa. Ratkaisuprosenttien keskiarvot on laskettu PISA-konsortion suosittelemalla, otanta-asetelman huomioon ottavalla BRR-menetelmällä (*Balanced Repeated Replication*; ks. Nissinen, Rautopuro & Puhakka 2018). Erojen

tilastollisen merkittävyyden tarkastelu perustuu tunnuslukujen 95 prosentin luottamusväliin.

## Matematiikan tehtävien ominaisuudet

PISA-arvioinnin tarkoituksena on ensisijaisesti mitata nuorten kykyä ymmärtää ja käyttää matematiikkaa erilaisissa konteksteissa (OECD 2019a). Tarkoituksena ei ole mitata vain perinteisiä opetussuunnitelmissa määrättyjä matematiikan osa-alueita. PISA-tutkimuksen matematiikan tehtävissä oppilaat ratkaisevat tosielämään sijoittuvia ongelmia koulussa ja muualla opittujen taitojen ja kykyjen avulla. Kun oppilaat ratkaisevat ongelmia, he joutuvat matematisoimaan eli siirtymään tosielämän kontekstin ja ongelman ratkaisuun vaadittavan matemaattisen maailman välillä (OECD 2010).

PISA-tutkimuksen viitekehyksessä (OECD 2019a) matematiikan tehtävät on jaoteltu sisältöalueen, prosessin, kontekstin ja vastausmuodon mukaan. Tässä tutkimuksessa olemme tarkastelleet ratkaisuprosentteja näiden kaikkien jaottelujen mukaisesti. Matematiikan tehtävät jakautuvat neljälle sisältöalueelle, jotka ovat *määrällinen ajattelu, epävarmuus ja data, muutos ja yhteydet sekä tila ja muoto*. *Määrällisen ajattelun* tehtävät sisältävät pitkälti luvuilla työskentelyä ja peruslaskutoimitusten soveltamista erilaisissa tilanteissa. *Epävarmuus ja data* -tehtäviin lukeutuvat tilastollisia aineistoja sisältävät tehtävät sekä yksinkertaista todennäköisyyslaskentaa vaativat tehtävät. *Muutos ja yhteydet* -sisältöalueen tehtävät ovat algebrallisia ja käsittelevät erilaisia yhteyksiä ja riippuvuuksia sekä niiden muutoksia. *Tila ja muoto* -sisältöalueen tehtävät käsittelevät mittaamista sekä geometrisiä kuvioita ja muotoja ja niiden ominaisuuksia.

PISAn matematiikan osaamisen määritelmässä painotetaan myös yksilön kykyä muotoilla tilanteet matemaattisesti, käyttää matemaattisia käsitteitä, tietoja, menettelytapoja ja päättelyä sekä tulkita, soveltaa ja arvioida matemaattisia tuloksia. Näistä koostuvat siten tehtävissä määritellyt kolme prosessialuetta: *muotoileminen, tietojen käyttäminen ja tulkitseminen*. Sisältö- ja prosessi-alueen lisäksi jokainen PISA-tehtävä on sijoitettu myös johonkin

tosielämän tilanteeseen eli kontekstiin. Tehtävien kontekstialueita ovat *henkilökohtainen, opiskelu ja työelämä, yhteisöllinen sekä tiede ja teknologia*. (OECD 2019a.) Tehtävät on laadittu myös siten, että niiden kontekstit tai sisällöt eivät suosi tiettyjä maita tai kulttuureja enemmän kuin toisia (Tout & Spithill 2015).

PISA-tehtävissä vaihtelevat erilaiset vastausmuodot. Yksinkertaisissa monivalintatehtävissä oppilas valitsee annetuista vaihtoehdoista yhden parhaaksi katsomansa vastauksen. Monitahoisissa monivalintatehtävissä oppilaan on tehtävä useampia valintoja, kuten vastattava useampaan oikein–väärin–väittämään. Monivalintatehtävien lisäksi koe sisältää niin kutsuttuja avoimia tehtäviä, joihin oppilaan tulee laatia vastaus itse.

PISA-tehtäville on myös määritelty vaikeustasot 1–6 siten, että tason 1 tehtävät ovat helpoimpia ja tason 6 tehtävät vaikeimpia (OECD 2019b, 43). Jokaiselle vaikeustasolle on pyritty saamaan mahdollisimman kattavasti erilaisia tehtäviä niin sisältö- ja prosessialueiden kuin kontekstien tai vastausmuodon suhteen. Huomioitavaa kokeen järjestämisessä on, että vuonna 2009 oppilaat vastasivat kokeeseen vielä paperilla, mutta vuonna 2018 koe toteutettiin tietokoneilla. Ensimmäisen kerran koe toteutettiin tietokoneilla vuonna 2015, jolloin tehtävät siirrettiin paperikokeesta mahdollisimman pienin muutoksin sähköiseen ympäristöön tehtävien vertailtavuuden säilyttämiseksi. Vuosien 2009 ja 2018 tehtävät perustuvat molemmissa tutkimuksissa samaan viitekehukseen.

Tutkimuskierrokselta toiselle käytetään osittain samoja tehtäviä, jotka mahdollistavat trendien seuraamisen. Tässä artikkelissa analysoituja tehtäviä voidaan käyttää edelleen tulevissa tutkimuksissa, joten emme voi julkaista tai kuvata tarkasti näiden tehtävien sisältöjä. PISA-tutkimuksesta vapautettuihin tehtäviin voi tutustua OECD:n PISA-verkkosivuilla sekä Jyväskylän yliopiston Koulutuksen tutkimuslaitoksen PISA-sivuilla (<https://ktl.jyu.fi/fi/pisa/esimerkkitehtavia>).

## Matematiikan tehtävien lukukuorman määrittäminen

Edellä kuvattujen viitekehyksessä määriteltyjen jaottelujen lisäksi olemme analysoineet tehtävien lukemisen kuormittavuutta ja luokitelleet tehtävät sen mukaan joko matalan, keskitason tai korkean lukukuorman tehtäviksi. Analyysi pohjautuu vahvasti IEA:n (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) tekemään tutkimukseen lukutaidon vaikutuksesta matematiikan ja luonnontieteiden suorituksiin kansainvälisessä TIMSS 2011 -tutkimuksessa (Mullis ym. 2013). Lukukuorman määrittämisessä tarkasteltavia ominaisuuksia olivat tehtävien sanamäärä, matemaattisten ja teknisten sanojen lukumäärä, erilaisten symbolien lukumäärä sekä kuvien ja niissä olevien elementtien lukumäärä (ks. tarkemmin Technical appendix A 2013). Kuvailimme tätä prosessia seuraavaksi.

PISA-tehtävät koostuvat vastausohjeista, tehtävän kontekstia kuvailevasta tai tehtävää taustoittavasta virikeosasta sekä itse tehtävänannosta tai kysymyksestä. Osa tehtävistä kuuluu tehtäväkokonaisuuteen, jossa kaikilla siihen kuuluvilla tehtävillä voi olla sama virikeosa. Tällaisessa tapauksessa jotkut tehtävät ovat mahdollisesti suoritettavissa ilman virikeosan lukemista uudelleen oppilaan strategian mukaan. Jokaisesta tehtävästä laskettiin niiden sisältämät kuvat, sanat, symbolit ja matematiikan sanastoon kuuluvat sanat kaikista tehtävään kuuluvista osioista. Näin tehtiin huolimatta siitä, kuuluiko tehtävä tehtäväkokonaisuuteen, jossa sama virikeosa oli esiintynyt jo aikaisemmin tai tarvitsiko oppilas virikeosan tietoja tehtävän ratkaisemiseen. Osien katsottiin lisäävän oppilaan kuormitusta, vaikkei niiden käyttö tai lukeminen uudelleen ollut välttämätöntä tehtävän ratkaisemiseksi. Oppilaan oli kuitenkin arvioitava, onko niiden sisältämä tieto hyödyllistä.

Sanat ja symbolit laskettiin kaikista teksteistä, kuvista, taulukoista ja kuvaajista. Sanamäärässä huomioitiin esimerkiksi pudotusvalikosta esiin tulevat vastausvaihtoehdot, auki kirjoitetut yksiköt, esimerkiksi metri, ja kirjaimilla kirjoitetut numerot, esimerkiksi yksi. Lisäksi erikseen huomioitiin matematiikan tai luonnontieteiden aihekohtaiseen sanastoon laskettavat sanat, kuten keskiarvo, suorakulmio ja jarrutusmatka. Sanastoon ei laskettu mu-

kaan sanoja, joilla on matemaattinen merkitys, mutta joita käytettiin lauseessa ilman kyseistä merkitystä. Esimerkiksi sanaa *todennäköisesti* saatettiin käyttää tilanteissa, joissa ei tarvinnut käsitellä todennäköisyyksiä. Symboleiksi laskettiin kaikki yksittäiset kirjaimet, numerot, operaattorit, muuttujat ja yksiköiden lyhenteet, kuten A, 1, +,  $x$  tai cm. Tehtävien sisältämät kuvat jaettiin viiteen kategoriaan: kuvituskuviin, geometrisiin muotoihin, malleihin, taulukoihin ja kuvaajiin. Jokaisesta kuvasta laskettiin sen elementtien lukumäärä kategorian mukaan: esimerkiksi  $3 \times 5$  -taulukon elementtien lukumäärä on sen solujen lukumäärä eli 15.

Kaksi tutkijaa laski kaikki tehtävistä huomioidut ominaisuudet ja keskusteli poikkeavissa tilanteissa tuloksesta. Lukukuormaan huomioitujen ominaisuuksien summa vaihteli tarkastelluissa tehtävissä 29:stä 541:een. Lopulta tehtävät jaettiin lukukuorman suhteen kolmeen kategoriaan siten, että noin kolmasosa sijoittui matalan (29–72 ominaisuutta), kolmasosa keskitason (77–123) ja kolmasosa korkean (139–541) lukukuorman tehtäviin.

Seuraavassa luvussa kuvaamme ensin matematiikan tehtävien ratkaisuprosentteja vuosina 2009 ja 2018. Tämän jälkeen tarkastelemme ratkaisuprosenttien muutoksia tehtävien ominaisuuksien mukaan sekä kuvaamme ratkaisuprosentteja lukutaidon tason mukaan. Lopuksi tarkastelemme vielä ratkaisuprosentteja ja niiden muutoksia sukupuolen mukaan.

## Tulokset

### Matematiikan tehtävien ratkaisuprosentit vuosina 2009 ja 2018

Vuosien 2009 ja 2018 PISA-tutkimuskierrosten 33 yhteisestä matematiikan trenditehtävästä yhtä lukuun ottamatta tehtävien ratkaisuprosentit olivat laskeneet (taulukko 1). Tilastollisesti merkitsevästi ratkaisuprosentti oli laskenut 27 tehtävässä. Lopuista kuudesta tehtävästä viidessä ratkaisuprosentti oli laskenut ja yhdessä kasvanut, mutta nämä muutokset eivät olleet tilastollisesti merkit-

seviä. Suomalaisnuorille kaikkein helpoimmat ja kaikkein vaikeimmat tehtävät olivat pysyneet samoina, sillä sekä neljä eniten ratkaistua että neljä vähiten ratkaistua tehtävää olivat samoja vuosien 2018 ja 2009 kierroksilla.

**Taulukko 1.** Matematiikan trenditehtävien ratkaisuprosentit ja vastaajien lukumäärät vuosina 2009 ja 2018

| Tehtävä                 | Ratkaisuprosentti |      | Vastaajien lukumäärä |      |
|-------------------------|-------------------|------|----------------------|------|
|                         | 2009              | 2018 | 2009                 | 2018 |
| <b>Vaikeustasot 5–6</b> |                   |      |                      |      |
| Kolmas sivu*            | 8                 | 4    | 1 776                | 860  |
| Lämpömittarisirkka 2*   | 10                | 7    | 1 772                | 924  |
| Juoksuradat 2*          | 22                | 11   | 1 777                | 910  |
| Väestöpyramidit 3*      | 28                | 21   | 1 788                | 925  |
| Aitaus*                 | 36                | 27   | 1 760                | 905  |
| Leimaus*                | 40                | 30   | 1 782                | 908  |
| Hiilidioksidi 3*        | 40                | 28   | 1 765                | 915  |
| Numeron tarkistus*      | 50                | 40   | 1 771                | 903  |
| <b>Vaikeustasot 3–4</b> |                   |      |                      |      |
| Juoksuradat 1*          | 38                | 22   | 1 778                | 912  |
| Pistekirjoitus*         | 47                | 28   | 1 781                | 883  |
| Tuolihissi 2*           | 49                | 45   | 1 747                | 874  |
| Tuolihissi 1            | 52                | 48   | 1 752                | 883  |
| Uimahyppyä 2*           | 54                | 42   | 1 785                | 916  |
| Tiilet*                 | 57                | 50   | 1 768                | 849  |
| Lottoarvonta*           | 57                | 45   | 1 775                | 933  |
| Auto seis*              | 57                | 50   | 1 760                | 891  |
| Säiliöt*                | 57                | 49   | 1 779                | 920  |
| Kulkuväline*            | 59                | 55   | 1 773                | 933  |
| Uimahyppyä 1*           | 61                | 54   | 1 786                | 918  |
| Käteisnosto 1*          | 62                | 46   | 1 783                | 926  |
| Putkisto*               | 64                | 51   | 1 776                | 932  |
| Väestöpyramidit 2       | 71                | 69   | 1 792                | 926  |

|                         |    |    |       |     |
|-------------------------|----|----|-------|-----|
| Väestöpyramidit 4*      | 72 | 67 | 1 787 | 925 |
| <b>Vaikeustasot 0–2</b> |    |    |       |     |
| Hiilidioksidi 2         | 63 | 67 | 1 768 | 914 |
| Käteisnosto 2*          | 75 | 68 | 1 782 | 924 |
| Väestöpyramidit 1*      | 76 | 71 | 1 790 | 928 |
| Laattojen asettelu      | 76 | 74 | 1 776 | 934 |
| Puhelun hintoja*        | 78 | 73 | 1 771 | 923 |
| Lämpömittarisirkka 1*   | 81 | 74 | 1 773 | 930 |
| Kolikon heittoa*        | 84 | 80 | 1 780 | 923 |
| Juoksutuloksia*         | 86 | 79 | 1 792 | 932 |
| Huonenäkymä             | 86 | 85 | 1 792 | 930 |
| Tietokonepeli           | 96 | 95 | 1 758 | 899 |

\* tilastollisesti merkitsevä ero vuosien 2009 ja 2018 välillä

## Ratkaisuprosenttien muutokset tehtävien ominaisuuksien mukaan

Tarkastelimme, millaisia ominaisuuksia oli tehtävissä, joiden ratkaisuprosentit olivat laskeneet eniten verrattuina vuoden 2009 ratkaisuprosentteihin. Taulukossa 2 on kuvattu kaikkien tehtävien ominaisuudet. Tehtävät on järjestetty nousevaan järjestykseen ratkaisuprosenttien suhteellisen muutoksen mukaan.

Neljästä tehtävästä, joiden ratkaisuprosentit olivat laskeneet suhteessa eniten eli vähintään 40 prosenttia vuoden 2009 ratkaisuprosentista, kolme oli geometriaan liittyviä ongelmanratkaisutehtäviä. Näissä tehtävissä vastausmuotona oli avoin vastaus ja sisältöalueena ”tila ja muoto”. Tehtävät sijoittuvat vaikeustasoille 4–6 eli korkeimmille vaikeustasoille. Tehtävistä kahdessa (*Juoksuradat 1* ja 2) oppilaan oli osoitettava, miten on päätyntä vastaukseensa, mikä nostaa tehtävän vaikeustasoa. Kaikista pienin ratkaisuprosentti sekä vuonna 2009 että 2018 oli *Kolmas sivu* -tehtävässä, jossa vaaditaan kolmioiden sivujen pituuksiin liittyvää oivallusta. Tehtävistä, joissa ratkaisuprosentin suhteellinen muutos oli yli 40 prosenttia, yksi (*Pistekirjoitus*) oli vastausmuodoltaan monitahtoinen monivalintatehtävä ja myös korkean lukukuorman tehtävä.



**Taulukko 2.** Tehtävien ratkaisuprosenttien muutokset verrattuna vuoteen 2009 (järjestetty suhteellisen muutoksen mukaan) sekä vuoden 2018 ratkaisuprosentit ja tehtävien ominaisuudet

| Tehtävä          | Suhteellinen muutos % (Muutos %-yks.) | Ratk.-pros. 2018 | Sisältöalue       | Prosessi        | Konteksti       | Vastausmuoto  | Luku-kuorma | Vaikeus-taso |
|------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|--------------|
| Juoksuradat 2    | -53 (-12*)                            | 11               | Tila ja muoto     | Muotoileminen   | Yhteisöllinen   | Avoin         | Keski       | 5            |
| Kolmas sivu      | -47 (-4*)                             | 4                | Tila ja muoto     | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Matala      | 6            |
| Juoksuradat 1    | -42 (-16*)                            | 22               | Tila ja muoto     | Tietojen käyttö | Yhteisöllinen   | Avoin         | Keski       | 4            |
| Pistekirjoitus   | -40 (-19*)                            | 28               | Määrällinen ajat. | Tulkitseminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (mon.) | Korkea      | 4            |
| Lämpöms.sirkka 2 | -29 (-3*)                             | 7                | Muutos ja yht.    | Muotoileminen   | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Keski       | 6            |
| Hiilidioksidi 3  | -29 (-12*)                            | 28               | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Keski       | 5            |
| Käteisnosto 1    | -26 (-16*)                            | 46               | Määrällinen ajat. | Muotoileminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (mon.) | Matala      | 4            |
| Aitaus           | -26 (-9*)                             | 27               | Tila ja muoto     | Muotoileminen   | Yhteisöllinen   | Avoin         | Matala      | 5            |
| Väestöpyr. 3     | -26 (-7*)                             | 21               | Muutos ja yht.    | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Korkea      | 5            |
| Leimaus          | -25 (-10*)                            | 30               | Epävarm. ja data  | Muotoileminen   | Opiskelu ja am. | Avoin         | Matala      | 5            |
| Uimahyppä 2      | -22 (-12*)                            | 42               | Epävarm. ja data  | Tulkitseminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (yks.) | Keski       | 4            |
| Numeron tark.    | -21 (-11*)                            | 40               | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Moniv. (mon.) | Korkea      | 5            |
| Lottoarvonta     | -21 (-12*)                            | 45               | Epävarm. ja data  | Tulkitseminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (mon.) | Korkea      | 4            |
| Putkisto         | -20 (-13*)                            | 51               | Tila ja muoto     | Tietojen käyttö | Opiskelu ja am. | Moniv. (mon.) | Keski       | 4            |
| Säiliöt          | -15 (-9*)                             | 49               | Muutos ja yht.    | Muotoileminen   | Tiede ja tekn.  | Moniv. (mon.) | Keski       | 4            |
| Auto seis        | -12 (-7*)                             | 50               | Muutos ja yht.    | Tulkitseminen   | Tiede ja tekn.  | Moniv. (yks.) | Korkea      | 4            |

Taulukko 2 jatkuu seuraavalla sivulla

Taulukko 2 jatkuu

| Tehtävä           | Suhteellisen muutos % (Muutos %-yks.) | Ratk.- pros. 2018 | Sisältöalue       | Prosessi        | Konteksti       | Vastausmuoto  | Luku-kuorma | Vaikeus-taso |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|--------------|
| Tiilet            | -12 (-7*)                             | 50                | Tila ja muoto     | Muotoileminen   | Opiskelu ja am. | Avoin         | Keski       | 4            |
| Uimahyppä 1       | -11 (-7*)                             | 54                | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Yhteisöllinen   | Avoin         | Keski       | 3            |
| Käteisnosto 2     | -9 (-7*)                              | 68                | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Yhteisöllinen   | Avoin         | Matala      | 2            |
| Lämpö.m.sirkka 1  | -9 (-7*)                              | 74                | Muutos ja yht.    | Muotoileminen   | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Keski       | 2            |
| Tuolihiisi 2      | -9 (-4*)                              | 45                | Epävarm. ja data  | Muotoileminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (yks.) | Matala      | 3            |
| Juoksutuloksia    | -8 (-7*)                              | 79                | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Henk.koht.      | Moniv. (yks.) | Matala      | 2            |
| Tuolihiisi 1      | -8 (-4)                               | 48                | Määrällinen ajat. | Muotoileminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (yks.) | Matala      | 4            |
| Kulkuväline       | -7 (-4*)                              | 55                | Epävarm. ja data  | Tulkitseminen   | Henk.koht.      | Moniv. (mon.) | Korkea      | 4            |
| Väestöpyr. 4      | -7 (-5*)                              | 67                | Muutos ja yht.    | Tulkitseminen   | Tiede ja tekn.  | Moniv. (mon.) | Korkea      | 3            |
| Väestöpyr. 1      | -7 (-5*)                              | 71                | Muutos ja yht.    | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Moniv. (mon.) | Korkea      | 2            |
| Puhelun hintoja   | -6 (-5*)                              | 73                | Määrällinen ajat. | Tulkitseminen   | Yhteisöllinen   | Moniv. (yks.) | Korkea      | 2            |
| Kolikon heittoa   | -5 (-4*)                              | 80                | Epävarm. ja data  | Tulkitseminen   | Henk.koht.      | Moniv. (yks.) | Matala      | 1            |
| Väestöpyr. 2      | -3 (-2)                               | 69                | Muutos ja yht.    | Tulkitseminen   | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Korkea      | 3            |
| Laattojen aset.   | -3 (-2)                               | 74                | Tila ja muoto     | Tietojen käyttö | Yhteisöllinen   | Moniv. (yks.) | Keski       | 2            |
| Tietokonepeli     | -1 (-1)                               | 95                | Määrällinen ajat. | Tietojen käyttö | Henk.koht.      | Moniv. (yks.) | Matala      | 0            |
| Huononäkymä       | -1 (-1)                               | 85                | Tila ja muoto     | Tulkitseminen   | Henk.koht.      | Moniv. (yks.) | Matala      | 2            |
| Hiiliidioksiidi 2 | 7 (4)                                 | 67                | Epävarm. ja data  | Tietojen käyttö | Tiede ja tekn.  | Avoin         | Keski       | 2            |

\* tilastollisesti merkitsevä ero vuosien 2009 ja 2018 välillä

Tehtävän lukukuormaa nosti erityisesti symbolien ja kuvien määrä, ei niinkään tekstin määrä. Tehtävässä on sovellettava kuvattua säännönmukaisuutta.

Tehtäviä, joissa ratkaisuprosentin suhteellinen lasku oli 20–30 prosenttia vuoden 2009 ratkaisuprosentista, oli kymmenen. Puolet näistä tehtävistä oli vastausmuodoltaan avoimen vastauksen tehtäviä ja puolet monivalintatehtäviä. Monivalintatehtävistä yksi oli yksinkertainen ja neljä monitahoisia. Tehtävissä ei ollut Henkilökohtainen-kontekstialueelle sijoituvia tehtäviä. Muuten tehtävät jakautuivat suhteellisen tasaisesti eri sisältö-, konteksti- ja prosessialueille, ja niissä oli niin matalan, keskitason kuin korkean lukukuorman tehtäviä. Tehtävät olivat vaikeustasojen 4–6 tehtäviä eli vaikeimpia tehtäviä. Näiden tehtävien ratkaiseminen ei ole suoraviivaista, vaan niissä vaaditaan monivaiheisia laskutoimituksia, oivaltamista ja ongelmanratkaisua. Tehtävien ratkaiseminen edellyttää hyvin erilaisia matemaattisia tietoja ja taitoja, eikä tehtävissä ole havaittavissa selvää yhdenmukaisuutta. Esimerkiksi *Lämpömittarisirkka 2* -tehtävässä oli osattava muodostaa matemaattinen kaava mallintamaan tehtävässä kuvattua tilannetta. Kahdessa tehtävässä (*Hiilidioksidi 3* ja *Väestöpyramidi 3*) taas oli osattava lukea kuvaajia tai diagrammeja ja laskettava luvun suhteellinen osuus tai prosenttiosuus näiden tietojen pohjalta.

Loput 13 tehtävää, joissa ratkaisuprosentit olivat laskeneet tilastollisesti merkitsevästi vuodesta 2009, kuuluivat vaikeustasoille 1–4, eli mukana ei ollut kaikkein vaikeimpia tehtäviä. Näiden tehtävien ratkaisuprosentit olivat laskeneet 5–15 prosenttia vuoden 2009 ratkaisuprosenteista. Viidessä tehtävässä oli tulkittava diagrammia, kuvaajaa tai taulukkoa sekä laskettava tai pääteltävä vastaus niiden tietojen pohjalta. Lisäksi tehtävissä testattiin muun muassa prosenttilaskujen osaamista, matemaattisen kaavan tulkintaa, kolmiulotteista visuaalista hahmotuskykyä ja desimaalilukujen vertailua. Tehtävissä oli kaikkien sisältö-, konteksti- ja prosessialueiden tehtäviä sekä vastausmuodoltaan ja lukukuormaltaan erilaisia tehtäviä.

Tehtävät, joissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja vuosien 2009 ja 2018 ratkaisuprosenttien välillä, olivat helppoja tai keskitason (vaikeustasojen 0–4) tehtäviä, ja niiden ratkaisuprosenttien

muutokset vaihtelivat neljän prosenttiyksikön laskusta neljän prosenttiyksikön kasvuun. Tehtävistä neljä oli vastausmuodoltaan yksinkertaisia monivalintatehtäviä ja kaksi avoimen vastauksen tehtäviä. Kahdessa näistä tehtävistä (*Huonenäkymä* ja *Laattojen asetelu*) testattiin visuaalista hahmotuskykyä. Lopuissa neljässä tehtävässä oli laskettava yksinkertaisia peruslaskutoimituksia annettujen tietojen pohjalta. Näistä kolmessa tehtävässä tiedot oli luettava taulukosta, kuvaajasta tai diagrammista. Kaikissa tehtävissä sanamäärä oli alle 50 sanaa, mutta taulukoiden, kuvien ja kuvaajien vuoksi tehtävät sijoittuivat kaikkiin eri lukukuorman luokkiin.

Ratkaisuprosenttien muutosten tarkastelu tehtävien ominaisuuksien mukaan osoittaa, että suomalaisnuorten matematiikan osaaminen on laskenut tasaisesti ominaisuuksiltaan erilaisissa tehtävissä, eikä muutos tule selvästi esille minkään tietyn sisältö-, prosessi- tai kontekstialueen tai lukukuorman tehtävissä. Tehtävät, joissa ratkaisuprosenttien muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, olivat yksinkertaisempia ja suoraviivaisempia, ja niissä jonkin verran painottuivat yksinkertaiset monivalintatehtävät. Tehtävissä, joissa ratkaisuprosentit olivat laskeneet eniten verrattuina vuoden 2009 ratkaisuprosenttiin, painottuivat taas avoimet vastaukset ja monitahoiset monivalintatehtävät. Lisäksi niissä vaadittiin enemmän ongelmanratkaisua ja soveltamista sekä monivaiheisia laskutoimituksia, ja ne sijoittuivat korkeimmille vaikeustasoille.

## Lukutaidoltaan eritasoisten oppilaiden ratkaisuprosenttien muutokset

Oppilaat jaettiin PISA-tutkimuksessa mitatun lukutaidon tason mukaan kolmeen luokkaan: erinomaiset, keskitasoiset ja heikot lukijat. Erinomaisien lukijoiden ratkaisuprosentit vaihtelivat 12–99 prosentin välillä ja heikoilla lukijoilla 0–90 prosentin välillä vuonna 2018. Yleisesti voidaan sanoa, että paremmat lukijat onnistuivat ratkaisemaan matematiikan tehtävät heikompija lukijoita useammin. Erinomaisilla lukijoilla oli kaikissa tehtävissä sekä vuonna 2009 että vuonna 2018 suurin ratkaisuprosentti ja heikoilla lukijoilla pienin ratkaisuprosentti.

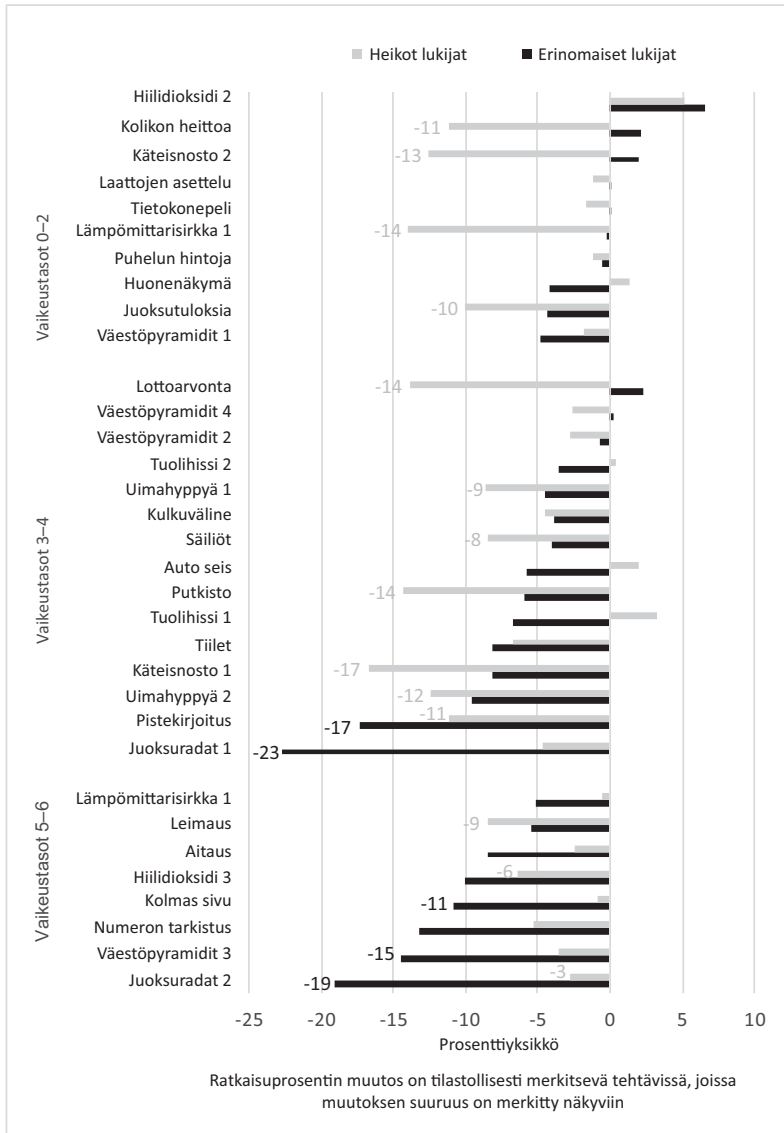
Erinomaisilla lukijoilla tehtävien ratkaisuprosenttien muutokset vaihtelivat 23 prosenttiyksikön laskusta 7 prosenttiyksikön kasvuun (kuvio 1). Yhdessäkään tehtävässä ratkaisuprosentti ei kuitenkaan ollut noussut tilastollisesti merkitsevästi. Tilastollisesti merkitsevästi ratkaisuprosentti oli laskenut viidessä tehtävässä, jotka lukeutuivat suomalaisnuorille vaikeimpiin tehtäviin eli vuonna 2018 kaikkein vähiten ratkottuihin tehtäviin. Eniten ratkaisuprosentti oli laskenut *Juoksuradat 1* -tehtävässä (23 prosenttiyksikköä), mikä oli suurin yksittäisen tehtävän ratkaisuprosentin muutos muihin lukutaitoryhmiin verrattuna.

Keskitason lukijoilla ratkaisuprosenttien tilastollisesti merkitsevät muutokset vuodesta 2009 vaihtelivat 21 prosenttiyksikön laskusta 7 prosenttiyksikön kasvuun. Tilastollisesti merkitseviä muutoksia ratkaisuprosenteissa oli 16 tehtävässä, joista yhden tehtävän (*Hiilidioksidi 2*) ratkaisuprosentti oli kasvanut seitsemän prosenttiyksikköä ja muiden laskenut. Nämä tehtävät olivat vaikeustason 4–6 tehtäviä. Kaikkein helpoimmista tehtävissä keskitasoisten lukijoiden ratkaisuprosentit eivät siis olleet laskeneet.

Heikoilla lukijoilla ratkaisuprosentti oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi 14 tehtävässä eli huomattavasti useammassa tehtävässä kuin erinomaisilla lukijoilla (kuvio 1). Suurin merkitsevä ratkaisuprosentin lasku oli 17 prosenttiyksikköä ja pienin 3 prosenttiyksikköä. Heikoilla lukijoilla ratkaisuprosentit olivat laskeneet myös viidessä helpohkossa (vaikeustasojen 1–3) tehtävässä, toisin kuin erinomaisilla ja keskitason lukijoilla.

## Tyttöjen ja poikien ratkaisuprosenttien muutokset

Vuonna 2018 matematiikan tehtävien ratkaisuprosentit vaihtelivat tytöillä 5–95 prosentin välillä ja pojilla 4–94 prosentin välillä. Tyttöjen ratkaisuprosentti oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi 19 tehtävässä, enimmillään 18 prosenttiyksikköä. Lisäksi yhdessä tehtävässä ratkaisuprosentti oli kasvanut tilastollisesti merkitsevästi kahdeksan prosenttiyksikköä. Poikien ratkaisuprosentti ei sen sijaan kasvanut tilastollisesti merkitsevästi yhdessäkään tehtävässä, mutta se oli laskenut 23 tehtävässä, enimmillään 20 prosenttiyksikköä.



**Kuvio 1.** Ratkaisuprosenttien muutokset vuosien 2009 ja 2018 välillä prosenttiyksiköinä heikoilla ja erinomaisilla lukijoilla

Tehtäviä, joiden ratkaisuprosentit olivat laskeneet tilastollisesti merkitsevästi sekä tytöillä että pojilla, oli 16. Yhtä lukuun ottamatta ne olivat vaikeustasojen 4–6 tehtäviä. Näiden tehtävien ratkaisuprosenttien suhteellinen muutos oli kaikkia oppilaita tarkasteltaessa suuri (yli 20 %, ks. taulukko 2), joten myös sukupuolittain tarkasteltuna muutokset olivat merkitseviä sekä tytöillä että pojilla. Myös kolmessa muussa tehtävässä (*Säiliöt*, *Auto seis* ja *Juoksutuloksia*) sekä tyttöjen että poikien ratkaisuprosentit olivat laskeneet merkitsevästi. Tytöillä neljässä ja pojilla viidessä tehtävässä ratkaisuprosentin suhteellinen lasku oli yli 30 prosenttia.

Taulukossa 3 on esitetty tehtävät, joissa vain joko tyttöjen tai poikien ratkaisuprosentti oli muuttunut merkitsevästi vuodesta 2009 vuoteen 2018. Näistä tehtävistä suurin osa oli vaikeustasoltaan helpoimpia. Ratkaisuprosenttien suhteelliset muutokset olivat alle 15 prosenttia. Seitsemässä tehtävässä vain poikien ratkai-

**Taulukko 3.** Tehtävät, joissa vain joko tyttöjen tai poikien ratkaisuprosentti on muuttunut tilastollisesti merkitsevästi vuodesta 2009 vuoteen 2018

| Tehtävä         | Ratkaisuprosentti 2018<br>(Muutos %-yks.) |           | Vastausmuoto  | Luku-<br>kuorma | Vaikeus-<br>taso |
|-----------------|---|-----------|---------------|-----------------|------------------|
|                 | Tytöt                                     | Pojat     |               |                 |                  |
| Tuolihiisi 2    | 44 (-1)                                   | 46 (-8*)  | Moniv. (yks.) | Matala          | 3                |
| Uimahyppyä 1    | 60 (-6)                                   | 48 (-8*)  | Avoin         | Keski           | 3                |
| Väestöpyr. 4    | 68 (-4)                                   | 65 (-6*)  | Moniv. (mon.) | Korkea          | 3                |
| Väestöpyr. 2    | 72 (1)                                    | 66 (-5*)  | Avoin         | Korkea          | 3                |
| Väestöpyr. 1    | 73 (-2)                                   | 68 (-8*)  | Moniv. (mon.) | Korkea          | 2                |
| Puhelun hintoja | 73 (-2)                                   | 74 (-7*)  | Moniv. (mon.) | Korkea          | 2                |
| Lämpöm.sirkka 1 | 77 (-3)                                   | 71 (-11*) | Avoin         | Keski           | 2                |
| Tiilet          | 51 (-9*)                                  | 49 (-4)   | Avoin         | Keski           | 4                |
| Käteisnosto 2   | 63 (-10*)                                 | 74 (-3)   | Avoin         | Matala          | 2                |
| Hilidioksidi 2  | 69 (8*)                                   | 66 (0)    | Avoin         | Keski           | 2                |
| Kolikon heittoa | 77 (-5*)                                  | 82 (-3)   | Moniv. (yks.) | Matala          | 1                |

\* tilastollisesti merkitsevä ero vuosien 2009 ja 2018 välillä

suprosentti oli laskenut, kun taas kolmessa tehtävässä vain tyttöjen ratkaisuprosentti oli laskenut. Yhdessä tehtävässä tyttöjen ratkaisuprosentti oli kasvanut. Neljä tehtävää (*Väestöpyramidit 1, 2 ja 4* sekä *Puhelun hintoja*), joissa vain poikien ratkaisuprosentti oli laskenut, olivat korkean lukukuorman tehtäviä. Näissä tehtävissä lukukuormaa lisäsivät erityisesti diagrammit ja taulukot. Kolmessa tehtävässä oli lisäksi vastausmuotona monitahoinen monivalinta.

Myös sukupuolittain tarkasteltuna erinomaiset lukijat suoriutuivat matematiikan tehtävistä paremmin kuin heikot lukijat. Lisäksi havaittiin, että samalla lukutaidon tasolla olevien poikien ratkaisuprosentit olivat suurimmassa osassa tehtäviä suurempia kuin tyttöjen. Erinomaisista lukijoista tyttöjen ratkaisuprosentit vaihtelivat vuonna 2018 9–98 prosentin välillä ja poikien 19–100 prosentin välillä. Heikoista lukijoista tyttöjen ratkaisuprosentit vaihtelivat 0–93 prosentin välillä ja poikien 0–88 prosentin välillä.

Lukutaidon tason ja sukupuolen mukaan tarkasteltuna tehtävien ratkaisuprosenttien tilastollisesti merkitsevät muutokset vuodesta 2009 vuoteen 2018 olivat yhtä lukuun ottamatta negatiivisia. Tyttöjen ratkaisuprosentit olivat laskeneet erinomaisilla lukijoilla kolmessa tehtävässä, keskitason lukijoilla kahdeksassa tehtävässä ja heikkojen lukijoilla kahdessa tehtävässä. Lisäksi keskitason lukijoilla yhden tehtävän tilastollisesti merkitsevä ratkaisuprosentin muutos oli positiivinen. Pojilla tilastollisesti merkitsevät muutokset olivat kaikki negatiivisia. Ratkaisuprosentit olivat laskeneet erinomaisilla lukijoilla yhdessä tehtävässä, keskitason lukijoilla 16 tehtävässä ja heikoilla lukijoilla 12 tehtävässä. Keskitason lukijoista ja heikoista lukijoista poikien ratkaisuprosentti oli siis laskenut huomattavasti useammassa tehtävässä kuin tyttöjen vastaavilla lukutaitotasoilla.

## Pohdinta

Kansainvälisissä arviointitutkimuksissa (Leino ym. 2019; Vettenranta ym. 2016; Vettenranta ym. 2020a, 2020b) on havaittu suomalaisnuorten matematiikan osaamistason laskeneen, mutta muutok-



sia on tarkasteltu aiemmin hyvin vähän tehtävätasolla. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin suomalaisnuorten matematiikan tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksia PISA-tutkimuksessa vuosien 2009 ja 2018 välillä. Tarkastelluista vuosien 2009 ja 2018 PISA-tutkimuksien 33 yhteisestä trenditehtävästä 27 tehtävässä ratkaisuprosentti oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi.

Matematiikan tehtävien ratkaisuprosentteja ja niiden muutoksia tarkasteltiin PISA-tutkimuksessa tehtäville määriteltyjen vaikeustason, vastausmuodon sekä sisältö-, prosessi- ja kontekstialueiden mukaan. Lisäksi tarkastelimme muutoksia tehtävien lukukuorman mukaan. Lukukuormaan huomioitiin tässä tutkimuksessa tehtävien sanamäärä sekä kuvien, symbolien ja matemaattisen sanaston määrä. Tämän tarkastelun perusteella matematiikan osaamistason lasku ei näyttäisi olevan yhteydessä mihinkään tiettyihin tehtävien sisältö-, prosessi- tai kontekstialueisiin tai lukukuormaan. Matematiikan osaamistason lasku näyttäytyy siis hyvin kokonaisvaltaisena. Viimeisimmän TIMSS 2019 -tutkimuksen mukaan suomalaisten kahdeksaluokkalaisten osaamistaso on laskenut vuodesta 2011 erityisesti tilastot ja todennäköisyys- sekä luvut ja laskutoimitukset -sisältöalueilla mutta kasvanut geometrian sisältöalueella (Vettenranta ym. 2020b). Tämän tutkimuksen mukaan PISA-tutkimuksessa kuitenkin myös geometrian taitoja soveltavia tehtäviä osattiin tilastollisesti merkitsevästi heikommin kuin vuonna 2009. PISA- ja TIMSS-tutkimusten tehtävät ovat kuitenkin erilaisia, ja ne mittaavat eri asioita. TIMSS-tutkimus keskittyy mittaamaan matematiikan osaamista opetussuunnitelmepohjaisesti. PISA-tutkimus taas testaa esimerkiksi jatko-opinnoissa ja arkielämässä vaadittavien taitojen osaamista, minkä vuoksi tehtävät ovat vahvasti kontekstiin sidottuja, soveltavampia ongelmanratkaisutehtäviä.

Suomalaisnuorten ratkaisuprosentit eri tehtävissä olivat linjassa tehtäville määriteltyjen vaikeustasojen kanssa, ja ratkaisuprosenttien suurimmat suhteelliset muutokset olivat vaikeimmiksi määritellyissä eli vaikeustasojen 4–6 tehtävissä, joissa vastausmuotona oli avoin vastaus tai monitahoinen monivalinta. PISA-tutkimuksessa yksinkertaiset monivalintatehtävät ovatkin helpompia kuin avoimen vastauksen tehtävät ja monitahoiset monivalintatehtävät

(Echazarra ym. 2016). Olsen ym. (2001) ovat todenneet, että vastausmuodon vaikutus tehtävän ratkaisemiseen on monitahoinen ja että esimerkiksi monivalintatehtävien vastausvaihtoehdot vaikuttavat tehtävien vaikeuteen. Echazarran ym. (2016) mukaan tehtävien vaikeustason ja vastausmuodon yhteys osoittaakin, että erityisesti avoimien vastauksien tehtäviä tarvitaan arviointitutkimuksissa mittaamaan erinomaisten osaajien osaamistasoa. Tärkeää myös olisi, että kaikki oppilaat saisivat koulussa kokemuksia erityyppisistä tehtävistä. Erityisesti oman vastauksen tuottamista ja perustelua tulisi harjoitella ja tukea, mikä on linjassa myös Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (POPS 2014) määriteltyjen laaja-alaisten osaamistavoitteiden kanssa.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin myös PISA-tutkimuksessa arvioidun lukutaidon yhteyttä matematiikan tehtävien ratkaisuprosentteihin. Matematiikan osaaminen ja lukutaito ovat vahvasti yhteydessä toisiinsa (esim. Mullis ym. 2013; Salminen ym. 2018), ja lukutaito näyttäisi olevan yhteydessä matematiikan tehtävien ratkaisemiseen myös tämän tutkimuksen perusteella. Parhaimmat lukijat onnistuivat ratkaisemaan tehtävät heikoimpia lukijoita useammin niin vuonna 2009 kuin vuonna 2018. Eniten tilastollisesti merkitseviä muutoksia tehtävien ratkaisuprosenteissa oli heikoilla ja keskitason lukijoilla. Erinomaisilla lukijoilla ratkaisuprosentti oli laskenut vain viidessä tehtävässä, ja nämä tehtävät olivat tarkastelluista tehtävistä selvästi vaikeimmasta päästä. Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat aiempien tutkimusten havaintoja siitä, että erityisesti heikoiten osaavien oppilaiden osaamistaso on laskenut. Esimerkiksi TIMSS 2019 -tutkimuksessa havaittiin, että matematiikassa ja luonnontieteissä erityisesti heikoimpien oppilaiden osaaminen on heikentynyt (Vettenranta ym. 2020a, 2020b).

Vaikka lukutaidolla on havaittu yhteys matematiikan osaamiseen, ei tämän tutkimuksen perusteella tehtävien lukukuormalla näyttäisi olevan selvää yhteyttä tehtävien ratkaisuprosenttien muutoksiin. Roe ja Taube (2006) havaitsivat, että matematiikan tehtävissä, jotka korreloivat enemmän lukutaidon kanssa, ratkaisevampaa on niiden tekstien vaativuus kuin sanamäärä. Tämänkin tutkimuksen mukaan näyttäisi siltä, että merkittävässä roolissa teh-

tävien ratkaisun onnistumisessa on enemmänkin tekstin ja sisällön vaativuus kuin tehtävien lukemisen kuormittavuus. Tarkempi analyysi matematiikan tehtävien kielestä ja sen rakenteista voisikin antaa lisää tietoa siitä, millaiset kielelliset ominaisuudet tehtävissä ovat erityisen vaikeasti ymmärrettäviä ja tulkittavia. Jatkossa olisi myös mielenkiintoista tutkia, onko tehtävien lukukuormalla yhteyttä siihen, ryhtyykö oppilas ratkaisemaan tehtävää vai ei.

PISA-tutkimuksen matematiikan tehtävien ratkaisuprosentteja ja niiden muutoksia tarkasteltiin myös sukupuolittain. Matematiikan tehtävien ratkaisuprosentit olivat laskeneet pojilla hieman useammassa tehtävässä kuin tytöillä. Sekä tyttöjen että poikien ratkaisuprosentit olivat laskeneet useassa vaikeustasojen 4–6 tehtävässä. Tehtävät, joissa vain joko tytöillä tai pojilla ratkaisuprosentti oli laskenut tilastollisesti merkitsevästi, olivat helpompia eli vaikeustasojen 1–4 tehtäviä. Tyttöihin verrattuna pojilla ratkaisuprosentti oli laskenut useammassa korkean lukukuorman tehtävässä.

Keskitason lukijoiden, sekä tyttöjen että poikien, ratkaisuprosentit olivat laskeneet eniten. Erinomaisten lukijoiden ratkaisuprosentit eivät olleet juuri laskeneet tytöillä eivätkä pojilla, mutta heikoista lukijoista poikien ratkaisuprosentit olivat laskeneet useammassa tehtävässä kuin tyttöjen. Toisin sanoen näyttäisi siltä, että heikosti lukevien poikien matematiikan osaaminen on laskenut hieman heikosti lukevia tyttöjä enemmän. Samantasoisista lukijoista poikien ratkaisuprosentit olivat kuitenkin tyttöjen ratkaisuprosentteja suurempia. Vastaavasti Salminen ym. (2018) totesivat Suomen PISA 2015 -aineistosta tekemässään tutkimuksessa, että samalla lukutaidon tasolla poikien matematiikan osaaminen oli parempaa kuin tyttöjen. Yleisesti PISA-aineistosta onkin havaittu, että sukupuolten välinen ero matematiikassa on sitä pienempi, mitä suurempi ero on lukutaidossa tyttöjen hyväksi (OECD 2019b; Stoet & Geary 2013).

Käytimme tutkimuksessa vuosien 2009 ja 2018 PISA-aineistoja, jolloin lukutaito on ollut tutkimuksen pääalueena ja matematiikka sivualueena. Tästä syystä tarkasteltujen trenditehtävien lukumäärä on pieni. Lisäksi esimerkiksi 33 trenditehtävästä vain kolme tehtävää sijoittuu opiskelun ja työelämän kontekstiin ja jo-

pa 12 tehtävää tieteen ja teknologian kontekstiin. Tehtävien vähäisen määrän ja luokkien epäsuhdan vuoksi luokkien välisessä vertailussa täytyy olla varovainen, eikä tehtävien ominaisuuksien ja ratkaisuprosenttien muutoksien välisistä yhteyksistä voida tehdä näiden trenditehtävien perusteella kovin vahvoja johtopäätöksiä. PISA-tutkimuksen tehtävien suunnittelussa pyritään tehtävien monipuolisuuteen siten, että eri vaikeustasoille sijoittuvissa tehtävissä on edustettuna mahdollisimman kattavasti eri sisältö-, prosessi- ja kontekstialueiden sekä vastausmuotojen tehtäviä. Koska trenditehtäviä on suhteellisen vähän ja tehtävät sisältävät useita ominaisuuksia, tutkimuksen analyysi on enemmän kuvailevaa kuin selittävää.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen trenditehtävien sisältö ei ole muuttunut vuosien 2009 ja 2018 välillä, mutta vuonna 2015 PISA-tutkimuksessa siirryttiin sähköiseen kokeeseen. Paperikokeen ja sähköisen kokeen tulokset todettiin vertailukelpoisiksi OECD:n omissa tarkasteluissa (OECD 2017). Jatkossa voisi kuitenkin olla kiinnostavaa tutkia tarkemmin tehtävätasolla sitä, millä tavoin siirtyminen paperikokeesta sähköiseen kokeeseen on mahdollisesti vaikuttanut tehtävien ratkaisemiseen esimerkiksi eritasoisilla oppilailta tai eri vastausmuodon tehtävissä. Lisäksi on muistettava, että PISA-tutkimusta ei ole tarkoitettu yksittäisen oppilaan osaamisen arvioimiseen eikä tehtäviä ole tarkoitus arvioida yksittäin (Nissinen ym. 2018). Useissa tutkimuksissa on kritisoitu sitä, että oppilaiden vastaukset niin monivalintatehtävissä kuin avoimia vastauksia edellyttävissä tehtävissä eivät aina anna täyttä kuvaa oppilaiden tietämyksestä tai heidän ajattelustaan (esim. Harlow & Jones 2004). Totta onkin, että esimerkiksi trenditehtävistä suurin osa on niin kutsutusti yhden pisteen tehtäviä ja että vastauksissa voi olla jotain oikein, vaikka vastaus ei oikeuttaisi täysiin pisteisiin. Jos lisäksi koko tehtävän tai sen sanojen ymmärtämisessä on ongelmia, ei vastaajan matematiikan osaamisesta saada täyttä tietoa.

Kuten viimeisimmät PISA-tutkimukset ovat osoittaneet, suomalaisnuoret eivät pärjää enää entiseen tapaan matematiikan taidoissa, joita tarvitaan jatko-opinnoissa ja arkielämässä. Tämän tutkimuksen mukaan matemaattiset taidot eivät ole heikentyneet

millään tietyllä sisältö-, prosessi- tai kontekstialueella, vaan osaminen näyttäisi heikentyneen tasaisesti niin matematiikan eri sisälloissä kuin tehtävien ratkaisemiseen vaadittavissa prosesseissa ja eri konteksteihin liittyvissä tehtävissä. Nyky-yhteiskunnassa, jossa saavutettavan tiedon määrä on suuri ja tiedon esitystavat ovat moninaiset, pelkkä mekaaninen laskutaito ei riitä. Olennaisten tietojen poimiminen, niiden yhdistäminen ja tulkitseminen sekä perusteltujen johtopäätösten esittäminen ovat tärkeitä taitoja yhteiskunnassa toimimisen kannalta. Eri taitojen tasaisen heikentymisen lisäksi huolta herättävät myös tässä tutkimuksessa havaittu osaamiserojen kasvu ja taitojen kasautuminen tietylle joukolle, sillä tutkimuksen tulosten mukaan paremmat lukijat menestyvät myös matematiikassa paremmin. Opetussuunnitelmassa onkin nostettu esille kielitietoinen opetus, jonka mukaan jokainen opettaja on oman oppiaineensa kielen opettaja (POPS 2014). Koulussa olisikin syytä kiinnittää huomiota matematiikan symbolien, kielen ja käsitteiden ymmärtämisen lisäksi myös tehtävien kielen ymmärtämiseen. Lukutaidon kehittämisestä on hyötyä niin matematiikassa kuin myös muissa oppiaineissa.

## Lähteet

- Ajello, A. M., Caponera, E. & Palmerio, L. 2018. Italian students' results in the PISA mathematics test: Does reading competence matter? *European Journal of Psychology of Education* 33 (3), 505–520. <https://doi.org/10.1007/s10212-018-0385-x>
- Baye, A. & Monseur, C. 2016. Gender differences in variability and extreme scores in an international context. *Large-scale Assessments in Education* 4, article 1. <https://doi.org/10.1186/s40536-015-0015-x>
- Björn, P. M., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2016. Primary school text comprehension predicts mathematical word problem-solving skills in secondary school. *Educational Psychology* 36 (2), 362–377. <https://doi.org/10.1080/01443410.2014.992392>
- Boaler, J. 1994. When do girls prefer football to fashion? An analysis of female underachievement in relation to 'realistic' mathematic contexts. *British Educational Research Journal* 20 (5), 551–564. <https://doi.org/10.1080/0141192940200504>
- Chipman, S. F., Marshall, S. P. & Scott, P. A. 1991. Content effects on word-problem performance: A possible source of test bias? *American Educational Research Journal* 28 (4), 897–915. <https://doi.org/10.3102/00028312028004897>
- Echazarra, A., Salinas, D., Méndez, I., Denis, V. & Rech, G. 2016. How te-

- achers teach and students learn: Successful strategies for school. OECD Education Working Papers 130. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5jm29kpt0xxx-en>
- Gray, H., Lyth, A., McKenna, C., Stothard, S., Tymms, P & Copping, L. 2019. Sex differences in variability across nations in reading, mathematics and science: A meta-analytic extension of Baye and Monseur (2016). *Large-scale Assessments in Education* 7, article 2. <https://doi.org/10.1186/s40536-019-0070-9>
- Harlow, A. & Jones, A. 2004. Why students answer TIMSS science test items the way they do. *Research in Science Education* 34 (2), 221–238. <https://doi.org/10.1023/B:RISE.0000033761.79449.56>
- Hickendorff, M. 2013. The effects of presenting multidigit mathematics problems in a realistic context on sixth graders' problem solving. *Cognition and Instruction* 31 (3), 314–344. <https://doi.org/10.1080/0737008.2013.799167>
- Julin, S. & Rautopuro, J. 2016. Läksyt tekijäänsä neuvovat: Perusopetuksen matematiikan oppimistulosten arviointi 9. vuosiluokalla 2015. Julkaisut 20:2016. Helsinki: Kansallinen koulutuksen arviointikeskus.
- Korhonen, J., Linnanmäki, K. & Aunio, P. 2012. Language and mathematical performance: A comparison of lower secondary school students with different level of mathematical skills. *Scandinavian Journal of Educational Research* 56 (3), 333–344. <https://doi.org/10.1080/00313831.2011.599423>
- Kyttälä, M. & Björn, P. M. 2014. The role of literacy skills in adolescents' mathematics word problem performance: Controlling for visuo-spatial ability and mathematics anxiety. *Learning and Individual Differences* 29, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.10.010>
- Leino, K., Ahonen, A. K., Hienonen, N., Hiltunen, J., Lintuvuori, M., Lähteinen, S., Lämsä, J., Nissinen, K., Nissinen, V., Puhakka, E., Pulkkinen, J., Rautopuro, J., Sirén, M., Vainikainen, M.-P & Vettenranta, J. 2019. PISA 18 ensituloksia: Suomi parhaiden joukossa. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2019:40.
- Low, R. & Over, R. 1993. Gender differences in solution of algebraic word problems containing irrelevant information. *Journal of Educational Psychology* 85 (2), 331–339. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.2.331>
- Meinck, S. & Brese, F. 2019. Trends in gender gaps: Using 20 years of evidence from TIMSS. *Large-scale Assessments in Education* 7, article 8. <https://doi.org/10.1186/s40536-019-0076-3>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O. & Foy, P. 2013. The impact of reading ability on TIMSS mathematics and science achievement at the fourth grade: An analysis by item reading demands. Teoksessa M. O. Martin & I. V. S. Mullis (toim.) *TIMSS and PIRLS 2011: Relationships among reading, mathematics, and science achievement at the fourth grade –Implications for early learning*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education & Boston College, 67–108.
- Nissinen, K., Rautopuro, J. & Puhakka, E. 2018. PISA-tutkimuksen metodo-

- logiasta. Teoksessa J. Rautopuro, & K. Juuti (toim.) PISA pintaa syvem­mältä: PISA 2015 Suomen pääraportti. Kasvatusalan tutkimuksia 77. Helsinki: Suomen kasvatustieteellinen seura, 345–378.
- OECD. 2010. Learning mathematics for life: A perspective from PISA. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264075009-en>
- OECD. 2017. PISA 2015 Technical report. Paris: OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/data/2015-technical-report/>. (Luettu 4.11.2021.)
- OECD. 2019a. PISA 2018 Assessment and analytical framework. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD. 2019b. PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. 2019c. PISA 2018 results (Volume II): Where all students can suc­ceed. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- Olsen, R. V., Turmo, A. & Lie, S. 2001. Learning about students' knowl­edge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education* 16 (3), 403–420. <https://doi.org/10.1007/BF03173190>
- Pongsakdi, N., Kajamies, A., Veermans, K., Lertola, K., Vauras, M. & Lehti­nen E. 2020. What makes mathematical word problem solving challen­ging? Exploring the roles of word problem characteristics, text compre­hension, and arithmetic skills. *ZDM Mathematics Education* 52 (1), 33–44. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01118-9>
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet. 2014. Helsinki: Opetus­hallitus.
- Rautopuro, J. (toim.) 2013. Hyödyllinen pakkolasku: Matematiikan oppi­mistulokset peruskoulun päättövaiheessa 2012. Koulutuksen seuranta­raportit 2012:3. Helsinki: Opetushallitus.
- Roe, A. & Taube, K. 2006. How can reading abilities explain differences in maths performances? Teoksessa J. Mejding & A. Roe (toim.) *Northern lights on PISA 2003 – A reflection from the Nordic countries*. TemaNord 2006:523. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 145–157.
- Salminen, J., Pulkkinen, J., Koponen, T. & Hiltunen, J. 2018. Tyttöjen ja poi­kien väliset osaamiserot matematiikassa. Teoksessa J. Rautopuro & K. Juuti (toim.) PISA pintaa syvem­mältä: PISA 2015 Suomen pääraportti. Kasvatusalan tutkimuksia 77. Helsinki: Suomen kasvatustieteellinen seura, 235–258.
- Stacey, K. 2015. The real world and the mathematical world. Teoksessa K. Stacey & R. Turner (toim.) *Assessing mathematical literacy: The PISA ex­perience*. Cham: Springer, 57–84. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10121-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10121-7_3)
- Stoet, G. & Geary, D. C. 2013. Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: Within- and across-nation assess­ment of 10 years of PISA data. *PLoS ONE* 8 (3), e57988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057988>
- Tout, D. & Spithill, J. 2015. The challenges and complexities of writing items to test mathematical literacy. Teoksessa K. Stacey & R. Turner (toim.) *Assessing mathematical literacy: The PISA experience*. Cham: Springer,

- 145–171. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10121-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10121-7_7)
- Technical Appendix A: Quantifying the reading demands of the TIMSS 2011 fourth grade mathematics and science items. 2013. Teoksessa M. O. Martin & I. V. S. Mullis (toim.) TIMSS and PIRLS 2011: Relationships among reading, mathematics, and science achievement at the fourth grade –Implications for early learning. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education & Boston College.
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Kotila, J., Lehtola, P., Nissinen, K., Puhakka, E., Pulkkinen, J. & Ström, A. 2020a. Perustaidoista vauhtia koulutielle: Neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS 2019 -tutkimus Suomessa. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Kotila, J., Lehtola, P., Nissinen, K., Puhakka, E., Pulkkinen, J. & Ström, A. 2020b. Tulevaisuuden avaintaidot puntarissa: Kahdeksannen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS 2019 -tutkimus Suomessa. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- 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. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Vilenius-Tuohimaa, P. M., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2008. The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology* 28 (4), 409–426. <https://doi.org/10.1080/01443410701708228>