

Sukupuolten väliset erot matematiikan ja luonnontieteiden osaamisessa lukiossa

JENNI PÄÄKKÖNEN

Johdanto

Naisten aliedustukseen matematiikassa, luonnontieteissä ja insinööritieteissä (STEM – Science, Technology, Engineering & Mathematics) on kiinnitetty huomiota 1960-luvulla lähtien. Naisten aliedustus syntyy kahdella tavalla. Koska tytöt menestyvät poikia heikommin luonnontieteiden opinnoissa, erityisesti toisen asteen opinnoissa, he päätyvät näiden alojen korkeakouluopiskelijoiksi miehiä harvemmin. Sen lisäksi tutkinnon suorittamisen ja työmarkkinoille siirtymisen jälkeen naiset vaihtavat miehiä useammin alaa ja luopuvat kokonaan luonnontieteistä. Naiset jättävät luonnontieteet miehiä useammin, koska naiset ovat miehiä yleisemmin tyytymättömiä palkkaan ja uralla etenemisen mahdollisuuksiin (Hunt 2011).

Se, että naiset ovat aliedustettuna luonnontieteiden tutkijoissa, aiheuttaa yhteiskunnallista tehottomuutta. Ensiksi aidosti lahjakkaimmat eivät lainkaan opiskele saati päädy töihin näille aloille (staattinen tehottomuus). Toiseksi naisten puuttumisen vuoksi monia innovaatioita voi kokonaan jäädä tekemättä (dynaaminen tehottomuus). Myös poliittiset päätöksentekijät ovat havahtuneet naisten vähyteen luonnontieteiden opiskelijoissa ja tutkijoissa. Euroopan komissio on aloittanut ”Science: it’s a girl thing!” -kampanjan, jonka tavoitteena on kannustaa tyttöjä ja naisia opiskelemaan luonnontieteitä (European Commission 2012).

Tarkastelen tässä artikkelissa sukupuolten välisiä osaamiseroja ylioppilastutkintoaineiston avulla. Ylioppilastutkinnon muutokset antavat mahdollisuuden tarkastella tyttöjen ja poikien valin-

toja eri aineissa erilaisissa institutionaalisissa tilanteissa. Analyysini keskittyy lukion luonnontieteiden opiskeluun, erityisesti matematiikkaa painottaen. Täydennän näkökulmaa vertaamalla tyttöjen ja poikien välisiä eroja fysiikassa ja muissa luonnontieteissä.

Vertailuni mukaan nuorten osaaminen eri aineissa osoittautuu jossain määrin ristiriitaiseksi: pojat päihittävät tytöt pitkässä matematiikassa, tytöt taas päihittävät pojat fysiikassa, mikä selittyy erilaisilla osallistumisasteilla. Vaikka vapaavalintaisuus on tehostanut opiskelijoiden valintoja, tyttöjen haluttomuus kirjoittaa fysiikka todennäköisesti johtaa tehottomiin valintoihin myöhemmissä opinnoissa. Molemmat sukupuolet hyötyisivät, jos saisivat enemmän tietoa omasta suhteellisesta osaamisestaan jo ennen lukio-opintoja.

Osaamiseron ja valintojen selitysmalleja

Taloustieteessä valintojen selittäminen pelkistyy usein preferensseihin (jäljempänä arvostukset) ja valitsijan kohtaamiin rajoitteisiin. Naiset ja miehet arvostavat asioita eri tavoin ja siksi päätyvät erilaisiin ratkaisuihin. Toisaalta sukupuolestaan johtuen he kohtaavat myös erilaisia rajoitteita, mitkä osaltaan vaikuttavat valintoihin. Se, miten nämä arvostuserot ja rajoitukset syntyvät on haastava kysymys, mutta kulttuurilla, sosiaalisella oppimisella ja jopa hormoneilla on tekemistä näiden asioiden kanssa (mm. Sutter & Rützler 2010). Yhteiskunnassa voi esimerkiksi olla vallalla ajatus, että tytöille sopivimpia aloja ovat hoiva-alat ja pojille tieteiden ja tekniikan alat, mikä rajoittaa poikien ja tyttöjen mahdollisia valintoja. Koska tytöiltä ja pojilta odotetaan eri asioita, he vastaavat näihin odotuksiin valitsemalla koulutuksen ja ammatin odotusten, jopa stereotypi-

Kiitän Maija-Liisa Järviötä, Mika Kortelaista, Heikki Pursiasta, Tanja Saxellia, Tuukka Saarimaata sekä kahta referettä hyödyllisistä kommentteista.

oiden, mukaisesti. Koska matematiikan ja luonnontieteiden osaamisesta ei ole tytöille hyötyä, he eivät panosta näiden aineiden opiskeluun eivätkä siksi paljasta todellista osaamistaan edes (pakkolisissa) kokeissa.

Segregaatio tarjoaa kiinnostavan lisänäkökulman koulutusvalintoihin. Silloin kun muista erottautuminen on vapaaehtoista, yksilön valintoihin vaikuttavat muiden valinnat tai ominaisuudet; segregaatio kuvaa halua olla samankaltaisten seurassa. Siksi esimerkiksi tytöt voivat haluta opiskella ryhmissä, joissa on riittävän paljon muita tyttöjä. Jos näin ei esimerkiksi luonnontieteissä ole, voi joukko potentiaalisia luonnontieteiden opiskelijoita valita lukiossa muita aineita.

Hyvä matematiikan taito toimii sekä pohjana luonnontieteiden opiskelulle että ennustaa tulevaa palkkaa (esim. Altonji & Blank 1999). Siksi juuri erot matematiikan osaamisessa ovat kiinnittäneet tutkijoiden huomion. Osaamisero näyttää syntyvän iän karttuessa: eroa ei havaita vielä kouluun mentäessä, mutta tilastollisesti merkitsevä osaamisero poikien hyväksi voidaan havaita jo viidennen luokan lopussa (Fryer & Levitt 2009). On myös havaittu, että tyttöjen ja poikien matematiikan keskiarvot eivät usein poikkea toisistaan, mutta jakaumat ovat muodoiltaan erilaiset. Tyttöjen ja poikien välinen ero on suurimmillaan kaikkein korkeimmilla taitotasolla, mikä on omiaan vahvistaman luonnontieteiden miesvaltaisuutta (Ellison & Swanson 2009). Lisäksi parhaimmat tytöt löytyivät lähes yksinomaan eliittikouluista, kun taas pojista huippuosaajia löytyi kaikenlaisista kouluista.

Osaamiseron syiden selvittäminen on osoittautunut vaikeaksi. Roland Fryer ja Steven Levitt (2009) testasivat joukkoa erilaisia suosittuja selitysmalleja, esimerkiksi vanhempien vähäisempiä odotuksia tyttöjen matematiikan taidoille, mutta mikään niistä ei saanut tukea. Luigi Guiso kollegoineen (2008) vertasi puolestaan Pisa-testien matematiikan osaamisessa havaittavaa eroa naisten yhteiskunnallista asemaa mittaaviin indekseihin. Matematiikan osaamisero oli negatiivisesti korreloitunut tasa-arvon kanssa. Kaikkein tasa-arvoisimmissa maissa sukupuolen välistä eroa matematiikan taidoissa ei juuri havaittu.

Koulu- ja ammatinvalintoihin liittyvistä arvostuksista ja valinnoista on tehty jonkin verran kekeellistä tutkimusta. Yksi hypoteesi on naisten ja miesten erilainen tapa suhtautua kilpailuun: eri-

tyisesti naisten halu karttaa kilpailua.¹ On tutkittu kilpailutilanteen vaikutusta koesuoritukseen ja naisten ja miesten tekemiä valintoja kilpailutilanteissa. Muriel Niederle ja Lise Vesterlund (2007) osoittivat, että miehet päättävät osallistua kilpailuun kaksi kertaa naisia useammin. Varsinkin heikosti pärjänneet miehet valitsivat kilpailun liian usein ja hyvin pärjänneet naiset liian harvoin. Kaikilla taitotasolla miehet luottivat kykyihinsä selvästi naisia enemmän ja olivat naisia useammin yli-itsevarmoja, vaikkakin molemmilla sukupuolilla havaittiin taipumusta liialliseen itsevarmuuteen.

Kulttuuri, odotukset ja instituutiot vaikuttavat myös kilpailullisuuteen.² Esimerkiksi Uri Gneezy ja kumppanit (2009) osoittivat, että ero miesten eduksi on erityisen suuri vahvasti patriarkalisissa yhteisöissä, mutta kääntyy naisten eduksi matriarkalisissa yhteisöissä.³ Niederle ja Yestrumskas (2008) puolestaan osoittivat, että instituutioilla on vaikutusta naisten ja miesten valintoihin. Miehet valitsevat vaikeat koetehtävät naisia useammin. Tehokkuuden kannalta huolestuttavaa on, että aiemmissa koetehtävissä heikosti selviytyneet miehet valitsivat vaikeat tehtävät liian usein ja hyvin pärjäävät naiset liian harvoin. Paute omasta suhteellisesta suorituksestaan auttaa sekä miehiä että naisia valitsemaan omaan taitotasoonsa sopivia tehtäviä. Mahdollisuus kokeilla vaikeita tehtäviä puolestaan johtaa siihen, että hyvin osaavat naiset ja miehet sekä heikosti osaavat naiset valitsevat tehtävänsä oikein. Sen sijaan heikosti osaavat miehet yrittävät sitkeästi ratkaista itselleen liian vaikeita tehtäviä.

Lasten keskinäistä kilpailua on tutkittu siinä toivossa, että kasvatuksen ja perimän (biologian) osuutta kilpailun karttamiseen voitaisiin arvioida. Tulokset lasten välisestä kilpailusta ovat olleet ristiriitaisia: osa tuloksista viittaa kulttuurieroihin ja osa siihen, että erot ovat joko synnynnäisiä tai saadaan (kasvatuksella) aikaan hyvin nuorella iällä. Esimerkiksi Matthias Sutter ja Daniela Rützler (2010) osoittivat, että ero poiki-

1 *Kouluun ja työelämään liittyvä väistämättä kilpailua esimerkiksi kokeiden ja testien muodossa.*

2 *Instituutioilla tarkoitetaan tässä erityisesti taloudellisia instituutioita, jotka esimerkiksi luovat yksilölle kannusteen investoida koulutukseen (tarkemmin Acemoglu & Robinson 2012, 429–430).*

3 *Rachel Croson ja Uri Gneezy (2009) esittävät laajan katsauksen arvostuksiin liittyvistä sukupuolieroista saadusta tutkimusnäytöstä.*

en ja tyttöjen välisessä kilpailullisuudessa on havaittavissa jo kolmivuotiailla, eikä se juuri muutu iän myötä. Israelissa pojat paransivat suoritustaan tyttöjä enemmän kilpaillessaan toista lasta vastaan (Gneezy & Rustichini 2004), mutta tulosta ei pystytty toistamaan Ruotsissa, vaikka koetta replikoitiin usein eri tavoin; Ruotsissa tytöt ja pojat reagoivat kilpailuun samalla tavalla (Dreber & al. 2009). Britannian kouluissa tehdyssä kokeessa tytöt karttoivat kilpailua samaan tapaan kuin aikuiset naiset, mutta tyttökouluun tytöt valitsivat kilpailun todennäköisemmin kuin yhteiskoulun tytöt (Booth & Nolen 2009).⁴

Sukupuolen mukaan eriytynyt opiskelu lukiossa

Kilpailu- ja valintatilanteissa saatujen tulosten perusteella voidaan arvioida poikien ja tyttöjen lukio-opinnoissa tekemiä valintoja, ja niiden pohjalta voidaan esittää useampikin väite. Tytöt aliarvioivat osaamisensa vaikeina pidetyissä luonnontieteissä, erityisesti laajassa matematiikassa ja fysiikassa, kun taas pojat yliarvioivat osaamisensa ja valitsevat luonnontieteet liian usein. Tytöt eivät ehkä halua opiskella poikavaltaisissa ryhmissä, minkä lisäksi he saattavat karttaa kilpailua poikia vastaan. Jos nuoret saavat lisää tietoa omasta osaamisestaan suhteessa muihin, sen pitäisi auttaa sekä tyttöjä että poikia tekemään taitotasolleen paremmin sopivia valintoja. Mitä näyttöä edellä esitettyjen selitysten puolesta tai niitä vastaan voidaan esittää?

Vuosien 1990–2010 ylioppilastutkintorekisterissä on runsaasti tietoa tyttöjen ja poikien valinnoista. Viime vuosina lisääntynyt valinnaisuus antaa mahdollisuuden arvioida instituutioiden vaikutuksia, sillä vapaavalintaisuuden pitäisi johtaa siihen, että oman osaamistasonsa heikoksi arvioivat jättävät aineen kirjoittamatta tai kirjoittavat siitä matalimman tason kokeen, jos sellainen on tarjolla. Heillä on siten mahdollisuus hankkia lisää informaatiota omasta suhteellisesta osaamisestaan. Valinnaisuuden varjopuoli on, et-

tä sen myötä kirjoittaneiden otos ei ole edustava otos aineen opiskelijoista tai opiskelijoista ylipäätään. Tällöin ne, jotka kirjoittava aineen ylioppilaskokeessa, ovat parempia kuin aineen opiskelijat keskimäärin. Jos lisäksi valinnoissa ja todennäköisyydessä kirjoittaa jokin tietty aine on runsaasti eroja sukupuolten välillä, valikoituminen siirtää aineen harvemmin kirjoittavan sukupuolen pistejakaumaa oikealle suhteessa populaation jakaumaan. Siksi tuloksia on hyvä tulkita erilaiset osallistumisasteet huomioon ottaen.

Ylioppilaskokeessa siirryttiin ainereaaliiin vuonna 2006, mikä mahdollistaa tyttöjen ja poikien valintojen tarkastelun ainekohtaisesti. Jos nuoret valitsevat kirjoittamansa aineet pelkästään todellisten kykyjensä mukaan, pitäisi esimerkiksi vaikeina pidetyn laajan matematiikan ja fysiikan kirjoittaneiden tyttöjen ja poikien jakaumat näyttää kutakuinkin samanlaisilta, eli tytöt ja pojat kirjoittavat aineet suunnilleen yhtä usein ja yhtä hyvin. Jos osallistumisasteissa ja jakaumissa on kovasti eroa, päättyy aineita opiskelemaan nuoria, joilla ei ole riittävästi lahjoja tai motivaatiota opiskella kyseistä ainetta tai lahjakkaita nuoria päättää jättää aineen pois opinnoistaan. Tämä voi olla merkki siitä, että kaikki nuoret eivät osaa käyttää saamaansa tietoa suhteellisista kyvyistään tehokkaasti tai todelliset kyvyt paljastuvat heille vasta kirjoituksissa. Lisäksi on mahdollista, että väärää valintaa voi olla vaikea myöhemmin muuttaa.

Vuoden 2006 jälkeen ylioppilastutkintorekisteristä voidaan tehdä johtopäätöksiä valikoitumisesta, kun tiedetään, mitä aineita ja millaisin tuloksin tytöt ja pojat kirjoittavat reaalisissa. Myös lyhyen matematiikan tuloksia tarkastellaan tässä lyhyemmässä otoksessa. Sen sijaan vuoden 1990 keväästä alkavasta aineistosta tarkastellaan pitkän matematiikan kirjoittamisen yleisyyttä ja pisteitä sekä näiden vuosittaisia muutoksia. Pitkässä matematiikassa tarkastelu on jaettu kahteen periodiin vuoden 1996 mukaan, sillä vuoden 1996 jälkeen pitkän matematiikan opiskelleille sen kirjoittaminen oli vapaaehtoista.

Alkuperäisessä vuosien 1990–2010 rekisteriaineistossa on noin 4,3 miljoonia havaintoja, yli 40 000 kokelaasta, yli 20 vuodelta, mikä tekee aineiston analyysistä laskennallisesti vaativan. Siksi aineistoa on rajattu mahdollisimman yksinkertaisella tavalla siten, että eri vuosien tulokset olisivat keskenään mahdollisimman vertailukelpoisia kirjoitusten uudistuksista huolimatta, eikä infor-

⁴ Vastaava tulos on aiemmin saatu naisten ja miesten keskinäisissä kisoissa, missä naiset pärjäsivät kisassa paremmin pelkästään kisatessaan naisia kuin kisatessaan sekä naisia että miehiä vastaan (Gneezy & al. 2003). Jossain määrin samansuuntaisia tuloksia on Suomen aineistolla saanut Tuomas Pekkarinen (2008).

maatiota hukattaisi tehtyjen rajausten takia. Tarkastelussa on otettu huomioon vain ne kokelaat, jotka joko kirjoittivat ainetta ensimmäistä kertaa tai uusivat kertaalleen hylättyä koetta. Hyväksytyyn kokeen uusijat on aineistosta rajattu pois.

Luonnontieteiden opiskelu ja ylioppilaskirjoitusten tulokset

Jos tytöt valikoituvat pois luonnontieteistä siksi, että he ovat epävarmempia kyvyistään, näkyy valikoituminen ylioppilaskirjoituksissa seuraavasti. Ensinnäkin luonnontieteiden kirjoittajista suurempi osuus on poikia, mutta ne tytöt, jotka kirjoittavat esimerkiksi laajan matematiikan ja fysiikan, kirjoittavat ne keskimäärin paremmin kuin pojat, sillä tyttöjen motivaation ja kyvykkyyden voidaan olettaa olevan korkeampi kuin pojilla.

2000-luvulla lukiokoulutuksen aloittaneista keskimäärin 57 prosenttia on ollut tyttöjä, kun mukaan luetaan aikuisten opetus suunnitelman mukaan opiskelleet (Hartonen 2012). Tytöt valitsevat siis poikia useammin opintopolun, joka tähtää akateemisiin jatko-opintoihin. Sen lisäksi, että tytöt ja pojat valitsevat lukion eri määrin, he ovat lukiossa myös eri tavoin edustettuina eri oppiaineiden opiskelijoissa ja kirjoittajissa (taulukko 1). Nämä valinnat taas estävät tai mahdollistavat myöhempiä opintoja ja ammatinvalintoja.

Taulukossa 1 on esitetty tyttöjen osuus eri luonnontieteiden aineen opiskelijoissa, tyttöjen osuus syventävien kurssien suorittajissa (Hirvonen 2012) sekä käytetystä aineistosta lasketut osuudet aineen kirjoittajissa vuosina 2009–2010 (omat laskelmat). Tyttöjen osuus fysiikan opiskelijoissa oli noin 37 prosenttia, ja vähintään 6 kurssia opiskelleiden joukossa tyttöjen osuus oli noin 27 prosenttia. Aineistosta laskettuna tyttöjen osuus fysiikan kirjoittaneista oli näinä vuosina 20 prosenttia. Erotus fysiikkaa opiskelleiden ja sen kirjoittaneiden osuuksissa on huomattava. Tytöt kyllä suorittavat fysiikan opintoja, mutta eivät opiskele ylimääräisiä syventäviä kursseja tai kirjoita ainetta. Näyttää siltä, että tytöt käyttävät mahdollisuutta selvittää oman taitotasonsa fysiikassa aloittamalla aineen opinnot, mutta jättävät ne kesken ennen kirjoituksia.

Kuviossa 1 on esitetty pitkän matematiikan pisteiden jakaumat tytöille ja pojille erikseen. Koepisteet on esitetty x-akselilla ja kunkin pisteen osuus y-akselilla. Kuviossa 1.1 on käytet-

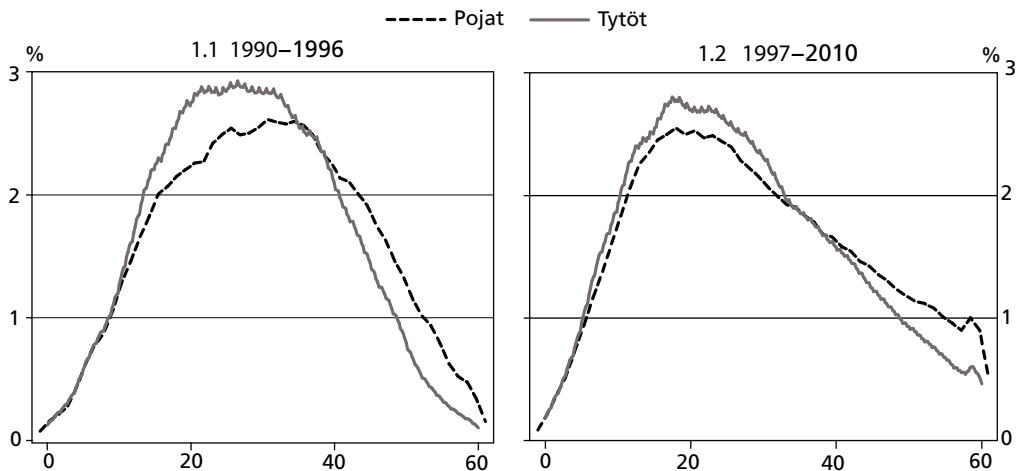
Taulukko 1. Tyttöjen osuus luonnontieteiden opiskelijoissa ja kirjoittajissa lukiossa vuosina 2009–2010, %.

	Tyttöjen osuus		
	opiskelijoista	ylimääräisten syventävien kurssien opiskelijoista	kirjoittajista
Laaja matematiikka	48	48	46
Fysiikka	37	27	20
Lyhyt matematiikka	60	60	56
Kemia	45	43	40
Biologia	62	62	66
Maantiede	52	49	44

Lähteet: Hirvonen (2012); omat laskelmat.

ty vuosien 1990–1996 aineistoa ja kuviossa 1.2 vuosien 1997–2010 aineistoa. Jaottelu johtuu siitä, että vuodesta 1996 alkaen kokelas on saanut opiskelemastaan oppimäärästä riippumatta valita vapaasti joko pitkän tai lyhyen matematiikan kokeen tai reaalkokeen. Ennen vuotta 1996 oli tilanteessa, jossa kokeen vaikeus piti päättää ennalta. Vuoden 1996 jälkeen oppilailta on ollut mahdollisuus hankkia lisätietoa omasta osaamisestaan opiskelemalla laajan matematiikan ja jättämällä sen kirjoittamatta. Voidaan olettaa, että mahdollisuus jättää pitkä matematiikka kirjoittamatta kannustaa kyvyistään epävarmoja tyttöjä opiskelemaan sitä ja siten hankkimaan lisää tietoa todellisesta osaamisestaan. Jos informaatiota käytetään tehokkaasti, vapaavalintaisuuden pitäisi johtaa siihen, että aineen kirjoittavat ne, jotka uskovat osaavansa sitä riittävän hyvin. Siksi on kiinnostavaa tarkastella tyttöjen ja poikien osallistumisasteita ja niiden muutoksia.

Aineistossa laajan matematiikan kirjoittajista oli vuosina 1990–1996 poikia 63 prosenttia ja 58 prosenttia vuoden 1996 jälkeen. Aivan viimeisinä vuosina, vuosina 2009–2010, poikien osuus oli enää 54 prosenttia. Tyttöjen osuus on siis vapaavalintaisuuteen siirtymisen jälkeen tasaisesti noussut ja poikien laskenut. Kaikista ylioppilaskokeeseen osallistuneista pojista laajan matematiikan kirjoitti 63 prosenttia vuosina 1990–1996 ja 51 prosenttia vuoden 1996 jälkeen: vapaavalintaisuuden myötä poikien osallistumisaste on



Kuvio 1. Laajan matematiikan pisteiden jakaumat.

pudonnut peräti 12 prosenttiyksikköä. Tyttöillä vastaavat osuudet olivat 26 ja 27 prosenttia, eli tytöillä laajan matematiikan kirjoittamisen yleisyys näyttäisi pysyneen kutakuinkin samalla tasolla. Poikien kato kertoo, että aiemmin poikien oli joko pakko kirjoittaa laaja matematiikka tai he eivät tunnistanee omaa osaamisen tasoaan oikein (riittävän aikaisin).

Pojat kirjottavat laajan matematiikan huomattavasti tyttöjä useammin, joten jos matemaattinen lahjakkuus on jakautunut tasaisesti ja se paljastuu ylioppilaskokeessa, tyttöjen pitäisi kirjoittaa laaja matematiikka poikia paremmin. Kuviossa 1.1 tyttöjen jakauma on hivenen poikien jakaumaa huipukkaampi, ja pojilla on enemmän massaa pisteiden 40 ja 60 välillä. Vaikka vuosina 1990–1996 pojat kirjoittivat pitkän matematiikan yli kaksi kertaa tyttöjä useammin, he kirjoittivat sen myös paremmin. Poikien pisteiden keskiarvo oli noin kaksi pistettä tyttöjen keskiarvoa korkeampi, mikä on 3 prosenttia kokeen maksimista. Kolmogorov–Smirnov-testin mukaan ero jakaumissa on tilastollisesti merkitsevä.⁵

Edellisen tuloksen perusteella onkin kiinnostavaa, miten vapaavalintaisuus vaikutti kirjoitusten tuloksiin.⁶ Vaikka tyttöjen osuus laajan matematiikan

osasta on lisääntynyt ja poikien osallistumisaste huomattavasti laskenut, poikien ja tyttöjen välinen kahden pisteen ero on keskiarvossa säilynyt lähes samana tai hivenen kaventunut. Hieman yllättäen se, että pojat kirjoittavat laajan matematiikan huomattavasti harvemmin kuin ennen, ei näytä kasvattaneen poikien etua suhteessa tyttöihin. Pikemminkin päinvastoin, sillä tyttöjen jakauma näyttäisi sijaintinsa ja muotonsa puolesta lähestyneen poikien jakaumaa.⁷

On mahdollista, että laajan matematiikan valitsee nyt useampi tyttö kuin aiemmin, koska sen voi aina jättää kirjoittamatta eikä se estä pääsyä ylioppilaaksi. Näin tytöt saavat lisää tietoa kyvyistään ja matemaattisesti lahjakkaat tytöt päätyvät aiempaa useammin opiskelemaan laajan matematiikan. Lisäksi ennen vapaavalintaisuuteen siirtymistä moni todellisuudessa heikosti matematiikkaa osaava poika oli pakotettu kirjoittamaan laajan matematiikan. Vapaavalintaisuus ja mahdollisuus kokeilla ovat helpottaneet omaan osaamiseen sopivien valintojen tekoa.

Vuodesta 2006 lähtien voidaan tarkastella tyttöjen ja poikien menestymistä eri luonnontieteiden aineissa. Poikien osuus fysiikan kirjoittajista on keskimäärin ollut noin 80 prosenttia, vain joka viides fysiikan kirjoittaja on tyttö. Kaikista miespuolisista kokelaista noin 30 prosenttia ja naispuolisista noin 6 prosenttia kirjoitti fysiikan. Fysiikan opiskelu on edelleen erittäin miehinen

⁵ Poikien keskiarvo ennen vuotta 1996 oli 30,5 ja tyttöjen 28,2 pistettä. Vuoden 1996 jälkeen poikien keskiarvo oli 28,9 ja tyttöjen 27,1. Molemmat erot ovat tilastollisesti merkitseviä. Koska aineistossa on kymmeniätuhansia havaintoja, pienetkin erot näyttävät helposti tilastollisesti merkitsevinä.

⁶ Vuonna 2000 kokeessa oli 15 tehtävää, josta kokelas sai valita 10. Kokelaan on siis helpompi valita itselleen sopivia tehtäviä, mikä nostaa kokelaiden saamia koepisteitä. Myös kokeen maksimipisteet nousivat yli 60:n.

⁷ Kertymäfunktioiden tarkastelu vahvistaa tämän näkemyksen. Kertymäfunktiot on saatavissa pyynnöstä kirjoittajalta.

laji, mikä näkyy myös kolmannen asteen koulutusvalinnoissa.

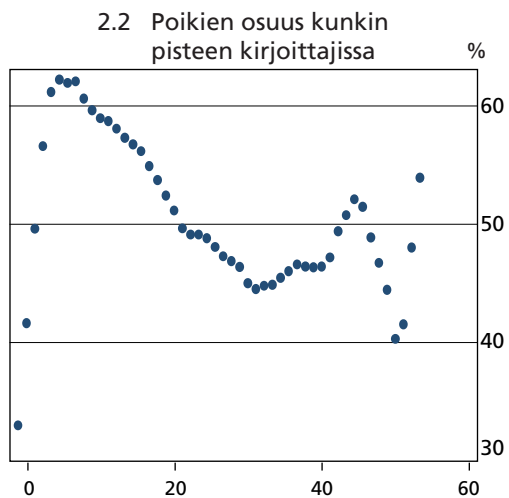
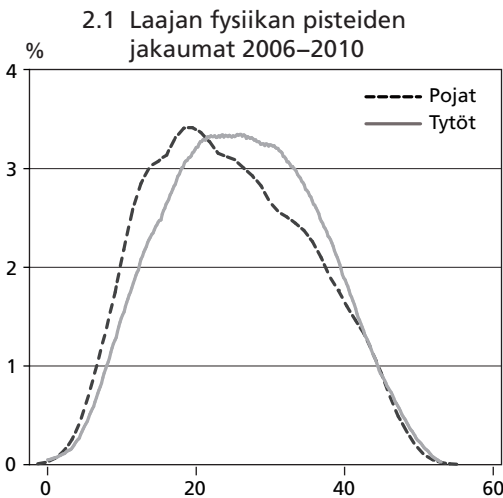
Tyttöjen ja poikien osallistumiserot fysiikan opiskelussa ja kirjoittamisessa ovat huomattavat. Fysiikan kirjoittaneiden tyttöjen pitäisi olla noin tavoin valikoitunut joukko, minkä tulisi näkyä kirjoitusten tuloksissa. Kuvio 2.1 esittää tyttöjen ja poikien pisteiden jakaumia, ja kuviossa 2.2 on jakaumien ero siten, että pystyakselilla on esitetty poikien osuus kunkin pistemäärän kirjoittajissa. Jälkimmäisessä kuvaajassa vähintään 52 pistettä kirjoittaneet on tapausten harvinaisuuden vuoksi yhdistetty yhdeksi ryhmäksi.

Tytöt todella kirjoittavat fysiikan paremmin kuin pojat. Vaikka ero tyttöjen ja poikien keskiarvoissa ei ole suuri, vain noin 1,5 pistettä, on se tilastollisesti merkitsevä 1 prosentin luottamustasolla. Myös ero jakaumissa on Kolmogorov–Smirnov-testin mukaan tilastollisesti merkitsevä. Tytöt ovat yliedustettuina erityisesti vähintään magna cum lauden arvoisesti kirjoittaneissa. Jakaumien välinen ero näkyy selvästi kuviossa 2.2, jonka vaaka-akselilla on fysiikan kokeen pisteet välillä 0–52 ja pystyakselilla kunkin pisteen esiintymisen todennäköisyydet pojille suhteessa kaikkiin fysiikan kirjoittajiin, huomioon ottaen tyttöjen ja poikien erilaiset osuudet fysiikan kirjoittajista. Silloin kun pystyakselin arvo ylittää 50 prosenttia, ovat pojat yliedustettuna kyseises-

sä ryhmässä. Pojat ovat siis yliedustettuina heikoimmassa fysiikan kirjoittajissa ja tytöt taas pistejakauman keskivaiheella. Kun pisteet nousevat yli 50:n, pojat ovat taas yliedustettuina tässä ryhmässä. Pojat ovat siis yliedustettuina matalammassa arvosanoissa (ja aivan huipulla), ja vastavasti tytöt ovat yliedustettuina korkeimmassa arvosanaluokissa aivan huippupisteitä lukuun ottamatta.⁸

Tytöt aloittavat fysiikan opinnot useammin kuin kirjoittavat, eli he jättävät fysiikan kirjoittamatta, jos se ei suju toivotulla tavalla. Pojat puolestaan jatkavat yrittämistä ja päätyvät kirjoittamaan fysiikan. Tulos on linjassa sen kanssa, että miesten havaittiin jatkavan itselleen vaikeiden tehtävien tekemistä. On vaikea sanoa, luovuttavatko tytöt liian helpolla vai jatkavatko pojat liian pitkään vai kenties sekä että, mutta tehokkuuden kannalta molemmat tulemat ovat ongelmallisia.

Kuviossa 3 ovat lyhyen matematiikan (3.1), kemian (3.2), biologian (3.3) ja maantiedon jakaumat (3.4) vuosina 2006–2010. Luonnontieteissä pojat ja tytöt kirjoittavat ja opiskelevat eri aineita. Lisäksi näitä aineita opiskelleet tytöt jättävät poikia useammin kemian, maantieteen ja lyhyen matematiikan kirjoittamatta (taulukko 1). Tytöt käyttävät poikia useammin hyväksi mahdollisuutta kokeilla ja sitten valita, mitä kir-



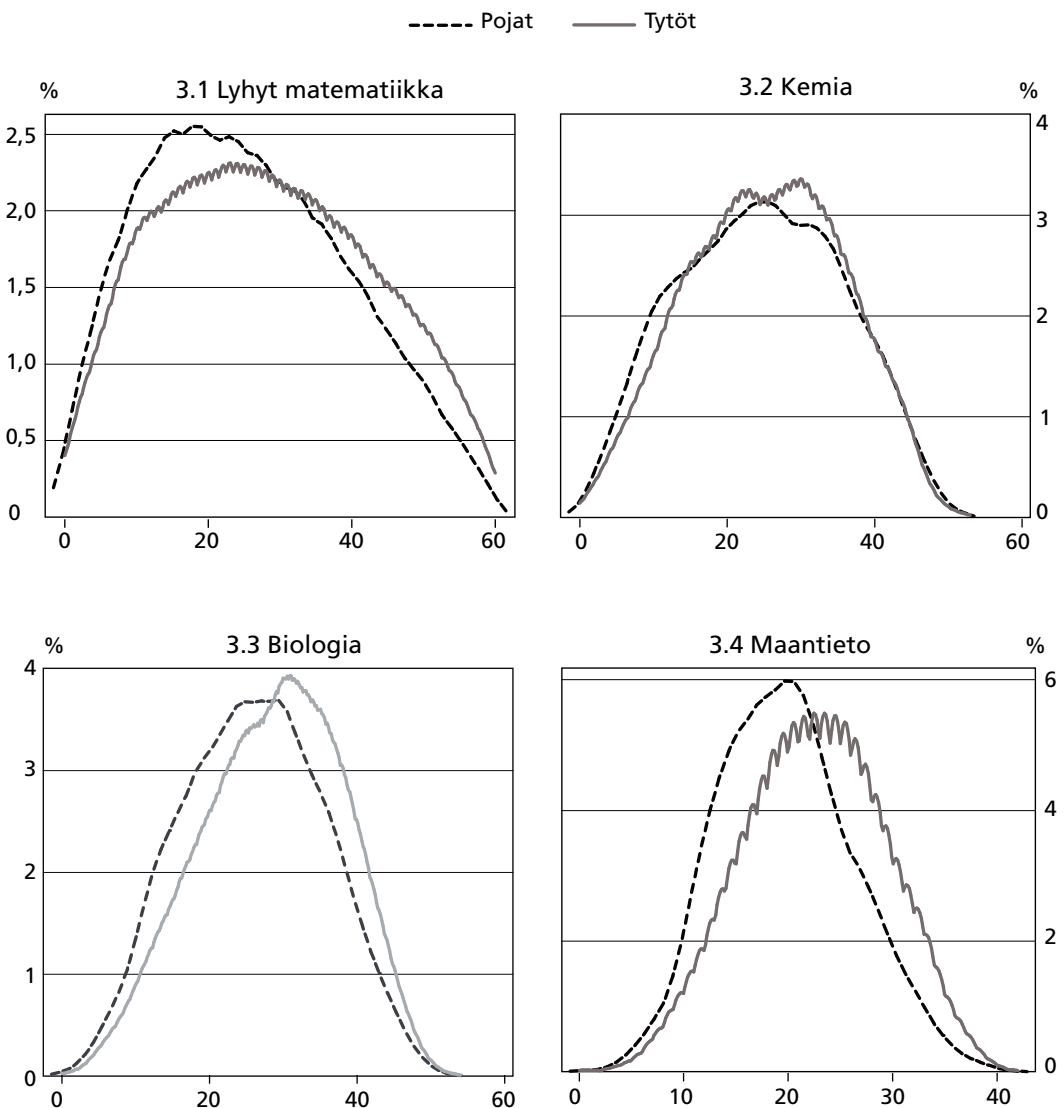
Kuvio 2. Fysiikan kokeen pisteiden jakaumat vuosille 2006–2010 sekä tyttöjen ja poikien jakauman erotus.

⁸ Viime vuosina fysiikasta on saanut laudaturin, jos on kirjoittanut vähintään 42–43 pistettä. Laudaturin alaraja on ollut sangen kaukana huippupisteistä.

joittavat. Poikien puolestaan voi olla vaikeampi muuttaa suunnitelmiaan lukio-opintojen aikana. Tähän kannattaa kiinnittää opintojen ohjauksessa huomiota hyvissä ajoin.

Teoriassa, jos lahjakkuus on jakautunut tasaisesti tyttöjen ja poikien kesken, pitäisi erilaisen kirjoituksiin osallistumisasteiden johtaa siihen, että se sukupuoli, joka kirjoittaa aineen useammin (tai useammin suhteessa aineen opiskelun yleisyyteen), kirjoittaa sen heikommin. Tällöin siis tyttöjen pitäisi kirjoittaa kemia ja maantieto poikia paremmin ja poikien pitäisi kirjoittaa biologia tyttöjä paremmin. Tilanne lyhyessä matematiikassa lienee epäselvä nyt, kun ko-

kelaiilla on mahdollisuus opiskella laajaa matematiikkaa ja kirjoittaa aine silti lyhyenä. Kuvien 3.1.–3.4. jakaumien perusteella näyttää siltä, että tytöt tuntuvat pärjäävän kaikissa näissä aineissa poikia paremmin. Tyttöjen hyvä menestyminen lyhyessä matematiikassa viittaa siihen, että osa tytöistä joko vaihtaa pitkästä matematiikasta lyhyeen tai jättää lyhyen matematiikan kokonaan kirjoittamatta, jos epäilee kykyjään. Vastaavasti pojat näyttävät kokevan tarpeelliseksi tai pakolliseksi kirjoittaa matematiikka vähintään lyhyenä, jolloin heikosti motivoituneet pojatkin kirjoittavat sen.



Kuvio 3. Poikien ja tyttöjen lyhyen matematiikan, kemian, biologian ja maantiedon pisteet vuosina 2006–2010.

Yhteenvetona voidaan todeta, että pitkää matematiikkaa lukuun ottamatta tytöt kirjoittavat luonnontieteet poikia paremmin. Lisäksi matematiikan tuloksissa on viitteitä siitä, että valintojen vapautumisen myötä valinnat ovat tehostuneet. Fysiikan tulokset kertovat päinvastaisesta tuloksesta.

Johtopäätökset

Suomen lukioissa tytöt opiskelevat luonnontieteitä useammin kuin kirjoittavat ne. He testavat omaa osaamistaan ja opiskelevat varmuuden vuoksi laajan matematiikan ja joukon muita aineita, jolloin he voivat halutessaan jättää joitakin näistä kirjoittamatta. Siitä huolimatta tytöt eivät edelleenkään pärjää pojille matematiikassa, mutta kun otetaan huomioon poikien osallistumiseen lasku, sukupuolten välinen ero on supistunut. Fysiikan kirjoittajista pojat ovat edelleen yliedustettuina lähinnä tyttöjen vähäisen osallistumisen johdosta. Fysiikan kirjoittavat tytöt kirjoittavat sen keskimäärin paremmin kuin pojat, mutta he ovat erittäin valikoitunut joukko.

On esitetty, että tytöt karttavat kilpailua. Eriytyisesti tytöt karttavat kilpailua poikia vastaan, ja jos he joutuvat mukaan kilpailuun, he tuolloin alisuoriutuvat. Tämä hypoteesi on linjassa laajan matematiikan tulosten kanssa. Mutta toisenlaisiakin väitteitä on esitetty: ne harvalukuiset naiset, jotka päättävät lähteä mukaan kilpailuun ja miehille aloille, usein menestyvät yhtä hyvin kuin miehet. Tällainen tendenssi voi olla nähtävissä fysiikan tuloksista.

Kilpailullisuuteen liittyvä tutkimus antaa myös välineitä suositusten esittämiseen: Tyypillisesti naiset aliarvioivat ja miehet yliarvioivat omat kykynsä, mikä johtaa molemmilla tehottomiin valintoihin. Molemmat sukupuolet näyttävät hyötyvän informaatiosta erityisesti silloin, kun he saavat tietoa omasta suhteellisesta suorituksistaan. Instituutioiden suunnittelun näkökulmasta kiinnostava havainto on, että informaatio omasta suhteellisesta osaamisestaan johtaa varmemmin tehokkaisiin ratkaisuihin kuin mahdollisuus kokeilla vaikeita tehtäviä, joka sekin johtaa tehokkaampiin ratkaisuihin kuin tehtävien valinta ilman informaatiota.

Millaista politiikkaa tulee harjoittaa, jos tytöt

karttavat luonnontieteitä, koska he aliarvioivat osaamistaan, ja pojat puolestaan päätyvät luonnontieteisiin, koska he yliarvioivat todelliset kykynsä? Tutkimusten perusteella voidaan olettaa, että molemmat sukupuolet osasivat arvioida omaa osaamistaan realistisemmin, kun he saivat informaatiota omasta suhteellisesta suoriutumisestaan. Kirjoitusten vapaavalintaisuuden lisääntyminen on tarjonnut nuorille keinon hankkia lisää informaatiota omasta suhteellisesta suorituksestaan, ja nuoret tuntuvat käyttävän sitä. Tieto omasta osaamisesta suhteessa muihin annetaan Suomessa hyvin myöhään, vasta lukiossa opintojen ollessa jo käynnissä. Tässä vaiheessa tehtyjä valintoja on vaikea muuttaa. Suomalaiset oppilaat tarvitsevat enemmän tietoa omasta osaamisestaan suhteessa muihin. Luultavasti yläkoulun oppilaat hyötyisivät valtakunnallisesta kokeesta, jolloin he saisivat tietää, mikä on muun ikäluokan osaamisen taso. Informaation tarjoaminen päätöksenteon tueksi toisen asteen kouluvalintoja tekeville nuorille ja heidän vanhemmilleen, voisi auttaa nuoria hahmottamaan kykynsä oikein ja tekemään parempia valintoja heti alusta pitäen.

Euroopan komissio on juuri käynnistänyt ohjelman, jonka tavoite on kannustaa tyttöjä luonnontieteiden pariin (European Commission 2012). Tytöt pitäisikin saada rohkeammin kokeilemaan niin matematiikan kuin fysiikan opiskelua. Siksi tyttöjä on syytä kannustaa valitsemaan lukiossa luonnontieteitä ja jatkamaan alojen opintoja myös korkeakoulussa. Nykyisenkaltainen tyttöjen kykyjen haaskaaminen on tehotonta. Toisaalta jos lukiota käyvät tytöt ennakoivat, että heidän mahdollisuutensa edetä uralta ovat luonnontieteissä poikia heikommat, on luonnontieteiden karttaminen yksilön kannalta oikea ratkaisu. Siksi myös liike-elämän ja korkeakoulujen käytäntöjä on syytä tarkastella kriittisesti: millaiset kannusteet ne luovat tytöille luonnontieteiden opiskeluun?

Komission ohjelman rinnalle tarvittaisiin myös ohjelma, joka kannustaisi poikia valitsemaan luonnontieteiden sijaan tai niiden lisäksi muita aineita, vaikkapa kieliä. Näin pojilla olisi lukion jälkeen valittavissaan useampia aloja, joihin haakeutua opiskelemaan. Tulosten perusteella näyttää siltä, että pienillä muutoksilla voidaan tehottaa sekä tyttöjen että poikien valintoja.

TIIVISTELMÄ

Jenni Pääkkönen: Sukupuolten väliset erot matematiikan ja luonnontieteiden osaamisessa lukiossa

Kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että tytöt ja pojat näyttävät osaavan matematiikkaa keskimäärin yhtä hyvin, mutta tytöt ovat aliedustettuina kaikkein korkeimmilla taitotasoilla. Naiset ovat myös aliedustettuina luonnontieteissä, matematiikassa ja insinööritieteissä. Yksi mahdollinen selitys sekä tyttöjen puuttumiseen huipulta että naisten halu karttaa kilpailua. Jos opinnot ja kokeet mielletään kilpailutilanteeksi, ennustavat kilpailullisuudesta saadut tutkimustulokset tytöille heidän todellisia kykyjään heikompaa suoriutumista kokeissa erityisesti miesvaltaisilla aloilla.

Yksi luonteva kilpailutilanne, jossa tyttöjä ja poikia verrataan toisiinsa, ovat ylioppilaskirjoitukset. Siksi tässä artikkelissa verrataan tyttöjen ja poikien suoriutumista ylioppilaskirjoitusten luonnontieteiden kokeissa. Lisäksi selvitetään, miten muutokset ylioppilaskirjoituksissa vaikuttavat nuorten valintoihin siitä, mitä aineita he kirjoittavat ylioppilastutkinnossa. Lisäksi pohditaan, miten instituutioiden muutokset voivat vaikuttaa tyttöjen ja poikien valintoihin.

Pitkän matematiikan opiskelulle sen kirjoittaminen muuttui vapaavalintaiseksi kevään 1996 kirjoituksissa. Vapaavalintaisuus on antanut mahdollisuuden kokeilla laajan matematiikan opiskelua ilman, että sitä on pakko kirjoittaa. Vuosina 1990–1996 poikien koepisteiden keskiarvo oli kolme pistettä tyttöjen keskiarvoa korkeampi. Muutoksen jälkeen, vuosina 1997–2010, ero on ollut kaksi pistettä. Vaikka muutos ei tunnu suurelta, sen merkitys korostuu, kun otetaan huomioon osallistumisasteiden muutokset. Poiki-

en osallistuminen pitkän matematiikan yo-kirjoituksiin on laskenut 12 prosenttiyksikköä, mutta tyttöjen osallistumisaste ei ole muuttunut. Tyttöjen ja poikien välinen ero on siten tasoittunut, vaikka tytöt ovat edelleen aliedustettuina huipulla.

Tyttöjen fysiikan keskiarvo on poikia korkeampi, mikä selittyy osallistumiseroilla: pojista noin 30 prosenttia kirjoittaa fysiikan, tytöistä vain noin 6 prosenttia. Fysiikassakin tytöt ovat aliedustettuina alan huipulla. Toisaalta tytöt suorittavat fysiikan ja muiden luonnontieteiden opinnot useammin kuin kirjoittavat aineen, eli tytöistä karsiutuu poikia suurempi osuus aineen kirjoittajista. Saadut tulokset ovat linjassa aikaisempien tutkimusten tulosten kanssa: erot keskiarvoissa ovat pienet, mutta erot huipulla ovat suuret. Vapaavalintaisuus on tehostanut valintoja, ja tytöt näyttävät hankkivan ja käyttävän informaatiota omasta suhteellisesta osaamisestaan poikia tehokkaammin.

Yksilön kannalta voi olla rationaalista, että tytöt eivät opiskele luonnontieteitä, jos he arvioivat, että eivät tule sukupuolensa takia menestymään työelämässä. Yhteiskunnan näkökulmasta naisten aliedustus kuitenkin johtaa tehottomuuteen. Tyttöjen ja poikien valintoihin on mahdollista vaikuttaa muun muassa antamalla heille enemmän ja aiemmin informaatiota heidän suhteellisesta osaamisestaan. Pelkästään mahdollisuus opiskella luonnontieteitä ilman, että aineita täytyy kirjoittaa, on muuttanut ja tehostanut tyttöjen ja poikien valintoja. Nämä tulokset on hyvä pitää mielessä, kun lukiokoulutusta ja ylioppilastutkintoa uudistetaan.

Avainsanat: luonnontieteet, valinnat, kilpailullisuus

KIRJALLISUUS

- Acemoglu, Daron & Robinson, James A.: Why nations fail. The origins of power, prosperity and poverty. London: Profile Books, 2012.
- Altonji, Joseph G. & Blank, Rebecca: Race and Gender in the Labor Market. P. 3144–3259. In O. Ashenfelter & D. (eds.): Card Handbook of Labor Economics, vol 3c. Amsterdam: Elsevier Science, 1999.
- Angrist, Joshua & Lavy, Victor: The effects of high stakes high school achievement awards: Evidence from randomized trial. *American Economic Review* 99 (2009), 4: 1384–1414.
- Booth, Alison L. & Nolen, Patrick J.: Choosing to compete: How different are girls and boys? *IZA Dp No. 4027*. February 2009.
- Dreber, Anna & von Essen, Emma & Ranehill, Eva: Outrunning the gender gap – boys and girls compete equally. *SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance No. 709*, 2009.
- European Commission: Commission launches “Science: it’s a girl thing!” campaign. Memo, 2012.
- Crosen, Rachel & Gneezy, Uri: Gender Differences in Preferences. *Journal of Economic Literature*, 47 (2009), 2: 448–474.
- Fryer, Roland G. & Levitt, Steven D.: An empirical analysis of the gender gap in mathematics. *NBER Working Paper 15430*, 2009.
- Gneezy, Uri & Leonard, Kenneth L. & List, John A.: Gender Differences in Competition: Evidence From a Matrilineal and a Patriarchal Society. *Econometrica* 77 (2009): 5, 1637–1664.
- Gneezy, Uri & Niederle, Muriel & Rustichini, Aldo: Performance in competitive environments: Gender differences. *Quarterly Journal of Economics*, 118 (2003): 1049–1074.
- Gneezy, Uri & Rustichini, Aldo: Gender and competition at a young age. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 94 (2004): 377–381.
- Guiso, Luigi & Monte, Fernando & Sapienza, Paola & Zingales, Luigi: Culture, gender and math. *Science*, 320 (2008): 1164–1165.
- Hartonen, Markku: Lukiokoulutus. Teoksessa Timo Kumpulainen (toim.): Koulutuksen tilastollinen vuosikirja 2011. Opetushallituksen koulutuksen

- seurantaporitit, 2012:5. Helsinki: Opetushallitus, 2012.
- Hunt, Jennifer: Why do women leave science and engineering? IZA DP No. 6885, 2012.
- Jacob, Brian A. & Ludwig, Jens: Improving educational outcomes for poor children. In Maria Cancian & Sheldon Danziger (eds.): "Changing Poverty", 2009.
- Lavy, Victor: Performance pay and teachers' effort, productivity and grading ethics. *American Economic Review* 99 (2009): 5, 1979–2011.
- Niederle, Muriel & Vesterlund, Lise: Do women shy away from competition? Do men compete too much? *The Quarterly Journal of Economics* (2007):1067–1101.
- Niederle, Muriel & Yestrumskas, Alexandra: Gender Differences in Seeking Challenges: The Role of Institutions. NBER Working Papers 13922, 2008.
- OECD: Education at a glance 2011: OECD indicators. Paris: OECD, 2011.
- Opetushallitus: Koulu – sukupuoli – oppimistulokset. Helsinki: Opetushallitus, 2004.
- Pekkarinen, Tuomas: Gender Differences in Educational Attainment: Evidence on the Role of Tracking from a Finnish Quasi-experiment. *Scandinavian Journal of Economics* 110 (2008): 4, 807–825.
- Pekkarinen, Tuomas: Gender differences in education. IZA DP No. 6390, 2012.
- Pekkarinen, Tuomas & Uusitalo, Roope: Peruskoulu-uudistuksen vaikutukset. *Kansantaloudellinen aikakauskirja* 108 (2012), 2: 128–139.
- Sulkunen, Sari & Välijärvi Jouni: Kestääkö osaamisen pohja? Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2012:12. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2012.
- Sutter, Matthias & Rützer, Daniela: Gender differences in competition emerge early in life. IZA DP No. 5015, 2010.
- Valtioneuvoston kanslia: Neuvottelutulos hallitushelmasta, 17.6.2011.