

SÄHKÖISEN MATEMATIIKAN TENTIN TOTEUTTAMINEN JA OPISKELIJOIDEN KOKEMUKSET SÄHKÖISESTÄ TEN- TISTÄ

Salla Koskinen¹, Jesse Kela¹, Simo Ali-Löytty¹ ja Jorma Joutsenlahti²

¹Tampereen teknillinen yliopisto ja ²Tampereen yliopisto

TIIVISTELMÄ

*Tässä tutkimuksessa tutkittiin matematiikan sähköisen tentin toteuttamista sekä opiskelijoiden kokemuksia matematiikan sähköisestä tentistä. Tutkimus toteutettiin Tampereen teknillisessä yliopistossa, jossa matematiikan sähköiset tentit tehtiin EXAM-tenttijärjestelmässä tenttiakvaariossa. Opiskelijoiden kokemukset sähköisestä tentistä matematiikassa olivat varsin positiivisia. Naisten havaittiin suhtautuvan sähköiseen tenttiin hie-
man miehiä negatiivisemmin.*

JOHDANTO

Digitalisaation myötä sähköinen tenttiminen on nostanut yliopistoissa suosio-
taan. Myös yliopistot kokevat julkista painetta tenttien sähköistämiseksi sähköis-
tyvien ylioppilaskirjoitusten (Ylioppilastutkintolautakunta, 2017) myötä. Yli-
opistossa sähköisen tentin hyväksi puoliksi koetaan erityisesti joustavuus: Opis-
kelija voi käydä näyttämässä osaamisensa heti, kun hän on sen saavuttanut ja
itselle sopivaan aikaan (Koskinen, 2017). Erityisesti suuren opiskelijamäärän ten-
teissä on vaikea löytää kaikille sopivaa tenttiaikaa, jolloin sähköinen tentti tarjoaa
joustavan ratkaisun. Sähköisessä tentissä on mahdollista käyttää useampia teh-
tävytyyppejä paperitenttiin verrattuna. Lisäksi ohjelmistojen käyttötaitojen tes-
taaminen on sähköisessä tentissä mahdollista.

Sähköisiä tenttejä on viime vuosina kehitetty Suomessa useissa yliopistoissa ja
niitä on tutkittu niin opiskelijoiden (esimerkiksi Rytönen & Myyry, 2014) kuin
opettajienkin näkökulmasta (esimerkiksi Kuikka, Kitola & Laakso, 2014). Sähköi-
sen tentin tehtävien automaattista arviointia on kehitetty ja tutkittu laajasti. Teh-
tävissä, joissa ratkaisu on yksiselitteinen lauseke tai merkkijono, automaattinen
arviointi on mahdollista helposti. (Havola, 2012; Joutsenlahti, Ali-Löytty & Poh-
jolainen, 2016; Sangwin, 2013). Tämän hetken näkemyksen mukaan myös avoin-
ten vastausten arvioinnissa automaattisesta arvioinnista on apua, mutta se ei

vielä korvaa opettajan roolia arvioinnissa (Bennett, 2015; Liu, Rios, Heilman, Gerard & Linn, 2016).

Tässä artikkelissa käsitellään, miten sähköinen tentti matematiikassa on mahdollista toteuttaa avointen tehtävien osalta ja mitkä ovat opiskelijoiden kokemukset ja mielipiteet sähköisestä tentistä matematiikassa. Lisäksi selvitettiin taustamuuttujien (sukupuoli, tutkinto-ohjelma, arvosana) yhteyttä mielipiteisiin. Tutkimus suoritettiin syksyllä 2016 Tampereen teknillisessä yliopistossa (TTY) Insinöörimatematiikka 123 -kurssilla hyödyntäen sähköistä EXAM-tenttijärjestelmää (EXAM, 2016). Kurssi on suunnattu maisterivaiheen täydentäväksi opinnoiksi opiskelijoille, jotka ovat suorittaneet vähintään 10 opintopistettä korkeakoulutasoista matematiikkaa. Kurssin aiheet kuuluvat SEFI:n (The European Society for Engineering Education) luokituksen tasolle Core Level 1, jossa on kuvattu kaikille insinööreille tarpeellisia matematiikan taitoja (SEFI, 2013).

TEHTÄVÄTYYPIT MATEMATIIKAN SÄHKÖISISSÄ TENTEISSÄ

Matemaattinen osaaminen (mathematical proficiency) voidaan määritellä koostuvan viidestä osa-alueesta: käsitteellinen ymmärtäminen, proseduraalinen sujuvuus, strateginen kompetenssi, mukautuva päättely ja yritteliäisyys (Kilpatrick & Swafford, 2001; Joutsenlahti, 2005). Insinöörimatematiikka 123 -kurssin EXAM-tenttien tehtävien valitsemisessa ja suunnittelussa pyrittiin testaamaan opiskelijoiden matemaattista osaamista näiden viiden osa-alueen puitteissa. Lisäksi kurssin alussa testattiin EXAM-tentillä MATLAB-ohjelmiston alkeiden hallintaa.

Proseduraalista sujuvuutta eli taitoa käyttää valmiita proseduureja tarkoituksenmukaisesti, huolellisesti ja tehokkaasti testattiin muun muassa kompleksilukuihin liittyvissä tehtävissä, joista esimerkkinä kuvan 1 tehtävä. Kyseisen tehtävätyypin ratkaiseminen ja ratkaisun piirtäminen ohjelmistoa, tässä tapauksessa MATLABia, hyödyntäen perustuu selkeisiin kaavoihin ja toimintatapoihin.

Ratkaise kompleksitason pisteet $z \in \mathbb{C}$, jotka toteuttavat yhtälön

$$|z - 6 - i| = 1.$$

Piirrä ratkaisut kompleksitasoon.

Kuva 1. Esimerkkitehtävä, joka mittaa proseduraalista sujuvuutta

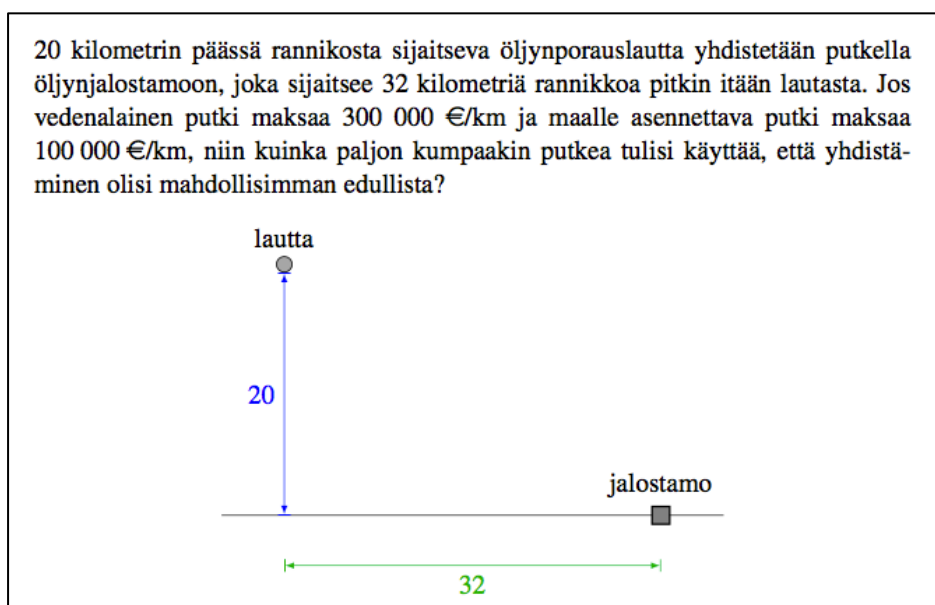
Mukautuvan päättelyn osaamista, eli loogisen ajatteluun, reflektointiin, selittämiseen ja todistamiseen pystymistä, testattiin perinteisillä todistustehtävillä, joista esimerkkinä kuvan 2 mukainen induktiotodistustehtävä.

Todista induktiolla, että

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{i(i+1)} = \frac{n}{n+1} \quad \forall n \in \mathbb{N}.$$

Kuva 2. Esimerkkitehtävä, joka mittaa mukautuvan päättelyn osaamista

Strategisesta kompetenssia eli kykyä formuloida, esittää ja ratkaista matemaattisia ongelmia testattiin etenkin sanallisten tehtävien muodossa. Sanallisessa tehtävästä täytyy ongelma konstruoida matemaattiseen muotoon ja ratkaista annettuja tietoja hyödyntäen. Yhtenä esimerkkinä tällaisesta tehtävästä on kuvassa 3 esitetty öljynporauslautan putken optimointitehtävä.



Kuva 3. Esimerkkitehtävä, joka mittaa strategista kompetenssia.

Käsitteellistä ymmärrystä vaaditaan kaikissa tehtävissä, yritteliäisyyttä puolestaan ei suoraan voida mitata tenttitehtävällä.

MATEMATIIKAN SÄHKÖISEEN TENTTIIN VASTAAMINEN JA TENTIN ARVIOINTI

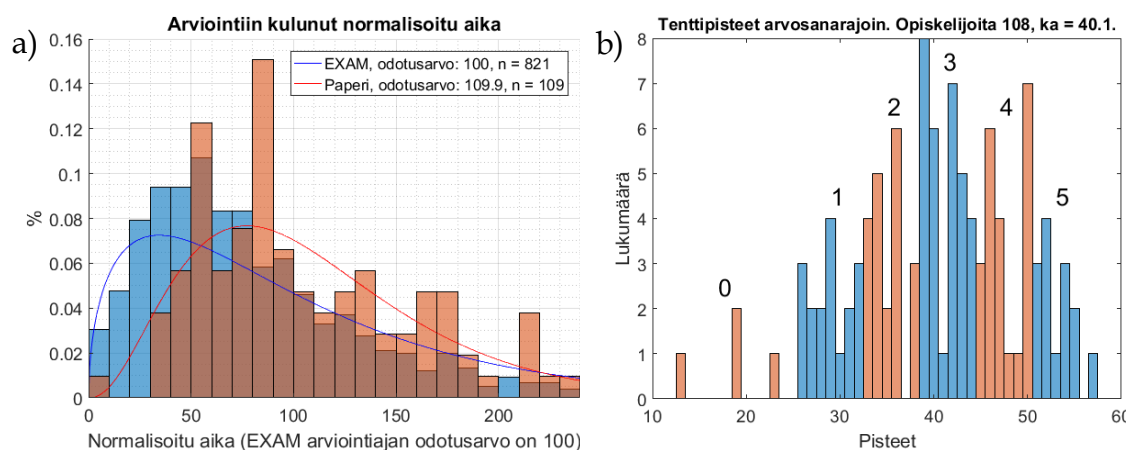
Mahdollisia tapoja matemaattisen tekstin kirjoittamiseksi sähköisesti on useita. Sähköisessä ylioppilaskirjoitusten Abitti-järjestelmässä voi matematiikkaa tällä hetkellä kirjoittaa toimisto-ohjelmien tai laskinemulaattorien avulla (Ylioppilastutkintolautakunta, 2016). TTY:ssä on sähköisessä tentissä käytettävissä toimisto-ohjelmien lisäksi matematiikkaan soveltuva MATLAB-ohjelmisto. Osa ohjelmista vaatii matemaattista syntaksia, osa toimii interaktiivisesti graafisella kaa-

vaeditorilla. Molempien tapojen suurin ongelma on aika: Matemaattisen syntaksin opettelu vaatii aikaa, mutta on opittuna nopea. Graafisella kaavaeditorilla kirjoittaminen toisaalta taas on hidasta, etenkin jos kirjoitettavaa on paljon. TTY:ssä on pilotoitu myös kosketusnäyttöjen ja piirtoalustojen hyödyntämistä piirrosten ja kaavojen syöttämiseen. Näiden tapojen periaatteellinen ongelma on siinä, ettei opiskelija pääse vapaasti harjoittelemaan käyttöä kurssin aikana.

Syksyllä 2016 järjestetyllä Insinöörimatematiikka 123 -kurssilla tentteihin vastattiin MATLAB-ohjelman versiosta 2016a löytyvää Live Editoria hyödyntäen. Opiskelijat pystyivät asentamaan MATLAB-ohjelman omille koneille sekä käyttämään sitä vapaasti tietokonehuoneissa. Kurssin harjoitustehtävissä ohjelmaa hyödynnettiin viikoittain. Live Editorissa voi tekstiä, matemaattista kaavaa ja laskuja kirjoittaa luontevasti vuorotellen ohjelmiston hoitaessa laskemisen. Live Editorilla luotu dokumentti palautettiin EXAM-järjestelmään PDF-muodossa.

Tentitehtävien arviointi

Sähköisiä tenttejä on kritisoitu opettajien työmäärän lisäämisestä. Muutosvaiheessa, ohjelmien vielä kehittyessä ja uusien toimintatapojen omaksumisen myötä, tämä näyttää pitävän paikkansa. Tutkimuksen aikana selvitettiin, miten sähköisen tehtävän arviointiin kuluu aikaa verrattuna perinteisen paperitenttiin tehtävän arviointiin. Kuvassa 4 on vertailtu sähköisen EXAM-tehtävän ja tavallisen paperille tehdyn tehtävän arviointiin kuluva aika. EXAM-tehtävien arvioinnissa oli tukena yksinkertainen ohjelma, jonka avulla pystyttiin nopeasti avaamaan ja pisteyttämään yksittäinen vastaus. Tulevaisuudessa tätä ohjelmaa pyritään kehittämään pidemmälle ja kohti automaattista arviointia.



Kuva 4. a) Tehtävän arviointiin kuluva aika sähköisessä ja paperisessä tentissä
b) Syksyn 2016 Insinöörimatematiikka 123 -kurssin tenttipisteiden kokonais-
summa arvosanarajoin.

Arviointiin kuuluva aika riippuu tehtävän ja sen vastauksen pituudesta, luonteesta ja opettajan kokemuksesta. Vertailtavat tehtävät ovat vaikeustasoltaan samanlaiset ja arviointiajat on ilmoitettu siten, että EXAM-tehtävien arviointiin kulunut aika on normalisoitu 100 aikayksiköksi. EXAM tehtäviä arvioi kolme eri opettajaa, joista yksi arvioi myös paperitenttien tehtäviä. Ajoissa ei ole huomioitu arviointiperusteiden laadintaan eikä pistemäärän sähköiseen muotoon kirjaamiseen kuluva aikaa.

Kuvassa 4 on histogrammin lisäksi havainnollistamiseksi piirretty maximum-likelihood menetelmällä sovitettujen gamma-jakaumien tiheysfunktiot. Kuvaajasta nähdään, että EXAM-tehtävien ja paperitehtävien arviointiin kuluu likimain yhtä pitkä aika. Kuvaajasta huomataan myös, että paperitehtävän arviointiin kuluu aina aikaa, kun taas sähköisen tehtävän pystyy mahdollisesti, esimerkiksi vastauksen ollessa tyhjä, arvioimaan hyvinkin nopeasti.

OPISKELIJOIDEN KOKEMUKSET SÄHKÖISESTÄ TENTISTÄ

EXAM-järjestelmää hyödynnettiin TTY:ssa syksyllä 2016 Insinöörimatematiikka 123 -opintojaksolla, jolle osallistui 109 opiskelijaa. Välikokeita oli kurssilla kolme, joista jokaisessa oli kolme tehtävää. Jokaista koetta pystyi yrittämään kolme kertaa ennen arviointia ja suorituksista paras jäi voimaan. Vaihtoehtoisia tenttitehtäviä oli tehtävästä riippuen 2–5, joista järjestelmä arpoi yhden.

Opintojakson päätteeksi suoritettussa kyselyssä oli 22 Likert-asteikollista väittämää ja seitsemän avointa kysymystä. Kyselyyn vastasi 64 opiskelijaa, joista 48 oli miehiä ja 16 naisia. Likert-väittämien osalta kyselyn aineistoa analysoitiin kvantitatiivisen ja avointen kysymysten osalta kvalitatiivisen analyysin keinoin. Likert-väittämiä tarkasteltiin ensin yleisellä tasolla kaikkien vastanneiden osalta, minkä jälkeen tarkasteltiin, erosivatko mielipiteet sukupuolen, tutkinto-ohjelman tai kurssiarvosanan mukaan luokiteltuna. Eroja analysointiin lineaarisen regressioanalyysin ja Kruskal-Wallis testin avulla.

Avointen kysymysten tarkoituksena oli selvittää tarkemmin opiskelijoiden mielipiteitä sähköisen tentin hyvistä ja huonoista puolista sekä kartoittaa opiskelijoiden kokonaisvaltaista suhtautumista sähköiseen tenttiin matematiikassa. Kysymyksillä haluttiin selvittää, mitkä tekijät nousevat esiin opiskelijoiden vastauksista ja millainen suhtautuminen sähköiseen tenttiin on yleisesti.

Kvantitatiivinen analyysi

Opiskelijakyselyssä oli 22 Likert-väittämää, joista neljän väittämän jakautuminen on koottu taulukkoon 1. Loput sähköistä tenttiä koskevat väittämät ja niiden vastaukset on esitetty liitteessä. Näillä neljällä väittämällä mitattiin suhtautumista sähköiseen tenttiin. Muut väittämät koskivat yksityiskohtaisemmin tenttijärjestelyä tai muita kurssiin liittyviä asioita.

Taulukko 1. Opiskelijoiden (N=64) vastausten jakautuminen kyselyn väittämissä 15, 19, 20 ja 22. TSM/TEM = Täysin samaa/eri mieltä, OSM/OEM = Osittain samaa/ eri mieltä.

Väittäjä	TSM	OSM	OEM	TEM
15. Matematiikan tentit voisivat jatkossa olla täysin sähköisiä	35,9 %	43,8 %	15,6 %	4,7 %
19. Sähköiset tenttitehtävät ovat mielekäs tapa tehdä matematiikan tehtäviä	39,1 %	43,8 %	10,9 %	6,3 %
20. EXAM-tehtäviä oli mukavampi tehdä kuin perinteisiä tehtäviä	32,8 %	31,3 %	26,6 %	9,4 %
22. Teen jatkossakin mielelläni matematiikan tentit sähköisesti	46,9 %	32,8 %	14,1 %	6,3 %

Keskimäärin opiskelijat suhtautuivat sähköiseen tenttiin matematiikassa pääosin varsin positiivisesti. Väittämän 22, "Teen jatkossakin mielelläni matematiikan tentit sähköisesti", kanssa täysin tai osittain samaa mieltä oli 79,7 % vastaajista. Lisäksi 82,8 % oli sitä mieltä, että sähköiset tenttitehtävät ovat mielekäs tapa tehdä matematiikan tehtäviä (väittäjä 19). Toisaalta kuitenkin yli puolet vastaajista, 53,1 %, oli sitä mieltä, että sähköinen ympäristö hankaloitti vastaamista (väittäjä 12).

Opiskelijakyselyn vastauksia verrattiin kolmessa eri taustakategoriassa arvostajan, tutkinto-ohjelman sekä sukupuolen perusteella. Taustan vaikutusta testattiin väittämissä 15, 19, 20 ja 22. Tulokset on koottu taulukoihin 2 ja 3.

Taulukko 2. Taustan vaikutus väittämän vastauksiin (N=64) lineaarisen regressioanalyysin (lr) sekä Kruskal-Wallis -testin (K-W) mukaan väittämissä 15 ja 22. Tilastollisesti merkittävät erot on lihavoitu. Lineaarisen regressiomallin selittävyysaste on väittämän perässä sulkeissa.

*Tilastollisesti merkittävä ero oli arvosanojen 2 ja 3 välillä.

	15. Matematiikan tentit voisivat jatkossa olla täysin sähköisiä (0,057)			22. Teen jatkossakin mielelläni matematiikan tentit sähköisesti (0,118)		
	kerroin (lr)	p-arvo (lr)	p-arvo (K-W)	kerroin (lr)	p-arvo (lr)	p-arvo (K-W)
Sukupuoli	0,280	0,043	0,049	0,416	0,002	0,005
Tutkinto-ohjelma	-	-	0,224	-	-	0,158
Arvosana	-0,030	0,823	0,037*	0,109	0,411	0,435

Taulukko 3. Taustan vaikutus väittämän vastauksiin (N=64) lineaarisen regressioanalyysin (lr) sekä Kruskal-Wallis -testin (K-W) mukaan väittämissä 19 ja 20. Tilastollisesti merkittävät erot on lihavoitu. Lineaarisen regressiomallin selittävyysaste on väittämän perässä sulkeissa.

	19. Sähköiset tenttitehtävät ovat mielekäs tapa tehdä matematiikan tehtäviä (0,104)			20. EXAM-tehtäviä oli mukavampi tehdä kuin perinteisiä tehtäviä (0,058)		
	kerroin (lr)	p-arvo (lr)	p-arvo (K-W)	kerroin (lr)	p-arvo (lr)	p-arvo (K-W)
Sukupuoli	0,336	0,014	0,015	0,283	0,041	0,041
Tutkinto-ohjelma	-	-	0,142	-	-	0,335
Arvosana	-0,057	0,670	0,345	-0,030	0,826	0,219

Lineaarisen regressioanalyysin perusteella taustan selitysaste ei ole suuri, mutta sukupuoli nousee esiin selittävänä tekijänä. Vastaavia tuloksia saatiin myös, kun taustakategorioiden sisäisiä eroja selvitettiin Kruskal-Wallis testillä. Testien perusteella voidaan sanoa, että naiset suhtautuvat matematiikan tenttiin negatiivisemmin kuin miehet (linearisessa regressiossa $M=0$, $N=1$, Täysin samaa mieltä = 1, Täysin eri mieltä = 4). Tutkinto-ohjelmalla tai kurssista saadulla arvosanalla ei näyttäisi olevan vaikutusta siihen, miten sähköiseen matematiikan tenttiin suhtaudutaan.

Kvalitatiivinen analyysi

Kvantitatiivisen analyysin tueksi opiskelijoiden mielipiteitä selvitettiin seitsemällä avoimella kysymyksellä, joista kuusi koski yksityiskohtaisemmin matematiikan sähköistä tenttiä. Avointen kysymysten avulla annettiin opiskelijoille mahdollisuus perustella mielipiteitään ja avata ajatuksiaan matematiikan sähköisestä tentistä.

Avoimeen kysymykseen (kysymys 23) siitä, tekisikö vastaaja matematiikan tentin mieluummin kynällä ja paperilla vai sähköisesti, 62,5 % vastasi tekevänsä tentin mieluummin täysin sähköisesti, kun taas 15,6 % sanoi tekevänsä tentin mieluummin täysin paperisena. 14,1 % totesi sähköisen ja paperisen tentin yhdistelmän olevanärkevin ratkaisu. Sähköiseen tenttitilaan kaivattiin kuitenkin paperia sähköiseen tenttiin vastaamisen tueksi, mistä kertoo myös se, että 90,6 % vastanneista oli väittämän 21, "Paperin puuttuminen tenttitilasta oli vastaamista hankaloittava puute", kanssa täysin tai osittain samaa mieltä.

Matematiikan sähköisen tentin kannalta positiivisimmaksi tekijäksi (kysymys 24) nousi tenttiajan vapaus sekä joustavuus, minkä nosti hyväksi asiaksi 65,6 % vastanneista. MATLABin hyödyntäminen tentissä koettiin myös positiiviseksi

asiaksi (37,5 %). Negatiivisimmaksi tekijäksi (kysymys 25) nousi jo aiemmin mainittu paperin puuttuminen tenttitilasta (46,9 %). Lisäksi vastaamista sähköisesti pidettiin hitaana ja kaavojen kirjoittaminen koettiin hankalaksi, mikä vaikeutti vastaamista. Myös MATLABin käyttäminen etenkin alkuvaiheessa aiheutti ongelmia.

Lähes kaikki opiskelijat hyödynsivät tenteissä uusintamahdollisuuksia (kysymys 26). Sähköinen tentti mahdollistaa kustannustehokkaasti useat yritysmahdollisuudet, mikä tuotti myönteistä palautetta, sillä niiden kerrottiin vähentävän tentistä aiheutuvaa stressiä. Opiskelijat kertoivat uusintayritysten välillä opiskelleensa ja kerranneensa niitä asioita, joita eivät ensimmäisellä yrityksellä osanneet. Toisaalta opiskelijat myös hyödynsivät tätä mahdollisuutta siihen, että tentissä käytiin havainnoimassa tärkeät asiat, minkä jälkeen opiskeltiin vain ne. Tenttitehtävien vähyyttä kritisoi, sillä uusintayrityksissä tuli vastaan täysin samoja tehtäviä, kuin aiemmilla yrityskerroilla.

Opiskelijoista 81,3 % oli sitä mieltä, että sähköinen tentti matematiikassa toimii (kysymys 27). Heistä 36,5 % oli sitä mieltä, että sähköinen tentti toimii tietyin varauksin. Opiskelijoista 39,1 % koki sähköisen ympäristön avaavan uusia mahdollisuuksia matematiikan tenteille, 10,9 % puolestaan koki sen rajoittavaksi tekijäksi (kysymys 28). Loput totesivat sähköisyyden sekä mahdollistavan että rajoittavan tiettyjä matematiikan osa-alueita. MATLABin käyttö jakoi vastaajien mielipiteitä, mutta suurimman osan mielestä ohjelmiston hyödyntäminen matematiikan tentissä on järkevää ja mahdollistaa uudenlaisten tehtävien laatimisen. Voidaan siis todeta, että kohtuullisella kehittämistyöllä saadaan matematiikan sähköisestä tentistä toimiva kokonaisuus kaikkien osapuolten näkökulmista.

YHTEENVETO

Sähköiset tentit ovat jo entuudestaan tuttuja yliopistomaailmalle. Matemaattisen osaamisen testaamisessa sähköistyminen on kuitenkin ollut hitaampaa. Artikkelissa käsiteltiin sähköisen tentin toteutusta matematiikassa. Matemaattista osaamista pystytään sähköisessä muodossa tietokoneita käyttäen testaamaan vastaavaan tapaan kuin paperisilla tenteillä, mutta sähköisessä ympäristössä on mahdollisuus uudenlaisten, reaalimpien ongelmien ratkomiseen. Sähköisessä ympäristössä on myös vahvuutena automaattinen tarkistaminen, vaikka avoimien tehtävien kohdalla opettajaa ei voi vielä täysin korvata.

Opiskelijoiden matemaattista osaamista mitattiin viidellä eri osa-alueella, joista neljää voitiin mitata suoraan tenttitehtävien avulla. Viidettä osa-alueita, yritteliäisyyttä, on haastavaa mitata tentillä niin sähköisellä kuin paperisella. Näiden tulosten perusteella näkemyksemme on, että sähköisillä tenteillä pystyy mittaamaan kaikkia niitä asioita kuin paperisella tentillä. Tämän lisäksi sähköinen tentti luo mahdollisuuksia uusille tehtävätyypeille.

Kurssin opiskelijoille suunnatun kyselyn tuloksena selvisi suhtautumisen matematiikan sähköiseen tenttiin olevan pääosin positiivista, mutta sähköisessä ympäristössä vastaaminen koettiin vielä hankalaksi. Erityisesti naiset kokivat tietotekniset vaikeudet suureksi haasteeksi, miehet kokivat näitä vähemmän. Vaikka kurssin aikana edellytettiin sähköisten ohjelmien käyttöä, ei ohjelmiston käyttö silti onnistunut ongelmitta ja sen koettiin vievän resursseja varsinaiselta matematiikan oppimiselta.

Joustavuus oli yksi sähköisen tentin parhaimpia piirteitä, mikä korostuu entisestään kurssilla, jossa tavallista isompi osa opiskelijoista opiskelee töiden ohella. Suurimpana yksittäisenä puutteena toteutetuissa tenteissä oli paperin puuttuminen tenttitilassa, minkä koettiin hankaloittavan asioiden jäsentelyä. Sähköisellä tenttimisellä on paljon mahdollisuuksia, mutta aihealue tarjoaa paljon jatkotutkimusaiheita ja käytettävissä ohjelmistoissa on paljon kehittämisen varaa. Erityisesti matematiikassa kynä-paperi-ajattelusta siirtyminen kohti sähköisyyttä vaatii vielä töitä.

LÄHTEET

- Bennett, R. E. (2015). The changing nature of educational assessment. *Review of Research in Education*, 39(1), 370-407. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.3102/0091732X14554179>.
- EXAM, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.2.2017): <https://confluence.csc.fi/display/EXAM/EXAM>.
- SEFI, European Society for Engineering Education. (2013). A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education. *A Report of the Mathematics Working Group*. Saatavissa: <http://www.sefi.be/wp-content/uploads/Competency%20based%20curriculum%20incl%20ads.pdf>.
- Havola, L. (2012). Assessment and learning styles in engineering mathematics education, liseniaatin tutkielma, Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201209193106>.
- Joutsenlahti, J. (2005). Lukiolaisen tehtäväorientoituneen matemaattisen ajattelun piirteitä - 1990-luvun pitkän matematiikan opiskelijoiden matemaattisen osaamisen ja uskomusten ilmentämänä, väitöskirja, Tampereen yliopisto. 271 s. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:951-44-6204-1>.
- Joutsenlahti, J., Ali-Löytty, S., & Pohjolainen, S. (2016). Developing learning and teaching in engineering mathematics with and without technology. *Proceedings of the 44th SEFI Conference*, Tampere, Finland, 12-15 September, 2016.
- Kilpatrick, J. & Swafford, J. (ed.). (2001). *Helping children learn mathematics*. National Academy Press, Washington DC, Washington USA.

- Koskinen, S. (2017). Sähköinen arviointi matematiikan opetuksessa, diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201706221614>.
- Kuikka, M., Kitola, M. & Laakso, M. (2014). Challenges when introducing electronic exam. *Research in Learning Technology*, 22(1). Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.3402/rlt.v22.22817>.
- Liu, O. L., Rios, J. A., Heilman, M., Gerard, L., & Linn, M. C. (2016). Validation of automated scoring of science assessments. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 215-233. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1002/tea.21299>.
- Rytkönen, A. & Myyry, L. (2014). Student Experiences on Taking Electronic Exams at the University of Helsinki. *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2014*, 2114-2121. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/158506>.
- Sangwin, C. (2013). Computer aided assessment of mathematics. Oxford University Press, Oxford, New York, USA. 185 p.
- Ylioppilastutkintolautakunta. (2017). Digitaalinen ylioppilastutkinto, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 27.2.2017): <https://www.ylioppilastutkinto.fi/ylioppilastutkinto/digitaalinen-ylioppilastutkinto>.
- Ylioppilastutkintolautakunta. (2016). Sähköinen ylioppilastutkinto - matematiikka. Saatavissa (viitattu 22.2.2017): https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/fi_sahkoinen_matematiikka_28.11.2016.pdf.

LIITTEET

Taulukko 4. Opiskelijakyselyn sähköistä tenttiä koskevat väittämät ja niiden vastaukset. TSM/OSM = Täysin/Osittain samaa mieltä, TEM/OEM = Täysin/Osittain eri mieltä.

Väittämä	TSM	OSM	OEM	TEM
1. On hienoa, että EXAM-tentin voi tehdä milloin vain	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2. EXAM-tenttiin vastaaminen on vaikeaa	9,4%	34,4%	34,4%	21,9%
3. Live Editorin käyttäminen on helppoa	14,1%	48,4%	31,3%	6,3%
4. Opin käyttämään Live Editoria kurssin aikana	43,8%	43,8%	12,5%	0,0%
5. EXAM-tehtävät ovat mielenkiintoisempia kuin perinteiset tehtävät	20,3%	39,1%	32,8%	7,8%
6. EXAM-tehtävät ovat vaikeampia kuin perinteiset tehtävät	9,4%	31,3%	53,1%	6,3%
10. Kävin tentissä katselemassa ennen kuin tein tentin	21,9%	39,1%	18,8%	20,3%
11. Kävin yrittämässä jotakin tenttiä useammin kuin kerran	90,6%	7,8%	0,0%	1,6%
12. Osasin tehtävät, mutta EXAM-ympäristö hankaloitti vastaamista	6,3%	46,9%	35,9%	10,9%
13. Sähköisesti vastaaminen on hidasta	28,1%	39,1%	20,3%	12,5%
16. Haluan jatkossa tehdä matematiikassa vain paperitenttejä	1,6%	21,9%	29,7%	46,9%
17. Paperisen ja sähköisen matematiikan tentin yhdistelmä on toimiva ratkaisu	21,9%	46,9%	21,9%	9,4%
18. EXAM-tenteissä aika loppui usein kesken	12,5%	20,3%	29,7%	37,5%
21. Paperin puuttuminen tenttitilasta oli vastaamista hankaloittava puute	48,4%	42,2%	6,3%	3,1%