

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Haridusteaduste instituut
Loodus- ja reaalainete õpetamine põhikoolis õppekava

Mari-Liis Freienthal
GÜMNAASIUMIÕPILASTE HINNANGUD DIGIVAHENDITE KASUTAMISELE
MATEMAATIKA ÕPPIMISEL
Bakalaureusetöö

Juhendaja: haridusuuringute lektor Karmen Kalk

Tartu 2025

Kokkuvõte

Gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel

Digivahendite kasutamine matemaatika õppimisel on muutunud üha tavapärasemaks.

Bakalaureusetöö eesmärk on välja selgitada gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele, nende tõhususele, toele ja probleemidele matemaatika õppimisel. Andmed koguti ankeetküsimustiku abil ning analüüsiti kvantitatiivset andmeanalüüsi kasutades.

Küsimustikule vastas 172 Tartu maakonna ja linna gümnaasiumiõpilast. Tulemused näitasid, et digivahendite kasutamine on väga levinud ning õpilaste hinnangud on valdavalt positiivsed. Kõige tõhusamaks riistvaralisteks digivahendiks peeti nutitelefone ning tarkvaraliseks digivahendiks GeoGebra ning kõige vähem tõhusamaks riistvaraliseks digivahendiks laua- ja sülearvutit ning tarkvaraliseks digivahendiks ChatGPT. Esile toodi ka mitmeid probleeme, näiteks tehnilised tõrked ja teadmatus, milliseid rakendusi kasutada. Uuringu tulemused aitavad õpetajatel ja õpilastel hinnata, millised digivahendid toetavad matemaatika õppimist kõige paremini.

Võtmesõnad: digivahendid, gümnaasiumiõpilased, hinnangud, matemaatika, õppimine

Abstract

High school students' evaluations of digital tools in learning mathematics

This bachelor's thesis explores high school students' perceptions of the use of digital tools, their effectiveness, support they provide, and the problems encountered when learning mathematics. A questionnaire with 172 respondents from Tartu city and county was analyzed using quantitative methods. Results show digital tools are widely used and generally viewed positively. Smartphones were rated the most effective hardware tool, while desktop and laptop computers were seen as least effective. Among software tools, GeoGebra was considered most effective, and ChatGPT the least. Students reported issues such as technical problems and limited knowledge of available tools. The findings provide useful insights for teachers and students in selecting digital tools that best support math learning.

Keywords: digital tools, high school students, evaluations, mathematics, learning

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Teoreetiline ülevaade	5
1.1 Digivahendite mõiste ja olemus.....	5
1.2 Digivahendite kasutamine hariduses ja matemaatikas.....	6
1.3 Töö uurimisprobleem, eesmärk ja uurimisküsimused	8
2. Metoodika	9
2.1 Valim.....	9
2.2 Andmekogumine.....	10
2.3 Andmeanalüüs.....	11
3. Tulemused.....	12
3.1 Digivahendite kasutamine ja nende tõhusus matemaatika õppimisel.....	12
3.2 Digivahendite toetus matemaatika õppimisele	15
3.3 Digivahendite kasutamise probleemid matemaatika õppimisel.....	15
4. Arutelu	16
Tänuõnad.....	20
Autorsuse kinnitus	20
Kasutatud kirjandus	21
Lisad.....	24
Lisa 1. Kiri matemaatikaõpetajale	
Lisa 2. Kiri lapsevanemale	
Lisa 3. Küsimustik	
Lisa 4. Riistvaraliste digivahendite kasutussagedus	
Lisa 5. Tarkvaraliste digivahendite kasutussagedus	
Lisa 6. Digivahendite kasutuse võrdlusanalüüs	
Lisa 7. Riistvaraliste digivahendite hinnangud	
Lisa 8. Tarkvaraliste digivahendite hinnangud	
Lisa 9. Hinnangute võrdlusanalüüs	

Sissejuhatus

Alates 2014. aastast on gümnaasiumi riiklikus õppekavas (edaspidi: GRÕK) üheks üldpädevuseks digipädevus, mida tuleb arendada kõikides õppeainetes, sealhulgas matemaatikas (Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011). Digivahendid, mille alla kuuluvad seadmed, veebikeskkonnad, programmid ja digitaalne õppevara, on olulised tööriistad õpilaste digipädevuse kujundamisel (Leppik *et al.*, 2017). Matemaatika riiklik ainekava toob õppeprotsessi osana esile info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT), sealhulgas digivahendite, kasutamise nii kitsas kui ka laias matemaatikas (Ainevaldkond „Matemaatika“, 2023).

Rahvusvahelise õpetamise ja õppimise uuringu TALIS järgi kasutavad õpetajad digivahendeid pigem ise ning õpilastel lastakse neid vähem kasutada, kuid see ei toeta õpilaste digipädevuse arengut (Taimalu *et al.*, 2019). Õpetajad peavad looma võimaluse digipädevust arendada kõikides ainetundides, sealhulgas matemaatikas (Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011). Baya'a ja Daher (2013) sõnul võib digivahendite integreerimine matemaatikaõppesse motiveerida õpilasi õppima ja muudab nad iseseisvamaks. Samuti võimaldavad digivahendid muuta abstraktsed matemaatilised mõisted visuaalselt tajutavaks ja seostatavaks reaalse olukordadega (Baya'a & Daher, 2013).

Eestis läbi viidud uuringus selgus, et matemaatikatundides on info otsimist internetist kasutanud 48% gümnaasiste. Matemaatikatundides kasutatakse IKT seadmetest näiteks tahvelarvuteid, interaktiivseid tahvleid ja nutitelefone ning tarkvaradest ja veebikeskkondadest näiteks GeoGebra, Photomath ja Moodle keskkondi (Leppik *et al.*, 2017). Eestis on senised uuringud keskendunud enamasti õpetajate vaatenurgale või distantsõppele, jättes tagaplaanile gümnaasiumiõpilaste hinnangud ja kogemused digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel. Näiteks uuris Korobova (2024) keemia- ja bioloogiaõpetajate hinnanguid digivahendite kasutamisele ning Orav-Puurand jt (2024) viisid läbi uuringu, mis keskendus digivahendite kasutamisele distantsõppe ajal. Kuna õpilaste hinnanguid digivahendite kasutamise kohta matemaatikas on vähe uuritud, võib see takistada digivahendite sihipärast ja tõhusat rakendamist õppetöös. Õpilaste tagasiside on oluline, sest see aitab mõista, milliseid digivahendeid gümnaasiumides tegelikult kasutatakse, milliseid neist peetakse tõhusateks ning milliste kasutamisel esineb probleeme. Uurimusest saavad kasu gümnaasiumite õpetajad, kes saavad teada õpilaste hinnangud erinevatele digivahenditele, see aitab õpetajatel integreerida tundidesse neid digivahendeid, mis toetavad õpilaste õppimist kõige paremini.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Digivahendite mõiste ja olemus

Digivahendid on tööriistad, mis põhinevad info- ja kommunikatsioonitehnoloogial ning mida kasutatakse erinevates valdkondades informatsiooni loomiseks, töötlemiseks, talletamiseks ja edastamiseks (Kalyani, 2024). Digivahendid saab jagada kaheks: riist- ja tarkvaralisteks. Riistvaralised digivahendid on füüsilised seadmed, näiteks nutitelefoniid, tahvelarvutid, sülearvutid ja interaktiivsed tahvlid. Tarkvaraliste digivahendite alla kuuluvad rakendused, programmid ja veebipõhised keskkonnad, mis võimaldavad kasutajal riistvaraliste digivahendite kaudu erinevaid ülesandeid täita, alates suhtlemisest kuni andmetöötluseni (University Grants Commission, 2024).

Digivahendite tugevusteks on nende võime töödelda suures mahus andmeid, automatiseerida tegevusi, võimaldada kiiret ja mitmesuunalist suhtlust, salvestada ning jagada infot reaalajas ning kohandada tööprotsesse kasutaja vajadustele vastavaks. Samuti pakuvad need ligipääsu ülemaailmsele teabele ja teenustele, sõltumata asukohast (Youssef *et al.*, 2022; Kalyani, 2024). Digivahendid aitavad visualiseerida abstraktseid kontseptsioone, lihtsustavad keerukate ülesannete lahendamist ning toetavad interaktiivset ja koostööl põhinevat õpikogemust ning arendavad õpilaste analüüsi- ja probleemilahendusoskusi (Kalyani, 2024). Lisaks toetavad digivahendid iseseisvat õppimist ja probleemide lahendamise oskuste arendamist, pakkudes samal ajal ka reaalajas tagasisidet, mis aitab õpilastel tuvastada oma tugevusi ja arendamist vajavad valdkonnad (Hughey, 2020).

Digivahendite nõrkustena võib välja tuua digivahendite liigkasutamise riski, mis võib viia sõltuvuslike käitumismustriteni ning mõjutada keskendumisvõimet ja sotsiaalseid oskusi. Samuti võivad esineda probleemid andmekaitse ja privaatsusega, kuna paljud digivahendid koguvad ja töötlevad isikuandmeid. Lisaks võib nende kättesaadavus olla ebavõrdne: sotsiaalmajanduslikud erinevused, internetiühenduse puudumine või seadmete vananemine võivad piirata teatud sihtrühmade ligipääsu digitaalsele maailmale (Youssef *et al.*, 2022; de Guzman, 2022).

Tänapäeval on digivahendid laialdaselt kasutusel mitmesugustes eluvaldkondades, sealhulgas ka hariduses (Rafiq *et al.*, 2025). Nende olemus seisneb eelkõige funktsionaalsuses, võimes pakkuda kasutajale tööriistu teabe töötlemiseks ja eesmärgipäraseks kasutamiseks. Seega on digivahendite olemus tihedalt seotud nende tehnoloogilise ülesehituse ning kasutusotstarbega (Timotheou, *et al.*, 2023). Digivahendite olulisus hariduses seisneb nende mitmekülgsuses ja võimes muuta õppetöö paindlikumaks,

efektiivsemaks ning õppijakesksemaks. Digivahendid võimaldavad õppimist kohandada õppija tempo ja eelistuste järgi, toetades seeläbi personaliseeritud ja enesejuhitud õppimist (Hughey, 2020; Kalyani, 2024). Selline paindlikkus võib tõsta ka õpilaste motivatsiooni ning huvi õpitava vastu (Ascione, 2024). Digivahendite kasutamine hariduses ei ole oluline üksnes teadmiste omandamise seisukohast, vaid ka laiemate pädevuste, eriti digipädevuse arendamiseks. Eesti gümnaasiumi riiklik õppekava (2011) toob digipädevuse välja kui ühe seitsmest üldpädevusest, rõhutades oskust kasutada digitehnoloogiat eesmärgipäraselt, kriitiliselt ja turvaliselt (Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011). Seega on digivahendite kasutamine õppetöös mitte ainult meetodiline valik, vaid ka oluline digivahend õpilaste tulevikuvalmiduse kujundamisel. Digivahendid on muutunud õppetöö lahutamatuks osaks, toetades teadmiste omandamist nii õpetaja juhitud kui ka iseseisva õppimise kaudu (Kalyani, 2024; Youssef *et al.*, 2022).

1.2 Digivahendite kasutamine hariduses ja matemaatikas

Digivahendite kasutuselevõtt hariduses on mõjutanud õppimisprotsessi ning õpilaste kogemusi. Gümnaasiumiõpilased puutuvad digitehnoloogiatega kokku igapäevaselt ning kasutavad neid nii koolis kui ka vabal ajal (Požogina, 2022). Gümnaasiumiõpilaste kogemused digivahenditega on mitmekesised ja sageli seotud konkreetsete rakenduste, õpetamisviiside või ainetega (Orav-Puurand jt, 2024).

Õppetegevustes kasutatavad riistvaralised digivahendid on seadmed, mis võimaldavad digitaalsete õppematerjalide ja rakenduste kasutamist, toetades seeläbi kaasaegseid õpiprotsesse (Požogina, 2022; University Grants Commission, 2024). Laua- ja sülearvutid on levinud digiseadmed, mis võimaldavad ligipääsu mitmesugustele õpikeskkondadele ning toetavad nii iseseisvat kui ka koostööpõhist õppimist, pakkudes paindlikke võimalusi erinevate õppestiilide ja -formaatide jaoks (Gopinathan *et al.*, 2022; Hughey, 2020). Tahvelarvutid, ja nutitelefonid, laiendavad õppimisvõimalusi väljapoole klassiruumi, võimaldades õppematerjalidega interaktiivset töötamist igal ajal ja kohas (Hughey, 2020; Liu, 2025). Interaktiivsuse all peeti silmas õppematerjale, mis võimaldavad aktiivset osalust, tagasisidet ning sisendile reageerimist, näiteks iseseisvaid ülesandeid, lohistamisharjutusi, valikvastustega teste jms. Erinevad rakendused võimaldavad riistvara kaudu teostada märkmete tegemist, joonistamist ning probleemülesannete lahendamist, toetades individuaalsete õpivajadustega arvestamist. Lisaks aitavad visuaalset sisu esitavad seadmed, nagu digitahtlud, projektorid ning dokumendikaamerad, suurendada õppijate kaasatust ning

toetada visuaalset õppimist, mis on oluline erinevate õpistiilidega õpilaste kaasamiseks (Liu, 2025).

Tarkvaralised digivahendid on matemaatikarakendused ja visualiseerimisprogrammid, mida kasutatakse matemaatika õpetamisel ja õppimisel. Need digivahendid võimaldavad õpilastel paremini mõista abstraktseid mõisteid, toetavad nii iseseisvat, kui ka rühmapõhist õppimist (Baya'a *et al.*, 2022). Järgnevalt on välja toodud mõned levinumad tarkvaralised digivahendid matemaatikaõppes.

Levinumateks matemaatikas kasutatavateks digivahenditeks on graafilised kalkulaatorid, näiteks GeoGebra ja Desmos. GeoGebra on tasuta interaktiivne keskkond, mida kasutatakse geomeetria, algebra ja funktsioonide õppimisel ja õpetamisel. Samalaadseid võimalusi pakub ka Desmos, mis on tõhus funktsioonide ja graafikute õppimisel. Mõlemad veebikeskkonnad aitavad õpilastel visualiseerida abstraktseid matemaatikateemasid (Chechan *et al.*, 2023).

Palju on veel kasutuses mobiilirakendus Photomath, mida rakendatakse algebra ja trigonomeetria õppimisel. Photomath võimaldab õpilastel trükkida või skaneerida matemaatikaülesandeid ning saada samm-sammulisi lahendusi (Santos, 2022). Photomathile sarnane veebikeskkond on veel Calc Me. Lisaks pakuvad erinevad digivahendid võimalusi kohandatud ning diferentseeritud õppeks matemaatikas. Näiteks võimaldab Khan Academy õpilastel liikuda omas tempos, samuti pakub keskkond õpetajal õpilaste arengut hinnata ning anda õpilastele kohest tagasiside. Khan Academy on tasuta keskkond, mis pakub automaatset hindamist ja soovitusi (Khan Academy, s.a.).

Matemaatikas kasutatakse mitmesuguseid digivahendeid õppematerjalide, harjutuste ja testide koostamiseks. Nende jagamiseks ning õppeprotsesside haldamiseks kasutatakse Moodle keskkonda, mis on lihtsasti kättesaadav ning õpilastele tasuta (Moodle, s.a.). Õppijate omavaheliseks suhtluseks ja koostööks kasutatakse aga virtuaalseid klassiruumi, nagu Google Classroom ja Microsoft Teams. Need pakuvad õpilastele võimalust teha grupitöid, jagada oma ideid ja mõtteid ning arendada koostööoskuseid digitaalses õpikeskkonnas (Gopinathan *et al.*, 2022).

Testide ja viktoriinide loomiseks kasutatakse veel näiteks Quizizz ja Socrative, need digivahendid toetavad teemade kinnistamist (About Us: Quizizz, s.a.; About Us: Socrative, s.a.). Erinevate teemade harjutamiseks on Eestis loodud tasuline matemaatika keskkond Nutisport (Tutvustus: Nutisport, s.a.). Kasutatakse ka erinevaid tehisintellekte, näiteks ChatGPT-d, mis aitavad õpilastel jõuda ülesannete lahendusideedeni (About me: OpenAI, s.a.).

Õpilaste hinnangul on kasulikud digivahendid need, mis aitavad neil paremini organiseerida oma õppetegevusi, näiteks märkmete tegemine sülearvutis, harjutuste lahendamine või iseseisva töö tegemine (Hughey, 2020). Samas toovad õpilased välja ka seda, et liigne tehnoloogiakasutus võib tekitada sõltuvust ja segada keskendumist, sest digivahendites on kergesti kättesaadavad ka näiteks sotsiaalmeedia ja meelelahutusrakendused. Liigne digivahendite kasutamine on seotud ka õpilaste une, õppimisele keskendumise ja õppeedukusega (Qureshi, 2024).

Õpilaste hinnangud digivahendite mõjust õpitulemustele on erinevad. Positiivselt on välja toodud, et digivahendid võimaldavad ligipääsu mitmekesistele õppematerjalidele ja ressurssidele, mis võivad toetada teadmiste laiendamist ja süvendatud õppimist, võimaldades õppijatel uurida teemasid oma tempos ja huvide järgi (Hughey, 2020; Kalyani, 2024). Samas öeldakse ka seda, et digivahendite kasutamine võib viia pindmise õppimiseni, sest informatsioon on kiiresti kättesaadav ja sellesse süvenetakse tavaliselt pealiskaudselt (Qureshi, 2024). Üldiselt näitavad uuringud, et gümnaasiumiõpilased hindavad digivahendite kasutamist kõrgelt ning näevad neis võimalust oma õppimist tõhustada. Uuringutes rõhutatakse ka vajadust tasakaalu leidmiseks traditsiooniliste õppemeetodite ja digivahendite kasutamise vahel, et tagada sügavam õppimine ja keskendumine (Shi & Lan, 2024).

Digivahendite kasutamisel hariduses on ka mitmeid probleeme, mida kirjeldab Leoste (2021) oma doktoritöös, tuues esile väljakutseid, mis takistavad digivahendite tõhusat rakendamist ning jätkusuutlikkust. Näiteks õpetajate ning õpilaste oskuste puudumine digivahendite kasutamisel, digivahendite tehnilised probleemid ning digivahendite piiratud kättesaadavus. Kui õpetajad ei ole piisavalt koolitatud, siis õpilased ei tunne end mugavalt uute tehnoloogiate kasutamisel. Lisaks takistavad sujuvat õppetööd ka digivahendite füüsiline ligipääsmatus, halb internetiühendus ning erinevad õppimist segavad tegurid, nagu motivatsiooni puudumine ja keskendumisraskused (de Guzman, 2022; Leoste, 2021).

Kokkuvõtteks on hariduses ja sealhulgas ka matemaatikas vajalik kasutada digivahendeid. Matemaatikas on erinevaid digivahendeid, mis on digivahendid, mis muudavad õppe mitmekesiseks, toetades õpilaste erinevaid õppimisviise ja muutes matemaatikaõppe interaktiivsemaks ning kaasahaaravamaks.

1.3 Töö uurimisprobleem, eesmärk ja uurimisküsimused

Viimastel aastatel on digivahendite kasutamine hariduses, sealhulgas matemaatika õpetamises ja õppimises, oluliselt kasvanud (Ascione, 2024). Uuringud viitavad, et digivahendite tõhusus sõltub nende eesmärgipärasest ja õpilaste vajadustele vastavast kasutamisest (Kalyani, 2024).

Samas on vähe empiirilist teavet selle kohta, milliseid digivahendeid Eesti gümnaasiumiõpilased matemaatikas tegelikult kasutavad ja kuidas neid hindavad. Vähene empiiriline teave Eesti gümnaasiumiõpilaste hinnangute kohta digivahendite kasutamisel matemaatikas võib takistada nende tõhusat rakendamist õppimise ja õpetamise toetamisel. Sellest tulenevalt on bakalaureusetöö eesmärk välja selgitada gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele, nende tõhususele, toele ja probleemidele matemaatika õppimisel.

Töö uurimisküsimused on:

1. Milliseid digivahendeid kasutavad gümnaasiumiõpilased matemaatikas ning millised neist on gümnaasiumiõpilaste hinnangul kõige tõhusamad?
2. Kuidas toetavad erinevad digivahendid matemaatika õppimist gümnaasiumiõpilaste hinnangul?
3. Millised probleemid esinevad digivahendite kasutamisel matemaatika õppimisel gümnaasiumiõpilaste hinnangul?

2. Metoodika

Bakalaureusetöö tugines kvantitatiivsele uurimismeetodile, et välja selgitada gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele, nende tõhususele, toele ja kasutamisel esinevatele probleemidele matemaatika õppimisel. Kvantitatiivse uurimismeetodi puhul pööratakse tähelepanu nähtuste mõõdetavale ja statistiliselt analüüsitavale küljele, see uurimismeetod võimaldab koguda andmeid suurte valimite korral ning saada struktureeritud ja üldistavaid andmeid (Õunapuu, 2014).

2.1 Valim

Bakalaureusetöö valim koosneb Tartu maakonna ja linna gümnaasiumite õpilastest. Valimi moodustamisel kasutati mugavusvalimit. Mugavusvalim tähendab seda, et uuringusse valiti uuritavad, keda oli lihtne kaasata (Rämmer, 2014; Õunapuu, 2014). Mugavusvalim võimaldas autoril tõhusalt kaasata õpilasi, pöördudes otse Tartu maakonna ja linna gümnaasiumite matemaatikaõpetajate poole, kelle kaudu edastati uurimiskutse sihtrühmale.

Üks valimisse kuulumise kriteerium oli see, et õpilased peavad olema kasutanud gümnaasiumi matemaatikatundides või õppimisel digivahendeid. Kui õpilane ei olnud digivahendeid kasutanud, esitati talle vaid küsimus “Mis põhjusel ei ole sa kasutanud digivahendeid matemaatika õppimisel?”. See kitsendus võimaldas keskenduda õpilaste

kogemustele ja arvamustele digivahendite kasutamise kohta matemaatika õppimisel. Teine kriteerium oli see, et õpilane peab õppima Tartu maakonna või linna koolis. See kitsendus võimaldas keskenduda ühele maakonnale.

Uuritavate leidmiseks pöördus töö autor 55 Tartumaa gümnaasiumi matemaatikaõpetaja poole, kes töötavad 13 erinevas gümnaasiumis. Kokku oli nõus uurimuse info edastamises osalema 9 õpetajat, kes esindasid 4 erinevat Tartumaa gümnaasiumi. Uuringus osales 172 gümnaasiumiõpilast, neist 62 (36%) olid mees- ja 106 (61,6%) naissoost ning 4 (2,3%) ei soovinud sugu avaldada. Valimi jagunemist soo ja klasside järgi saab vaadata tabelist 1.

Tabel 1. Uuringus osalenud õpilased soo ja klasside järgi (n = 172)

Sugu	10. klass	11. klass	12. klass	Kokku
Mees	15 (8,7%)	25 (14,5%)	22 (12,8%)	62 (36,0%)
Naine	34 (19,8%)	44 (25,6%)	28 (16,3%)	106 (61,7%)
Ei soovi avaldada	0 (0%)	3 (1,7%)	1 (0,6%)	4 (2,3%)
Kokku	49 (28,5%)	72 (41,8%)	51 (29,7%)	172 (100%)

Õpetajatele saadeti kiri (vt Lisa 1), kus neil paluti edastada lapsevanematele kiri (vt Lisa 2) küsitluse toimumise kohta ning küsimustik oma õpilastele. Nii õpetajatele kui ka lapsevanematele saadetud kiri koostati jälgides eetika põhimõtteid, sh vabatahtlikkus, teavitatud nõusolek ning andmete konfidentsiaalsus (Hea teadustava, 2023). Kirjas paluti õpetajaga ühendust võtta nendel lapsevanematel, kes ei ole nõus, et nende laps uuringus osaleb.

2.2 Andmekogumine

Andmete kogumiseks kasutati struktureeritud ankeetküsimustikku, sest selle abil saab koguda kiiresti vastuseid paljudelt inimestelt (Õunapuu, 2014). Google Formsi küsimustiku (vt. Lisa 3) koostas autor põhinedes varasemale kirjandusele ning tuginedes uurimisküsimustele. Digivahendid valis autor töösse varasema kirjanduse ning oma kogemuste põhjal.

Ankeetküsimustikus oli 14 valikvastustega suletud küsimust ning 1 avatud küsimus. Küsimustik koosnes neljast osast. Esimeses osas koguti taustaandmeid (nt. „Mis klassis sa käid?“). Teine osa keskendus digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel (nt. „Kas oled kasutanud digivahendeid matemaatika õppimisel?“), sealhulgas hinnati digivahendite kasutamise sagedust ning tõhusust (nt. „Kuidas hindad järgmiste digivahendite tõhusust matemaatika õppimisel?“). Vastajad pidid hindama digivahendite tõhusust 5-palli skaalal, kus tähendas 1 – „pole üldse tõhus“ ja 5 – „väga tõhus“. Kolmandas osas uuriti digivahendite

toetust matemaatika õppimisele (nt. „Kuidas toetavad digivahendid sinu matemaatika õppimist? (vali kõik sobivad variandid)“). Vastajad said valida kõik sobivad variandid kuue etteantud hulgast ning lisada täiendavalt ka muid toetavaid funktsioone avatud vastusevormis. Neljandas osas käsitleti digivahendite kasutamisega seotud väljakutseid ning paluti vastajatel jagada oma kogemusi ja ettepanekuid (nt. „Millised probleemid esinevad digivahendite kasutamisel matemaatika õppimisel? (vali kõik sobivad). Vastajad pidid valima 7 probleemi hulgast kõik, millega on digivahendite kasutamisel kokku puutunud.

Küsitlusele vastamine oli anonüümne (Hea teadustava, 2023). Andmed koguti jaanuar–veebruar 2025, kui matemaatikaõpetajatele saadeti anonüümne veebiküsimustik. Matemaatikaõpetajad jagasid küsimustikku oma õpilastega, kelle vanemad olid selleks loa andnud ning õpilased vastasid sellele 10 – 15 minutit matemaatikatundide ajal, et saada rohkem vastuseid.

Andmekogumise valiidsuse suurendamiseks viidi läbi prooviküsimustik kahe gümnaasiumiõpilasega, et hinnata küsimuste selgust ning sobivust sihtrühmaga. Gümnaasiumiõpilased leidis autor oma tutvusringkonnast ning mõlemad osalejad olid 10. klassi õpilased. Mõlema õpilase lapsevanemalt saadi prooviküsimustiku läbiviimiseks nõusolek. Prooviküsimustiku tulemused näitasid, et üldjoontes on küsimustik sobiv kasutamiseks ning küsimused arusaadavad. Üks õpilane tõi välja, et viimane küsimus – “Mis võiks soodustada digivahendite kasutamist matemaatika õppimisel?” – ei olnud tema jaoks täiesti selge. Prooviküsimustiku tulemusel täpsustas autor viimast küsimust, et vältida arusaamatusi andmekogumise käigus. Selline prooviküsimustiku korraldamine ning tagasiside analüüs tagavad, et lõplik andmekogumise tööriist on kvaliteetne, selge ning asjakohane (Õunapuu, 2014). Prooviküsimustikus osalenud õpilasi ei kaasatud lõppvalimisse, kuna nad ei olnud Tartu maakonna koolidest.

2.3 Andmeanalüüs

Kogutud andmeid analüüsiti kasutades kvantitatiivse andmeanalüüsi meetodeid. Kvantitatiivsed andmed korrastati Google Sheets andmetabelis. Seejärel kodeeriti valikvastustega küsimused Microsoft Office Exceli andmetabelis. Kodeeritud kvantitatiivsed andmed viidi analüüsimiseks ja kirjeldamiseks andmetötlusprogrammi JASP 0.19.3.0 ning neid analüüsiti lähtuvalt kolmest bakalaureusetöö uurimisküsimusest. Andmete kirjeldamisel kasutati sagedusnäitajaid (protsendid, vastajate arv). Hinnangute juures liideti kokku positiivsete hinnangute vastused („Pigem on tõhus“ ja „Väga tõhus“) ning kokku liideti ka sageduse vastused („Mõni kord nädalas“ ja „Iga päev“), et tulemuste analüüsimine ning

võrdlemine oleks selgem ja arusaadavam. Kuna osa skaala väärtusi olid sarnase tähendusega (nt „pigem on tõhus“ ja „väga tõhus“), aitas nende väärtuste kokku liitmine üldistada tulemusi. Samuti võimaldas see suurendada vastuste analüütilist usaldusväärsust, kui üksikväärtuste sagedused olid madalad. Läbi viidi ka võrdlusanalüüs, et selgitada välja, kas erinevate digivahendite kasutamise sageduses esineb statistiliselt olulisi erinevusi. Andmete võrdlemiseks kasutati Friedmani testi ning statistiliselt oluliste erinevuste tuvastamiseks digivahendite vahel rakendati Wilcoxon'i märgitesti.

Andmed olid kättesaadavad vaid töö autorile ning juhendajale. Andmete töötlemisel järgiti anonüümsuse ja konfidentsiaalsuse nõudeid, järgides isikuandmete kaitse põhimõtteid. Andmed säilitati parooliga kaitstud arvutis, mis oli ligipääsetav vaid töö autorile. Andmed kustutatakse pärast töö kaitsmist (Hea teadustava, 2023).

3. Tulemused

Bakalaureusetöö eesmärk oli välja selgitada gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele, nende tõhususele, toele ja probleemidele matemaatika õppimisel. Selles peatükis antakse ülevaade tulemustest, mille esitamisel on lähtud uurimisküsimustest.

3.1 Digivahendite kasutamine ja nende tõhusus matemaatika õppimisel

Esimese uurimisküsimusega otsiti vastust, milliseid digivahendeid kasutavad gümnaasiumiõpilased matemaatikas ning millised neist on gümnaasiumiõpilaste hinnangul kõige tõhusamad. Tulemustest selgus, et 98,8% (n = 172) gümnaasiumiõpilastest on kasutanud digivahendeid matemaatika õppimisel. Suurem osa vastanutest on digivahendeid kasutanud nii iseseisvalt kui ka tunnis. Täpsemad tulemused digivahendite kasutamisest klasside lõikes on leitavad tabelist 2.

Tabel 2. Digivahendite kasutamine matemaatika õppimiseks tunnis ja iseseisvalt õpilaste hinnangul (n = 170)

Kasutusala	10. klass arv ja %	11. klass arv ja %	12. klass arv ja %	Kokku arv
Iseseisvalt ja tunnis	45 (93,7%)	64 (88,8%)	33 (66%)	142
Ainult iseseisvalt	2 (4,2%)	4 (5,6%)	15 (30%)	21
Ainult tunnis	1 (2,1%)	4 (5,6%)	2 (4%)	7

Digivahendeid ei ole matemaatika õppimisel kasutanud 2 (1,2%) vastanut. Digivahendite mittekasutajad tõid avatud küsimuses välja, et koolis ei ole kasutamine lubatud ja see võib raskendada tunnis arusaamist (näiteks *Koolitunnis ei ole lubatud ja vahendeid kasutades*

kardan, et ilma nendeta on tunnis raskem hakkama saada.) ning seda, et eelistatakse ise õppida (näiteks *Ma eelistan ise käsitsi õppida ja üle teha.*).

Tulemustest selgus, et kõige rohkem kasutatakse matemaatika õppimiseks riistvaralistest digivahenditest nutitelefone, mida kasutab 125 (73,5%) õpilast ja tarkvaralistest digivahenditest Photomathi, mida kasutab 56 (32,9%) õpilastest tihemini kui kord nädalas. Täpsemad tulemused riistvaraliste digivahendite kasutussageduse kohta on leitavad tabelis 3 ja lisas 4 ning tarkvaraliste digivahendite kohta tabelis 4 ja lisas 5.

Tabel 3. Riistvaraliste digivahendite kasutussagedus gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170).

Digivahend	Tihemini kui kord nädalas arv ja %*
Nutitelefoni	125 (73,5%)
Projektor	85 (50,0%)
Lauaarvuti/ Sülearvuti	49 (28,8%)
Interaktiivne tahvel	45 (26,5%)
Tahvelarvuti/iPad	10 (5,9%)
Dokumendikaamera	7 (4,1%)

Märkused: * - sageduse hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on „mõni kord nädalas“ ja „iga päev“)

Tabel 4. Tarkvaraliste digivahendite kasutussagedus gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170).

Digivahend	Tihemini kui kord nädalas arv ja %*
Photomath	56 (32,9%)
ChatGPT	47 (27,6%)
GeoGebra	20 (11,8%)
Quizizz	9 (5,3%)
Moodle	9 (5,3%)
Socrative	3 (1,8%)
Nutisport	2 (1,2%)
Desmos	2 (1,2%)
CalcMe	2 (1,2%)
Khan Academy	2 (1,2%)

Märkused: * - sageduse hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on „mõni kord nädalas“ ja „iga päev“)

Hinnangute võrdlemisel selgus, et enamus digivahendite kasutamise vahel on olemas statistiliselt oluline erinevus (Friedmani test; $W = 0,501$; $p < 0,001$). Riistvaralisi digivahendeid (näiteks nutitelefoni, laua- või sülearvuti, projektor) kasutati sagedamini kui tarkvaralisi digivahendeid (näiteks Photomath, ChatGPT, GeoGebra). Olulised erinevused ilmnisid ka riistvaraliste vahendite endi vahel, näiteks nutitelefon ja dokumendikaamera kasutuse sageduse vahel ($p < 0,001$), kusjuures nutitelefoni oli kõige sagedamini kasutatud vahend. Nutitelefone kasutatakse statistiliselt oluliselt sagedamalt kui dokumendikaamerat ($p < 0,001$). Tugevaid erinevusi täheldati ka tarkvaraliste digivahendite omavahelises võrdluses,

näiteks hinnati Photomathi kasutamist sagedasemaks kui GeoGebra ja Desmose kasutamist ($p < 0,05$). Kuigi GeoGebra sai võrreldes Desmosega kõrgema hinnangu kasutussageduse osas, jäi selle tegelik kasutus madalaks. Üldiselt oli Desmos üks vähimkasutatud tarkvaralisi digivahendeid. Täpsemad erinevused ja p-väärtused on esitatud lisa 6 tabelis.

Tulemustest selgus, et kõige tõhusama riistvaraline digivahend matemaatika õppimisel on nutitelefon, millele andis positiivse hinnangu 133 (78,2%) õpilast ning tarkvaralistest digivahenditest hinnatakse tõhusaimaks GeoGebra, millele andis positiivse hinnangu 110 (64,7%) õpilastest. Täpsemad tulemused riistvaraliste digivahendite kasutamise kohta on esitatud tabelis 5 ja lisa 7 ning täpsemad tulemused tarkvaraliste digivahendite kohta on tabelis 6 ja lisa 8.

Tabel 5. Gümnaasiumiõpilaste positiivsed hinnangud riistvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatika õppimisel ($n = 170$)

Hinnangud riistvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatikas	Positiivsed hinnangud*	%*	Ei ole kasutanud	%
Nutitelefon	133	78,2	4	2,4
Lauaarvuti/Sülearvuti	99	58,2	19	11,2
Projektor	83	48,8	56	32,9
Interaktiivne tahvel	65	38,2	73	42,9
Tahvelarvuti/iPad	37	21,8	99	58,2
Dokumendikaamera	21	12,4	113	66,5

Märkused: * - tõhususe positiivsete hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on kokku küsimustiku tulemused „pigem on tõhus“ ja „väga tõhus“).

Tabel 6. Gümnaasiumiõpilaste positiivsed hinnangud tarkvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatika õppimisel ($n = 170$)

Hinnangud tarkvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatikas	Positiivsed hinnangud*	%*	Ei ole kasutanud	%
GeoGebra	110	64,7	34	20,0
Photomath	102	60,0	19	11,2
ChatGPT	69	40,6	38	22,4
Quizizz	48	28,2	80	47,1
Moodle	21	12,4	115	67,6
Socrative	21	12,4	112	65,9
Nutisport	13	7,6	128	75,3
Desmos	9	5,3	139	81,8
Khan Academy	8	4,7	142	83,5
CalcMe	5	2,9	143	84,1

Märkused: * - tõhususe positiivsete hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on kokku küsimustiku tulemused „pigem on tõhus“ ja „väga tõhus“).

Hinnangute võrdlemisel selgus, et enamus digivahendite tõhususe vahel on olemas statistiliselt oluline erinevus (Friedmani test; $W = 0,402$; $p < 0,001$). Riistvaralistest

digivahenditest sai kõige kõrgema tõhususe hinnangu nutitelefon (78,2%), mida hinnati märkimisväärselt tõhusamaks võrreldes teiste riistvaraliste vahenditega, näiteks dokumendikaamera ($p < 0,001$) või tahvelarvutiga ($p < 0,001$). Kõige enam positiivseid tõhususe hinnanguid said tarkvaralised digivahendid GeoGebra (64,7%), Photomath (60,0%) ja ChatGPT (40,6%) (vt tabel 5). Kirjeldava statistika põhjal olid need kolm esirinnas, kuid statistilised testid (vt lisa 7) näitasid, et Photomathi hinnati oluliselt tõhusamaks võrreldes näiteks Desmose ($p < 0,001$), Quizizz ($p < 0,001$) ja Socrative ($p < 0,001$). ChatGPT ei erinenud oluliselt Photomath ($p = 0,854$), kuid oli samuti oluliselt tõhusam võrreldes mitmete madalama hinnanguga vahenditega, sealhulgas Socrative ($p < 0,001$) ja CalcMe ($p < 0,001$). Täpsemad statistilised erinevused ja mitte-erinevused tõhususe hinnangutes on esitatud lisa 9.

3.2 Digivahendite toetus matemaatika õppimisele

Teise uurimisküsimusega otsiti vastust küsimusele, kuidas toetavad erinevad digivahendid matemaatika õppimist gümnaasiumiõpilaste hinnangul. Vastajatest 57 (33,5%) hindasid digivahendite kasutamise mõju oma õppeedukusele „positiivselt“ ning 83 (48,8%) vastajat hindasid „pigem positiivselt“. Õpilaste hinnangul on digivahendite kasutamine matemaatikas neutraalselt mõjutanud 29 (17%) vastaja õppeedukust ning „pigem negatiivselt“ 1 (0,6%) vastaja õppeedukust.

Erinevate digivahendite positiivseid külgi hinnates ilmnes, et kõige olulisemateks peeti visualiseerimisvõimalust, mille valis 135 (79,4%) õpilast, 130 (76,5%) õpilast pidas oluliseks vigade kohest teada saamist. Kõige vähem olulisemaks peeti interaktiivsete õppematerjalide olemasolu, mille valis 61 (35,9%) õpilast. Täpsemalt saab toetavaid funktsioone vaadata tabelist 7.

Tabel 7. Digivahendite toetavad funktsioonid matemaatika õppimisele gümnaasiumiõpilaste hinnangul ($n = 170$)

Toetavad faktorid	Õpilaste arv ja %
Aitab visualiseerida keerulisi mõisteid	135 (79,4%)
Saan koheselt teada oma vead ning nendest õppida	130 (76,5%)
Kiirendab arvutusi	104 (61,2%)
Saan harjutada iseseisvalt ülesandeid	103 (60,6%)
Aitab analüüsida andmeid	81 (47,6%)
Pakub interaktiivset õppematerjali	61 (35,9%)

3.3 Digivahendite kasutamise probleemid matemaatika õppimisel

Kolmanda uurimisküsimusega otsiti vastust küsimusele, millised probleemid esinevad digivahendite kasutamisel matemaatika õppimisel. Tulemustest selgub, et kõige levinumaks

probleemiks on tehnilised probleemid, mille töid välja 98 (57,6%) õpilast. Teiseks valiti kõige rohkem digivahendite keerulisust või raskesti mõistetavust, mille tõi välja 65 (38,2%) õpilast ning kolmandaks toodi välja teadmatus, mida kasutada, selle probleemi töid välja 64 (37,6%) õpilast. Kõige vähem levinud probleem oli aga liiga lihtsad ülesanded, selle tõi välja vaid 6 (3,5%) õpilast. Täpsemalt saab vaadata digivahendite kasutamisel esinevaid probleeme tabelist 8.

Tabel 8. Digivahendite kasutamisel esinevad probleemid gümnaasiumiõpilaste hinnangul.

Probleem	Kokku arv ja %
Tehnilised probleemid (nt internetiühendus, rakenduse vead)	98 (56,9%)
Vahendi keerulisus või raskesti mõistetavus	65 (37,7%)
Teadmatus, mida kasutada	64 (37,2%)
Keskendumisraskused digivahendite kasutamisel	63 (36,6%)
Liiga keerukad ülesanded	45 (26,2%)
Ebapiisav õpetajapoolne juhendamine	37 (21,5%)
Digivahendite kättesaadavus	20 (11,8%)
Liiga lihtsad ülesanded	6 (3,5%)

Kokkuvõttes näitavad uuringu tulemused, et digivahendite kasutamine matemaatika õppimisel on gümnaasiumiõpilaste seas väga levinud ning digivahendite kasutamist hinnatakse pigem positiivselt. Riistvaralistest digivahenditest peeti kõige tõhusamaks nutitelefone, mis toetab õppimist kohese tagasiside ja arvutuste lihtsustamise kaudu. Tarkvaralistest digivahenditeks peeti kõige tõhusamaks GeoGebrat, mis toetab õppimist eelkõige visualiseerimise kaudu. Enamiku õpilaste hinnangul toetavad digivahendid nende õppeedukust. Õpilaste arvates võib digivahendite laiemat kasutuselevõttu suurendada õpetajate suurem initsiatiiv ja digivahendite tutvustamine. Samas ilmnisid ka mitmed probleemid, eeskätt tehnilised takistused, digivahendite keerukus ja vähene teadlikkus sobivatest rakendustest.

4. Arutelu

Bakalaureusetöoga sooviti välja selgitada, millised on gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele, nende tõhususele, toele ja probleemidele matemaatika õppimisel. Selles peatükis arutletakse saadud tulemuste üle seostades neid varasema teooria ja uurimistulemustega vastavalt uurimisküsimustele.

Esimese uurimisküsimusega uuriti, mil määral ja milliseid digivahendeid gümnaasiumiõpilased matemaatikas kasutavad ning milliseid neist peetakse kõige tõhusamateks. Uuringu tulemused näitasid, et digivahendite kasutamine on laialt levinud, suurem osa vastajatest kinnitas, et nad on matemaatika õppimisel kasutanud digivahendeid.

See viitab sellele, et digivahendid on muutunud õppeprotsessi loomulikuks osaks. See tulemus kinnitab Orav-Puurand jt (2024) uuringu tulemusi, et digivahendite kasutamine matemaatika õppimisel on üha laiemalt levinud. Käesolevast uuringust tuli välja, et kõige sagedamini kasutatakse riistvaralistest digivahenditest nutitelefone, mis hinnati ka kõige tõhusamaks riistvaraliseks digivahendiks. Kõrge sageduse ja tõhususe hinnang viitab nende igapäevasele kättesaadavusele ja multifunktsionaalsusele. Nutitelefonide kaudu on õpilastel võimalik kasutada kiirelt ja mugavalt mitmeid matemaatikaõppeks sobivaid rakendusi, näiteks Photomath või ChatGPT. Santos (2022) märgib, et just mobiilsed seadmed pakuvad õppijatele reaalses ligipääsu lahendustööriistadele, võimaldades personaalset tempot ja vigadest õppimist. Tarkvaralistest digivahenditest kasutati kõige sagedamini Photomathi, kuid kõige tõhusamaks hinnati tarkvara GeoGebra. GeoGebra ja Photomath võisid saada kõrgeid hinnanguid osalt tänu oma funktsionaalsusele, vastajad hindasid visuaalset selgust ja võimalust vigadest kohe õppida. See kooskõlastub Baya'a ja Daher (2013) järeldustega, mille kohaselt toetavad digivahendite visuaalne ja interaktiivne olemus paremat arusaamist ning iseseisvat õppimist. Eriti GeoGebra puhul on see märgatav, kuna see võimaldab õppijal keerulisi matemaatilisi nähtusi dünaamiliselt visualiseerida. Kuigi GeoGebra sai kõige kõrgema hinnangu kasutussageduse osas, jäi selle tegelik kasutus madalaks. See viitab vastuolule õpilaste ootuste ja reaalse õppetöö vahel, nad küll näevad, et GeoGebras on väärtust, kuid uuringu tulemused näitavad, et seda ei rakendata piisavalt. Eesti õpilaste kogemused kinnitavad, et kuigi digivahendeid väärtustatakse, ei pruugi nende kasutus olla järjepidev ega süsteemne, mis osutab vajadusele teadlikuma lõimimise järele (Orav-Puurand *et al.*, 2024). GeoGebra sihipärasem propageerimine, õpetajate metoodiline juhendamine ja praktiliste näidete pakkumine võiksid olla olulised sammud selle rakendamise suurendamisel. Samas tuli välja ka see, et mitmed vähem tuntud või keerulisemad digivahendid, nagu Moodle, Socrative ja CalcMe, on õpilaste seas vähe kasutuses. Võimalikud põhjused võivad olla seotud kättesaadavuse, digivahendite keerukuse või vähese tutvustamisega. Leoste (2021) järelduste kohaselt on just õpetajate roll digivahendite kasutuselevõtul kriitiline, kui õpetajad ei lõimi neid õppetöösse järjepidevalt, jäävad need ka õpilaste jaoks vähemkasutatavaks. Seetõttu võiks õpetajad teadlikumalt tutvustada ka vähemlevinud, kuid õppimist toetavaid vahendeid – näiteks Socrative võimaldab reaalses interaktiivset testimist ja tagasisidet (About Us: Socrative, s.a.). Kuna õpilased eelistavad sageli lihtsasti kasutatavaid ja tuttavaid rakendusi, võiks õpetajad teadlikult laiendada õpilaste kokkupuudet erinevate digivahenditega, pakkudes võimalusi katsetada ka vähem tuntud, kuid õppetööd mitmekesisustavaid tööriistu.

Teise uurimisküsimusega otsiti vastust küsimusele, kuidas toetavad erinevad digivahendid matemaatika õppimist gümnaasiumiõpilaste hinnangul. Tulemused näitasid, et suurem osa vastajatest hindasid digivahendite mõju oma õppeedukusele matemaatikas „positiivselt“ või „pigem positiivselt“. Matemaatika õppimisel kasutatavate digivahendite toetavatest funktsioonidest toodi enim esile visualiseerimise võimalusi ning vigadele kiire tagasiside andmist, mis aitavad tõsta õppeedukust. See tulemus on kooskõlas Leppiku jt (2017) ja Kalyani (2024) seisukohtadega, mille kohaselt toetab sisukas ja vahetu tagasiside teadmiste kinnistumist ning suurendab õppimise tõhusust. Seega võib järeldada, et et vajadus digivahendite järgi matemaatika õppimisel on olemas, need toetavad arusaamist ja aitavad õpilastel suurendada enesekontrolli oskust. Lisaks hinnati kõrgelt digivahendite võimet kiirendada arvutamist ning seda, et digivahendid aitavad harjutada iseseisvat ülesannete lahendamist. Viimane viitab sellele, et digivahendeid ei nähta pelgalt lisana õpetaja tööle, vaid tööriistadena, mis võimaldavad õppijal iseseisvamalt tegutseda. See toetab ka Ascione (2024) ja Baya'a & Daher (2013) väiteid, et digitehnoloogiad aitavad arendada iseseisva õppimise oskusi ning suurendada õppija autonoomiat. Tulemuste põhjal võiks senisest enam toetada õppija võimalusi kasutada digivahendeid iseseisvaks avastamiseks, vigade parandamiseks ja enesetempol õppimiseks, näiteks võimaldavad GeoGebra ja Desmos visualiseerida matemaatilisi protsesse, mis aitab õpilastel oma mõtlemist teadvustada ning iseseisvalt edasi liikuda (Chechan *et al.*, 2023).

Kolmanda uurimisküsimusega otsiti vastust küsimusele, millised probleemid esinevad digivahendite kasutamisel matemaatika õppimisel gümnaasiumiõpilaste hinnangul. Tulemustest selgus, et digivahendite peamised probleemid on tehnilised tõrked, kasutuskeerukus ja teadmatuse sobivate rakenduste osas. Need järeldused kattuvad ka varasemate uuringutega, näiteks Leoste (2021) toob välja, et õpetajad ja õpilased kogevad digivahendite kasutamisel sageli tehnilisi raskusi või vajavad paremat kasutajatuge. De Guzman (2022) rõhutab samuti digivahendite kasutamisel tekkivaid tehnilisi probleeme ning teadmatust, mida kasutada. Uuringu tulemused näitavad, et digivahendite rohke kasutamine ei tähenda automaatselt, et nende kasutamine oleks tõhus või õppijat toetav. Tehniliste tõrgete vähendamiseks tuleks investeerida usaldusväärsesse infrastruktuuri, näiteks stabiilsesse internetiühendusse ja kooli tasandil toimivatesse seadmetesse, ning pakkuda tuge rakenduste valikul ja kasutamisel. Õpilaste vähene teadlikkus sobivatest digivahenditest viitab vajadusele digivahendite süsteemse tutvustamise ja selgitamise järele õppetöös, mitte nende kasutamise juhuslikkusele või iseseisvale katsetamisele. De Guzman (2022) rõhutab, et üks peamisi takistusi tehnoloogia edukal lõimimisel on õpilaste vähene oskus kasutada digivahendeid

sihipäraselt. See kinnitab vajadust parema juhendamise järele, nii õpetajate kui ka õpilaste jaoks. Kui digivahendeid ei kasutata järjepidevalt, siis ei realiseeru ka võimalus kasutada digivahendeid õppimise süvendamisel. Sarnasele järeldusele on jõudnud ka Gopinathan jt (2022), kelle uuringus rõhutatakse, et õppimist toetava tehnoloogia mõju ilmneb alles siis, kui see on lõimitud läbimõeldult ning selgelt juhendatud viisil. See tähendab, et pelgalt ligipääs digivahenditele ei ole piisav, vaid vaja on eesmärgipärast ja juhendatud kasutamist. Selle saavutamiseks tuleks pakkuda õpilastele konkreetseid ülesandeid, kus digivahendil on selge roll, näiteks visualiseerimisvahendi abil mõiste selgitamine või interaktiivne keskkond vigade tuvastamiseks. Samuti on oluline, et õpetaja selgitaks digivahendi kasutamise eesmärki ja suunaks reflekteerima, kuidas see toetas õppimist (Leoste, 2021). Eesmärgipärane kasutus tekib siis, kui digivahend on õppeprotsessi loomulik osa, mitte lihtsalt tehniline lisand.

Kokkuvõtteks võib öelda, et kuigi digivahendite kasutamine on laialt levinud, siis ei saa mööda vaadata ka kasutusprobleemidest, mis takistavad digivahendite tõhusat lõimingut õpingutesse. Seetõttu tuleks pöörata rohkem tähelepanu õpetajate ja õpilaste digipädevuse arendamisele (Gümnaasiumi riiklik õppekava, 2011; Požogina, 2022).

Töö tugevuseks on autori hinnangul suur valim ($n = 172$) ning fookus õpilaste vaatenurgale digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel, mida seni on Eesti kontekstis vähe uuritud. Selline õppijakeskne vaade annab olulise sisendi õpetajatele, et mõista paremini mil määral ja milliseid digivahendeid matemaatika õppimisel kasutatakse, millised digivahendid on õpilaste hinnangul tõhusad ja kuidas need toetavad matemaatika õppimist ning millised takistused nende kasutamisel esinevad. Lisaks saab uuringu tulemusi kasutada digipädevuse arendamise planeerimisel. Samas tuleb arvestada mitmete piirangutega. Esiteks kasutati mugavusvalimit, mis tõttu, ei saa tulemusi üldistada kõikidele Eesti gümnaasiumidele. Teiseks koguti andmeid enesehinnangulise küsimustiku kaudu, mis tähendab, et tulemused peegeldavad õpilaste subjektiivseid kogemusi ja hoiakuid.

Tööst on kasu mitmetele sihtrühmadele: õpetajad saavad parema arusaama sellest, millised digivahendid on õpilaste hinnangul tõhusad ning millised raskused nende kasutamisel esinevad, mis võimaldab neil teha teadlikumaid valikuid digivahendite lõimimisel, ennetada võimalikke probleeme ja pakkuda õpilastele sihipärasemat tuge. Hariduspoliitika kujundajad saavad töö põhjal sisendit, milliseid suundi ja vajadusi tuleks toetada digipädevuste arendamisel gümnaasiumiastmes, sealhulgas koolituste suunamisel ja vahendite kättesaadavuse parandamisel.

Edasises uurimises võib keskenduda õpetajate ja õpilaste vahelise koostöö digivahendite kasutamisel ning digivahendite mõju õppimisele võrreldes traditsiooniliste

õppemeetoditega. Samuti võib uurida, kuidas toetavad digivahendid õppimist erinevates õppeainetes ning milline on optimaalne tasakaal digivahendite ning traditsioonilise õppe vahel.

Tänuõnad

Tänan oma bakalaureusetöö juhendajat Karmen Kalki toetava suhtumise, tagasiside ning meeldiva koostöö eest. Samuti tänan aine „Bakalaureusetöö seminar“ vastutavat õppejõudu Liina Leppa toetuse ja tagasiside eest ning kõiki bakalaureusetöös osalenud õpilasi ning õpetajaid, kelle abil jõuti õpilasteni.

Autorsuse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Mari-Liis Freienthal

/allkirjastatud digitaalselt/

Kasutatud kirjandus

- About KhanAcademy* (s.a.) <https://www.khanacademy.org/about>
- About OpenAI*. (s.a.). <https://openai.com/about/>
- About Quizizz*. (s.a.). <https://quizizz.com/home/about?lng=en>
- About Socrative*. (s.a.). <https://www.socrative.com/about-us/>
- About Wolfram Alpha*. (s.a.). <https://www.wolframalpha.com/>
- Ainevaldkond „Matemaatika“. Gümnaasiumi riiklik õppekava. Lisa 5 (2023). *Riigi Teataja I*, 08.03.2023, 1.
https://www.riigiteataja.ee/akt/1080/3202/3006/18m_gym_lisa5.pdf
- Ascione, L. (2024). 64 Predictions About EdTech Trends in 2024. *Council for Aid to Education*. <https://cae.org/resources/64-predictions-about-edtech-trends-in-2024/>
- Baya'a, N. F., & Daher, W. M. (2013). Mathematics Teachers' Readiness to Integrate ICT in the Classroom: The Case of Elementary and Middle School Arab Teachers in Israel. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 8(1), 46-52.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v8i1.2386>
- Baya'a, N., Daher, W., & Mahagna, S. (2022). Technology-Based Collaborative Learning for Developing the Dynamic Concept of the Angle. *Emerging Science Journal*, 6(1), 118-127. doi.org/10.28991/ESJ-2022-06-01-09
- Chechan, B., Ampadu, E., & Pears, A. (2023). Effect of using Desmos on high school students' understanding and learning of functions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(10). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13540>
- de Guzman, F. I. (2022). Education Students' Challenges in Using Digital Technologies for Online Learning: Basis for Institutionalization Plan. *Scholarum: Journal of Education*, 2(1), 87-94. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED623960.pdf>
- Gopinathan, S., Kaur, A. H., Veeraya, S., & Raman, M. (2022). The Role of Digital Collaboration in Student Engagement towards Enhancing Student Participation during COVID-19. *MDPI*, 14(11), 6844. <https://doi.org/10.3390/su14116844>
- Gümnaasiumi riiklik õppekava. (2011). *Riigi Teataja I*, 14.01.2011, 2.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021>
- Hughey, J. (2020). Individual Personalized Learning. *Educational Considerations*, 46(2).
<https://doi.org/10.4148/0146-9282.2237>

- Kalyani, L. K. (2024). The Role of Technology in Education: Enhancing Learning Outcomes and 21st Century Skills. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*, 3(4), 05-10. <https://doi.org/10.59828/ijrmst.v3i4.199>
- Korobova, V. (2024). *Keemia- ja bioloogiaõpetajate hinnangud digivahendite kasutamisele Tartumaa üldhariduskoolide näitel*. [magistritöö, Tartu Ülikool]. ADA. <https://hdl.handle.net/10062/101301>
- Leoste, J. (2021). *Adopting and sustaining technological innovations in teachers' classroom practices – the case of integrating educational robots into math classes*. [doktoritöö, Tallinna Ülikool]. ETERA. <https://www.etera.ee/zoom/160250/view?page=1>
- Leppik, C., Haaristo, H.-S., & Mägi, E. (2017). *IKT-haridus: digioskuste õpetamine, hoiakud ja võimalused üldhariduskoolis ja lasteaias*. Poliitikauuringute Keskus Praxis. https://www.praxis.ee/uploads/2016/08/IKT-hariduse-uuring_aruanne_mai2017.pdf
- Liu, L. (2025). *8 Key Benefits of Interactive Whiteboards in the Classroom*. <https://www.shiningltd.com/interactive-whiteboards-in-the-classroom/>
- Moodle. (s.a.). <https://moodle.edu.ee/>
- Orav-Puurand, K., Jukk, H., Kraav, T., Oras, K., & Pihlap, S. (2024). A study of estonian high school students' views on learning mathematics and the integration of digital tools in distance learning. *Acta Didactica Napocensia*, 17(1), 37-45. doi.org/10.24193/adn.17.1.3
- Požogina, K. (2022). *Digital Skills & Jobs Platform*. <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/inspiration/good-practices/digital-competence-initiative-estonia>
- Qureshi, A. A. (2024). Digital Well-being and Student Performance: The Effect of Screen Time, Social Media Usage on Students Performance mediated by Sleep Quality. *Human Nature Research Publisher*, 5(4), 222-232. <https://doi.org/10.71016/hnjss/hdp1jd98>
- Rafiq, S., Iqbal, S., & Afzal, A. (2025). The Impact of Digital Tools and Online Learning Platforms on Higher Education Learning Outcomes. *Al-Mahdi Research Journal (MRJ)*, 5(4), 359-369. <https://www.researchgate.net/publication/380734414>
- Rämmer, A. (2014). *Valimi moodustamine*. samm.ut.ee/valimid/
- Santos, J. (2022). Comparative Analysis of Mobile Applications for its Integration in College Mathematics Subjects. *EDUCATIO Journal of Education*, 6(4), 324-345. [10.29138/educatio.v6i4.601](https://doi.org/10.29138/educatio.v6i4.601)

- Shi, H., & Lan, P. (2024). Exploring the factors influencing high school students' deep learning of English in blended learning environments. *9*, 1339623. doi.org/10.3389/feduc.2024.1339623
- Taimalu, M., Uibu, K., Luik, P., & Leijen, Ä. (2019). *Õpetajad ja koolijuhid elukestvate õppijatena. OECD rahvusvahelise õpetamise ja õppimise uuringu TALIS 2018 Tulemused I. osa*. SA Innove. https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2022-10/talis_eesti_raporti_i_osa_0.pdf
- Tartu Ülikooli eetikakeskus. (2023). *Hea teadustava*. https://eetika.ee/sites/default/files/2023-06/HEA%20TEADUSTAVA_2023.pdf
- Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., . . . Ioannou, A. (2023). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, *28*, 6695-6726. doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8
- Tutvustus: Nutisport*. (s.a.). <https://nutisport.eu/var17/mati/how/6petus/tutvustus.html>
- University Grants Commission. (2024). *UGC MOOCs*. Components of Educational Technology: Hardware and Software <https://ugcmoocs.inflibnet.ac.in/assets/uploads/1/43/1124/et/LECTURE%20%20EXT200220080802024848.pdf>
- Õunapuu, L. (2014). *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu Ülikool. <http://hdl.handle.net/10062/36419>
- Youssef, A. B., Dahmani, M., & Ragni, L. (2022). ICT Use, Digital Skills and Students' Academic Performance: Exploring the Digital Divide. *MDPI*, *13*(3), 129. doi.org/10.3390/info13030129

Lisad

Lisa 1. Kiri matemaatikaõpetajale

Hea matemaatikaõpetaja!

Minu nimi on Mari-Liis Freienthal, olen Tartu Ülikooli "Loodus- ja reaalainete õpetamine põhikoolis" õppekava tudeng. Soovin oma bakalaureusetöös välja selgitada gümnaasiumiõpilaste hinnanguid digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel.

Andmeid kogun anonüümse küsimustiku abil. Küsimustikule vastamine võtab õpilastel aega ligikaudu 10–15 minutit. Küsitlusele vastamine on täielikult vabatahtlik ning vastused jäävad anonüümseks. Kogutud andmeid säilitatakse kuni lõputöö kaitsmiseni, pärast mida need kustutatakse. Uuringu tulemusi kasutatakse ainult akadeemilisel eesmärgil ning neid esitletakse üldistatult.

Palun Teie abi küsimustiku jagamisel oma õpilastega. Kui nõustute õpilastele jagama vastamise linki, siis saadan Teile täpse juhendi ja küsimustiku lingi.

Kui Teil on küsimusi uuringu kohta või soovite lisateavet, olen meeleldi valmis vastama. Palun andke teada, kas olete valmis mind selles uuringus toetama.

Vastust ootama jäädes

Uuringu läbiviija

Mari-Liis Freienthal

Email: mari-liis.freienthal@ut.ee

Lisa 2. Kiri lapsevanemale

Lugupeetud lapsevanem

Olen Mari-Liis Freienthal, Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi bakalaureuseastme 3. kursuse tudeng, ning õpin “Loodus- ja reaalinete õpetamine põhikoolis” erialal. Selle kirjaga teavitan Teid oma bakalaureusetöö raames läbiviidavast küsimustikust, mis toimub Teie lapse koolis.

Minu bakalaureusetöö eesmärk on välja selgitada gümnaasiumiõpilaste arvamused ja kogemused digivahendite kasutamise kohta matemaatika õppimisel. Uuringul osalemiseks tuleb matemaatika tunnis täita elektroonsel kujul olev küsimustik. Küsimustiku täitmine võtab aega umbes 10-15 minutit ning küsimustikus ei ole õigeid ega valesid vastuseid.

Uuringu vastuseid kasutatakse vaid bakalaureusetöös ning vastuseid kasutatakse üldistatult. Küsitluse vastuseid näeb peale minu ka juhendaja. Küsitlusele vastamine on anonüümne ning vabatahtlik. Küsitluses kogutud andmeid säilitatakse kuni lõputöö kaitsmiseni, pärast mida need kustutatakse.

Kui Teil on uuringu kohta küsimusi, kommentaare või ettepanekuid, siis palun võtke minuga julgelt ühendust.

Kui Te ei soovi, et Teie laps uuringus osaleks, siis palun võtke ühendust oma lapse matemaatikaõpetajaga ning teavitage teda!

Lugupidamisega

Mari-Liis Freienthal

mari-liis.freienthal@ut.ee

Tartu Ülikooli Loodus ja reaalinete õpetamine põhikoolis eriala 3. kursuse tudeng

Lisa 3. Küsimustik

Tere

Olen Mari-Liis Freienthal, Tartu Ülikooli "Loodus- ja reaalainete õpetamine põhikoolis" õppekava tudeng. Kirjutan oma lõputööd, mille eesmärk on välja selgitada gümnaasiumiõpilaste arvamused ja kogemused digivahendite kasutamise kohta matemaatika õppimisel.

Digivahenditeks on riistvara (näiteks nutitelefonid, digitahvlid) ja tarkvara (näiteks veebileheküljed, rakendused ning programmid). Digivahendid lihtsustavad informatsiooni edastamist, õppimist ning suhtlemist, pakkudes interaktiivseid võimalusi teadmiste omandamiseks.

Teie vastused aitavad paremini mõista, millised digivahendid toetavad gümnaasiumiõpilaste hinnangul õppimist kõige tõhusamalt ning kuidas neid võiks tulevikus veelgi paremini õppimisel ja õpetamisel kasutada.

Küsitlus on anonüümne ning kogutud andmeid kasutatakse lõputöös ainult üldistatud kujul. Vastamine võtab aega umbes 10-15 minutit. Teie tagasiside ning kogemused on minu jaoks väga väärtuslikud.

Aitäh vastamast!

Mari-Liis Freienthal

mari-liis.freienthal@ut.ee

1. Mis koolis sa käid?*

-Lühike vastus-

2. Klass*

- 10. klass
- 11. klass
- 12. klass

3. Sugu*

- Mees
- Naine
- Ei soovi avaldada

4. Kas oled gümnaasiumi jooksul kasutanud matemaatika õppimisel digivahendeid?*

- Jah
- Ei**

5. Kas kasutanud digivahendeid iseseisvalt õppides või tunnis?*

- Iseseisvalt
- Tunnis
- Iseseisvalt ja tunnis

6. Kui palju kasutad järgnevaid digivahendeid matemaatika õppimisel?*

	Iga päev	Mõni kord nädalas	Kord nädalas	Mõni kord kuus	Kord kuus	Vähem kui kord kuus	Üldse mitte
Lauaarvuti/Sülearvuti							
Tahvelarvuti							
Interaktiivne tahvel							
Nutitelefon							
Projektor							
Dokumendikaamera							
GeoGebra							
Photomath							
Desmos							
Moodle							
Khan Academy							
CalcMe							
Nutisport							
Quizizz							
Socrative							
ChatGPT							

7. Kui kasutad mõnda muud digivahendit matemaatika õppimisel, siis too see siin välja ning kirjuta, kui palju seda kasutad.

-Lühike vastus-

8. Kuidas hindad järgmiste digivahendite tõhusust matemaatika õppimisel?*

	1 – pole üldse tõhus	2 – pigem ei ole tõhus	3 – nii ja naa	4 – pigem on tõhus	5 – väga tõhus	Ei ole kasutanud
Lauaarvuti/Sülearvuti						
Tahvelarvuti						
Interaktiivne tahvel						
Nutitelefon						
Projektor						
Dokumendikaamera						
GeoGebra						
Photomath						
Desmos						
Moodle						
Khan Academy						
CalcMe						

Nutisport						
Quizizz						
Socrative						
ChatGPT						

9. Kui kasutad mõnda muud digivahendit matemaatika õppimisel, siis palun too see välja ja lisa milliseks hindad selle tõhusust matemaatika õppimisel.

-Lühike vastus-

10. Millistes matemaatika teemades oled gümnaasiumi vältel digivahendeid kasutanud?*

- I kursus „Avaldised ja arvuhulgad”
- II kursus „Võrrandid ja võrrandisüsteemid”
- III kursus „Võrratused. Trigonomeetria I”
- IV kursus „Trigonomeetria II”
- V kursus „Vektor tasandil. Joone võrrand”; valemid lisada
- VI kursus „Tõenäosus, statistika“
- VII kursus „Funktsioonid. Arvjadad”; valemid lisada
- VIII kursus „EkspONENT- ja logaritmfunktsioon“
- IX kursus „Trigonomeetrilised funktsioonid. Funktsiooni piirväärtus ja tuletis”
- X kursus „Tuletise rakendused”
- XI kursus „Integraal. Planimeetria“
- XII kursus „Sirge ja tasand ruumis“
- XIII kursus „Stereomeetria“
- XIV kursus „Matemaatika rakendused, reaalsete protsesside uurimine”
- Muu ...

11. Kuidas toetavad digivahendid sinu matemaatika õppimist? (vali kõik sobivad variandid)*

- Aitavad visualiseerida keerulisi mõisteid
- Kiirendab arvutusi
- Pakub interaktiivset õppematerjali
- Aitab analüüsida andmeid
- Saan harjutada iseseisvalt ülesandeid
- Saan koheselt teada oma vead ning nendest õppida
- Muu...

12. Kuidas hindad, et digivahendite kasutamine on mõjutanud sinu õpiedukust matemaatikas?*

- Positiivselt
- Pigem positiivselt
- Neutraalselt
- Pigem negatiivselt
- Negatiivselt

13. Millised probleemid esinevad digivahendite kasutamisel matemaatika õppimisel?

(vali kõik sobivad)

- Vahendi keerulisus või raskesti mõistetavus
- Tehnilised probleemid (nt internetiühendus, rakenduse vead)
- Keskendumisraskused digivahendite kasutamisel
- Ebapiisav õpetajapoolne juhendamine
- Liiga keerukad ülesanded
- Liiga lihtsad ülesanded
- Digivahendite kättesaadavus
- Teadmatus, mida kasutada
- Muu...

14. Mis aitaks kaasa digivahendite laialdasemale kasutamisele matemaatika õppimisel?*

-Pikk vastus-

5. Mis põhjusel ei ole sa kasutanud digivahendeid matemaatika õppimisel?***

-Pikk vastus-

Aitäh vastamast!

Märkused: * tähistab kohustuslikku küsimust, ** valides 4. küsimuses „Ei“, liiguti edasi küsimustiku lõppu ning vastati vaid viimasele küsimusele.

Lisa 4. Riistvaraliste digivahendite kasutussagedus

Tabel 9. Riistvaraliste digivahendite kasutussagedus gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170).

Digivahend	Üldse mitte arv ja %	Vähem kui kord kuus arv ja %	Kord kuus arv ja %	Mõni kord kuus arv ja %	Kord nädalas arv ja %	Mõni kord nädalas arv ja %	Iga päev arv ja %	Tihemini kui kord nädalas* arv ja %
Nutitelefon	6 (3,5%)	4 (2,4%)	4 (2,4%)	18 (10,6%)	13 (7,6%)	75 (44,1%)	50 (29,4%)	125 (73,5%)
Projektor	67 (39,4%)	3 (1,8%)	3 (1,8%)	6 (3,5%)	6 (3,5%)	49 (28,8%)	36 (21,2%)	85 (50,0%)
Lauaarvuti/ Sülearvuti	20 (15,3%)	23 (13,5%)	12 (7,1%)	34 (20,0%)	32 (18,8%)	34 (20,0%)	15 (8,8%)	49 (28,8%)
Interaktiivne tahvel	106 (62,4%)	8 (4,7%)	3 (1,8%)	4 (2,4%)	4 (2,4%)	23 (13,5%)	22 (12,9%)	45 (26,5%)
Tahvelarvuti/iPad	135 (79,4%)	10 (5,9%)	6 (3,5%)	5 (2,9%)	4 (2,4%)	7 (4,1%)	3 (1,8%)	10 (5,9%)
Dokumendikaamera	130 (76,5%)	16 (9,4%)	6 (3,5%)	6 (3,5%)	5 (2,9%)	3 (1,8%)	4 (2,4%)	7 (4,1%)

Märkused: * - kokku on liidetud küsimustiku tulemused „mõni kord nädalas“ ja „iga päev“.

Lisa 5. Tarkvaraliste digivahendite kasutussagedus

Tabel 10. Tarkvaraliste digivahendite kasutussagedus gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170).

Digivahend	Üldse mitte arv ja %	Vähem kui kord kuus arv ja %	Kord kuus arv ja %	Mõni kord kuus arv ja %	Kord nädalas arv ja %	Mõni kord nädalas arv ja %	Iga päev arv ja %	Tihemini kui kord nädalas* arv ja %
Photomath	26 (15,3%)	17 (10,0%)	11 (6,5%)	35 (20,6%)	25 (14,7%)	46 (27,1%)	10 (5,9%)	56 (32,9%)
ChatGPT	42 (11,8%)	23 (13,5%)	14 (8,2%)	24 (14,1%)	20 (11,8%)	30 (17,6%)	17 (10,0%)	47 (27,6%)
GeoGebra	38 (22,4%)	36 (21,2%)	21 (12,4%)	32 (18,8%)	23 (13,5%)	19 (11,2%)	1 (0,6%)	20 (11,8%)
Quizizz	84 (49,4%)	17 (10,0%)	23 (13,5%)	24 (14,1%)	13 (7,6%)	8 (4,7%)	1 (0,6%)	9 (5,3%)
Moodle	137 (80,6%)	11 (6,5%)	3 (1,8%)	5 (2,9%)	5 (2,9%)	6 (3,5%)	3 (1,8%)	9 (5,3%)
Socrative	125 (73,5%)	13 (7,6%)	13 (7,6%)	9 (5,3%)	7 (4,1%)	3 (1,8%)	0 (0,0%)	3 (1,8%)
Nutisport	157 (92,4%)	3 (1,8%)	2 (1,2%)	2 (1,2%)	4 (2,4%)	2 (1,2%)	0 (0,0%)	2 (1,2%)
Desmos	158 (92,9%)	4 (2,4%)	0 (0%)	2 (1,2%)	4 (2,4%)	2 (1,2%)	0 (0,0%)	2 (1,2%)
CalcMe	160 (94,1%)	2 (1,2%)	1 (0,6%)	1 (0,6%)	4 (2,4%)	2 (1,2%)	0 (0,0%)	2 (1,2%)
Khan Academy	160 (94,1%)	1 (0,6%)	1 (0,6%)	3 (1,8%)	3 (1,8%)	2 (1,2%)	0 (0,0%)	2 (1,2%)

Märkused: * - kokku on liidetud küsimustiku tulemused „mõni kord nädalas“ ja „iga päev“.

Lisa 6. Digivahendite kasutuse võrdlusanalüüs

Tabel 11. Digivahendite kasutamine matemaatika õppimisel gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170). Võrdluse teostamiseks on kasutatud Wilcoxon'i märgitesti (tabelis on esitatud p-väärtus).

	Tahvelarvuti	Interaktiivne tahvel	Nutitelefoni	Projektor	Dokumendikaamera	GeoGebra	Photomath	Desmos	Moodle	Khan Academy	CalcMe	Nutisport	Quizizz	Socrative	ChatGPT
Lauaarvuti/Sülearvuti	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.542	<0.001**	<0.001**	0.84	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.006**
Tahvelarvuti		<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.953	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.767	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.49	<0.001**
Interaktiivne tahvel			<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.045*	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.184	<0.001**	<0.001**
Nutitelefoni				<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Projektor					<0.001**	<0.001**	0.542	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.187
Dokumendikaamera						<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.669	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.575	<0.001**
GeoGebra							<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.030*
Photomath								<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.002**
Desmos									<0.001**	0.688	0.615	0.822	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Moodle										<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.54	<0.001**
Khan Academy											1	0.469	<0.001**	<0.001**	<0.001**
CalcMe												0.472	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Nutisport													<0.001**	<0.001**	<0.001**
Quizizz														<0.001**	<0.001**
Socrative															<0.001**

Märkused: ** - p<0,01 kahe väite vahel on leitud tugev statistiliselt oluline erinevus. * - p<0,05 kahe väite vahel on statistiline erinevus.

Lisa 7. Riistvaraliste digivahendite hinnangud

Tabel 12. Gümnaasiumiõpilaste hinnangud riistvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatika õppimisel (n = 170)

Digivahend	Ei ole kasutanud arv ja %	Pole üldse tõhus arv ja %	Pigem ei ole tõhus arv ja %	Nii ja naa arv ja %	Pigem on tõhus arv ja %	Väga tõhus arv ja %	Positiivsed hinnangud*
Nutitelefon	4 (2,4%)	1 (0,6%)	5 (2,9%)	27 (15,9%)	70 (41,2%)	63 (37,1%)	133 (78,2%)
Lauaarvuti/Sülearvuti	19 (11,2%)	8 (4,7%)	10 (5,9%)	34 (20,0%)	64 (37,6%)	35 (20,6%)	99 (58,2%)
Projektor	56 (32,9%)	4 (2,4%)	4 (2,4%)	23 (13,5%)	39 (22,9%)	44 (25,9%)	83 (48,8%)
Interaktiivne tahvel	73 (42,9%)	8 (4,7%)	9 (5,3%)	15 (8,8%)	32 (18,8%)	33 (19,4%)	65 (38,2%)
Tahvelarvuti/iPad	99 (58,2%)	6 (3,5%)	6 (3,5%)	22 (12,9%)	25 (14,7%)	12 (7,1%)	37 (21,8%)
Dokumendikaamera	113 (66,5%)	9 (5,3%)	8 (4,7%)	19 (11,2%)	10 (5,9%)	11 (6,5%)	21 (12,4%)

Märkused: * - tõhususe positiivsete hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on kokku küsimustiku tulemused „pigem on tõhus“ ja „väga tõhus“).

Lisa 8. Tarkvaraliste digivahendite hinnangud

Tabel 13. Gümnaasiumiõpilaste hinnangud riistvaraliste digivahendite kasutamise tõhususele matemaatika õppimisel (n = 170)

Digivahend	Ei ole kasutanud arv ja %	Pole üldse tõhus arv ja %	Pigem ei ole tõhus arv ja %	Nii ja naa arv ja %	Pigem on tõhus arv ja %	Väga tõhus arv ja %	Positiivsed hinnangud*
GeoGebra	34 (20,0%)	4 (2,4%)	3 (1,8%)	19 (11,2%)	49 (28,8%)	61 (35,9%)	110 (64,7%)
Photomath	19 (11,2%)	5 (2,9%)	5 (2,9%)	39 (22,9%)	63 (37,1%)	39 (22,9%)	102 (60,0%)
ChatGPT	38 (22,4%)	12 (7,1%)	9 (5,3%)	42 (24,7%)	37 (21,8%)	32 (18,8%)	69 (40,6%)
Quizizz	80 (47,1%)	8 (4,7%)	5 (2,9%)	29 (17,1%)	36 (21,2%)	12 (7,1%)	48 (28,2%)
Socrative	112 (65,9%)	5 (2,9%)	6 (3,5%)	26 (15,3%)	17 (10,0%)	4 (2,4%)	21 (12,4%)
Moodle	115 (67,6%)	8 (4,7%)	9 (5,3%)	17 (10,0%)	12 (7,1%)	9 (5,3%)	21 (12,4%)
Nutisport	128 (75,3%)	7 (4,1%)	11 (6,5%)	11 (6,5%)	7 (4,1%)	6 (3,5%)	13 (7,6%)
Desmos	139 (81,8%)	7 (4,1%)	7 (4,1%)	8 (4,7%)	5 (2,9%)	4 (2,4%)	9 (5,3%)
Khan Academy	142 (83,5%)	6 (3,5%)	7 (4,1%)	7 (4,1%)	3 (1,8%)	5 (2,9%)	8 (4,7%)
CalcMe	143 (84,1%)	8 (4,7%)	6 (3,5%)	8 (4,7%)	2 (1,2%)	3 (1,8%)	5 (2,9%)

Märkused: * - tõhususe positiivsete hinnangute vastajate arv ja protsent (liidetud on kokku küsimustiku tulemused „pigem on tõhus“ ja „väga tõhus“).

Lisa 9. Hinnangute võrdlusanalüüs

Tabel 14. Hinnangud digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel gümnaasiumiõpilaste hinnangul (n = 170). Võrdluse teostamiseks on kasutatud Wilcoxon'i märgitesti (tabelis on esitatud p-väärtus).

	Tahvelarvuti	Interaktiivne tahvel	Nutitelefon	Projektor	Dokumendikaamera	GeoGebra	Photomath	Desmos	Moodle	Khan Academy	CalcMe	Nutisport	Quizizz	Socrative	ChatGPT
Luaarvuti/Sülearvuti	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.001**	<0.001**	0.636	0.298	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Tahvelarvuti		<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.019*	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.006**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.026*	0.024*	<0.001**
Interaktiivne tahvel			<0.001**	0.004**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.087	<0.001**	0.005*
Nutitelefon				<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Projektor					<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.854
Dokumendikaamera						<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.788	<0.001**	<0.001**	0.035*	<0.001**	0.887	<0.001**
GeoGebra							0.834	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	0.003*
Photomath								<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Desmos									<0.001**	0.751	0.067	0.046*	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Moodle										<0.001**	<0.001**	0.031*	<0.001**	0.579	<0.001**
Khan Academy											0.292	0.032*	<0.001**	<0.001**	<0.001**
CalcMe												<0.001**	<0.001**	<0.001**	<0.001**
Nutisport													<0.001**	0.018*	<0.001**
Quizizz														<0.001**	<0.001**
Socrative															<0.001**

Märkused: **- p<0,01 kahe väite vahel on leitud tugev statistiliselt oluline erinevus.*- p<0,05 kahe väite vahel on statistiline erinevus.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mari-Liis Freienthal,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Gümnaasiumiõpilaste hinnangud digivahendite kasutamisele matemaatika õppimisel“ mille juhendaja on Karmen Kalk reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Mari-Liis Freienthal

/allkirjastatud digitaalselt/

21.05.2025