

Tartu Ülikool  
Loodus- ja täppisteaduste valdkond  
Matemaatika ja statistika instituut

Kelina Lillemets

**Lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks õppematerjalide loomine  
ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud õppematerjalidele**

Matemaatika- ja informaatikaõpetaja eriala

Magistritöö (15 EAP)

Juhendaja: Sirje Pihlap, MA

Tartu 2022

# **Lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks õppematerjalide loomine ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud õppematerjalidele**

Magistritöö

Kelina Lillemets

**Lühikokkuvõte:** Algebra on õpilastele üks probleemsemaid teemasid. Üheks algebra alateemaks on lineaarvõrrandisüsteemid, millest õpilastel on raske aru saada. Eestikeelseid lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavaid digitaalseid õppematerjale on väga vähe. Seetõttu oli käesoleva magistritöö eesmärgiks koostada lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad õppematerjalid ning välja selgitada õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele. Teacher.Desmose keskkonnas koostati 8. klassi õpilastele digitaalsed õppematerjalid. Kokku koostati kolm õppematerjali: lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine graafiliselt, liitmisvõttega ja asendusvõttega. Õpilased ja matemaatikaõpetajad andsid õppematerjalidele tagasisidet. Hinnangute saamiseks kasutati küsimustikku. Magistritöös otsiti vastuseid järgnevatele küsimustele: kuivõrd toetavad loodud õppematerjalid lineaarvõrrandisüsteemide õppimist õpilaste hinnangul?; kuivõrd vastavad loodud õppematerjalid esitatavatele nõuetele õpetajate hinnangul? Tulemustest selgus, et õppematerjalid on õppimist toetavad ja head abilised teema omandamiseks. Õpilaste arvates olid ülesanded huvitavad ja nad said teemast paremini aru. Õpetajate meelest on tehtud märkimisväärne töö ja nad kasutaksid neid õppematerjale lineaarvõrrandisüsteeme õpetades. Tulevikus on plaanis õppematerjalides teha mõned muudatused ja lisada need E-koolikotti kõigile kättesaadavaks.

**CERCS teaduseriala:** S270 Pedagoogika ja didaktika

**Märksõnad:** Algebra, lineaarvõrrandisüsteem, Desmos, teacher.Desmos, õppematerjali koostamine

# **Creation of educational materials for learning systems of linear equations and the associated feedback on the materials from teachers and students**

Master thesis

Kelina Lillemets

**Abstract:** Algebra is one of the most challenging math subjects for students. Students often struggle to understand the system of linear equations, one of Algebra's subtopics. There are very few digital learning materials supporting the learning process of the system of linear equations in the Estonian language. Thus, this Master's thesis sought to develop educational materials supporting the learning of linear equations, as well as to determine the evaluations of students and teachers regarding the materials produced. In the Teacher.Desmos software environment, digital learning materials were compiled for 8th grade students. A total of three educational materials were developed: solving the linear equation system graphically, with the elimination method and with the substitution method. Students and math teachers provided feedback on these materials. A questionnaire was used to obtain the estimates. The Master's thesis looked for answers to the following questions: By how much do these created learning materials support the learning of systems of linear equations in the opinion of students?; To what extent do the created educational materials meet the requirements set by teachers' assessments? The results showed that the study materials are supportive of learning and helpful for students in studying the topic. The students found the tasks interesting, which led to better understanding of the topics in general. The teachers believe that considerable work has been done and that they would use these teaching materials to teach systems of linear equations. Future plans include making some changes to the educational materials and adding them to the E-koolikott online environment for everyone to access.

**CERCS research specialisation:** S270 Pedagogy and didactics

**Keywords:** Algebra, system of linear equations, Desmos, teacher.Desmos, creating learning materials

# Sisukord

<b>Sissejuhatus</b>	<b>6</b>
<b>Teoreetiline ülevaade</b>	<b>8</b>
Algebra ja selle õpetamine	8
Algebra Eesti õppekavas	8
Algebra õpetamine ja õppimine	8
IKT vahendite kasutamine algebra õpetamisel	9
Lineaarvõrrandisüsteemid ja selle õpetamine	10
Lineaarvõrrandisüsteemide õpetamine ja õppimine	10
Lineaarvõrrandisüsteemide õpetamine ja õppimine Eestis	11
Desmose programmi tutvustus	12
Õppematerjali koostamine ja hindamine	13
<b>Töö eesmärk ja uurimisküsimused</b>	<b>14</b>
<b>Metoodika</b>	<b>14</b>
Õppematerjalide koostamine	14
Valim	16
Uurimisinstrument	17
Protseduur	18
<b>Tulemused</b>	<b>19</b>
Õpilaste hinnangud õppematerjalidele	19
Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus	19
Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega	21
Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega	23
Õpetajate hinnangud õppematerjalidele	25
Õppimist toetav osa	26
Vormistuslik osa	27
Tehniline osa	27

<b>Arutelu</b>	<b>28</b>
<b>Kasutatud kirjandus</b>	<b>30</b>
<b>Lisad</b>	<b>32</b>

## Sissejuhatus

Algebra on matemaatika üks olulisim osa. Algebra uurib tehteid ja nende omadusi. Algebras kasutatakse tähti arvude asemel või lisatakse tähti arvudele juurde. Tähtedega on võimalik luua erinevaid seoseid, koostada valemeid ja üldistada tehteid (Reinup, 2019). Algebra uurib ka funktsioone ja nende rakendamist matemaatikas. Algebraga on võimalik lahendada reaalse elu probleeme (French, 2002).

Paljudele õpilastele seostub algebra tavaliselt ülesannetega, millel ei ole mingisugust tähendust ja see ei paku neile huvi. Tähtede ning nendega koostatud avaldiste ja võrrandite kasutamist seostatakse suvalise rutiiniga, mida pigem talutakse kui nauditakse. Paljud õpilased ei suuda algebrast aru saada ega mõista selle kasulikkust ja võlu (French, 2002). Algebra on sageli esimene teema matemaatikas, mis nõuab ulatuslikku abstraktset mõtlemist. Seda teemat õppides omandavad õpilased uusi oskusi, mida nad varem pole kasutanud (Star, et al., 2015). Õpilastele on algebra üks probleemsemaid teemasid, sest see on nende jaoks liiga üldistav. Ülesandeid lahendades tuleks õpilasel olla hästi tähelepanelik ja leida erinevaid seoseid (Bell, 1995).

Üks algebra alateema on lineaarvõrrandisüsteemid. Koolides hakatakse lineaarvõrrandisüsteeme õppima põhikoolis (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018). Eestis hakatakse õpetama lineaarvõrrandisüsteeme 8. klassis (Matemaatika III kooliaste, 2015). Lineaarvõrrandisüsteemidest arusaamine on oluline, näiteks kui tulevikus on soov minna ülikooli matemaatikat õppima. Lineaarvõrrandisüsteemidest on vajalik aru saada ka majandus-, inseneri- ja sotsiaalteaduste valdkonnas. Nendes valdkondades on kasutusel palju erinevaid mudeleid, mida lineaarvõrrandisüsteemidega iseloomustatakse (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018).

Enamus lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad digitaalsed õppematerjalid on ingliskeelsed (Kurz, 2011). Eestikeelseid digitaalseid õppematerjale on väga vähe. Eestis on kasutusel digitaalse õppevara portaal E-koolikott, kuhu on kokku koondatud õpetajate koostatud digitaalsed õppematerjalid. Lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks on 8. klassile E-koolikotis kolm erinevat õppematerjali. Ühes õppematerjalis osad lingid enam ei tööta ning kahes õppematerjalis on üks ülesanne. E-koolikotis olevates õppematerjalides ei ole kogu lineaarvõrrandisüsteemide teemat käsitlevaid ülesandeid (E-koolikott, 2022). Eestis on kasutusel ka õpiprogramm T-algebra, mis on mõeldud algebra ülesannete lahendamiseks 4.-8. klassi õpilastele. T-algebra ei toeta macOS operatsioonisüsteemi, mille tõttu ei ole programm kõigile kättesaadav (T-algebra, 2010).

Viimase kuue aasta (2016–2021) põhikooli eksami tulemusi analüüsid selgus, et kolme kõige vähem punkte saanud ülesannete seas on kaks ülesannet algebra teemast. Nendeks teemadeks on võrrandid/võrrandisüsteemid ja lihtsustamine v.a 2017. aastal. Sellel aastal oli kolme kõige vähem punkte saanud ülesannete seas ainult võrrandeid sisaldav ülesanne. Seetõttu on magistritöö eesmärk koostada lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad õppematerjalid ning välja selgitada õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele.

# 1. Teoreetiline ülevaade

## 1.1. Algebra ja selle õpetamine

Järgnevas alapeatükis tehakse ülevaade algebra käsitlemisest Eesti õppekavas. Antakse ülevaade, kuidas tuleks algebrat õpetada ja õppida. Kirjeldatakse, kuidas toetavad IKT vahendid algebra õppimist.

### 1.1.1. Algebra Eesti õppekavas

Algebra on Eesti õppekavas väga olulisel kohal. See on üks teema viiest III kooliastmes, mis on vaja omandada õpilasel põhikooli lõpuks. Põhikooli riiklikus õppekavas (2014) on kirjas, et õpilane peab III kooliastme lõpuks olema võimeline kasutama matemaatika keelt ja sümboleid nii koolis kui ka igapäevaelus.

Eestis on ettenähtud III kooliastme matemaatika õpetamiseks 455 ainetundi, millest 200 tundi on suunatud erinevatele algebra teemadele. III kooliastme matemaatika kursusest on algebra teemasid natuke alla poole (~ 45%) tundidest. 7. klassis käsitletakse teemasid: *Võrdeline ja pöördvõrdeline sõltuvus*, *Lineaarfunktsioon*, *Võrrand ja Üksliikmed*, millele soovitatakse kasutada 75 tundi. 8. klassi teemadest moodustavad suure osa *Hulkliikmete* ja *Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi* lahendamine, mille läbimiseks on soovitatud kasutada 65 tundi. 9. klassis aga käsitletakse teemasid *Ruutvõrrand ja ruutfunktsioon* ning *Ratsionaalavaldised*, mille läbimiseks kasutatakse umbes 60 tundi (Matemaatika III kooliaste, 2015).

### 1.1.2. Algebra õpetamine ja õppimine

Iga matemaatikaõpetaja on kokku puutunud õpilase suhtumisega, et algebrat on mõttetu õppida. Selle ära hoidmiseks on ülimalt oluline esmane kohtumine algebraga. Paljudel õpilastel on raskusi algebra ülesannete lahendamisega. Alates esimesest sissejuhatavast tunnist soovitatakse õpilastele anda eesmärk ja tähendus kuni tähtede kasutamiseni avaldistes ja võrrandites. Näiteks tuleks algebrat tutvustada kui võimsat tööriista, ilma milleta oleks väga raske selgitada erinevaid probleeme ja ülesandeid (French, 2002).

Algebralisi probleeme võiks siduda erinevate situatsioonidega, mis on õpilaste jaoks reaalsed. Ülesanded ei pea ilmingimata olema reaalsest elust, kuna erinevad arvu omadused, probleemid ja mõistatused võivad ka olla õpilaste jaoks reaalsed ja põnevad lahendada. Algebra teemad on sageli eraldatud muudest matemaatika teemadest. Mõistmise parandamiseks on oluline välja tuua seoseid erinevate teemade vahel kasutades numbrilisi ja



pildilisi esitusi. Suurema motivatsiooni ja edu saavutamiseks, tuleks näidata õpilastele algebra abil seletatavaid tulemusi, mis on õpilastele üllatavad ja lahendada põnevamaid ülesandeid. Graafikute kasutamine algebra õppimisel tekitab õpilastes suuremat huvi, sest neid kasutatakse rohkelt reaalses elus, mistõttu tunduvad need õpilastele olulisemad (French, 2002).

Star jt. (2015) toovad välja kolm erinevat strateegiat, mis aitavad noortel paremini lahendada algebra probleeme. Esiteks peaksid õpetajad kasutama lahendatud probleeme, et õpilasi kaasata algebraliste lahendusviiside ja põhjuste analüüsimisse. Selleks tuleks õpilastel aidata luua seoseid lahendusviiside ja põhjenduste vahel. Valida sellised lahendatud probleemid, kus on sees kõige levinumad vead. Neid ülesandeid tuleks teha arutledes väikestes gruppides ja/või kogu klassiga ning praktika osa teha individuaalselt. Teine nõuanne on õpetada õpilastel aru saama algebralistest esitustest. See tähendab, et õpetaja peaks arendama õpilastes oskust, kuidas matemaatilisi võrrandeid selgitada sõnadega. Õpetaja peaks julgustama õpilasi esitama küsimusi, et aru saada probleemidest. Õpilastele soovitatakse õpetada, et erinev algebraline esitus (sümbolitena, graafiliselt, verbaalsena jne) võib edastada erinevat teavet algebra probleemi kohta. Kolmas soovitus on õpilastel valida erinevaid algebralisi strateegiaid. Selleks tuleks õpetajal õpetada õpilastele erinevaid lahendusviise, et õpilane hiljem lahendades need ära tunneks. Õpetaja peaks julgustama õpilasi põhjendama oma lahendusviisi valikut ja hindama, mis on erinevate lahendusviiside eelised ja puudused.

### **1.1.3. IKT vahendite kasutamine algebra õpetamisel**

Põhikooli riiklikus õppekavas Lisa 3 (2011) on kirjas, et õpilasel tuleb kasutada erinevaid arvutiprogramme nii võrrandite kui ka lineaarvõrrandisüsteemide lahendamisel. IKT vahendite kasutamisel on väärtuslik roll algebralise mõistmise edendamisel. See on väga hea vahend keerukate arvutuste tegemiseks ja graafikute koostamiseks (French, 2002). Õpetajad üldiselt toetavad ideed kasutada matemaatika õpetamiseks tehnoloogiat. Algebra teemade õpetamise toetamiseks on ingliskeelseid digitaalseid õppematerjale väga palju (Kurz, 2011). Eestikeelseid digitaalseid õppematerjale on vähe. Digitaalse õppevara portaalil E-koolikott on kolm digitaalset õppematerjali, mis toetavad lineaarvõrrandisüsteemide õppimist 8. klassis. Õppematerjalides osad lingid enam ei tööta ja õppimist toetavaid ülesandeid on väga vähe (E-koolikott, 2022). Eestis on kasutusel ka õpiprogramm T-algebra, mida kasutatakse algebra ülesannete harjutamiseks 4.-8. klassis. See programm ei toeta macOS operatsioonisüsteemi ja osad õpilased ei saa seda kasutada (T-algebra, 2010).

Õpetajad peaksid õpilastele pakkuma võimalusi õppida ja kasvada tehnoloogia abil (Kurz, 2011). Tehnoloogia lisamine õpetamisse toimiks kõige paremini, kui seda tehakse koos õpetamisstrateegiatega, mis arendavad kriitilist mõtlemist ning suurendavad õpilaste ja õpetajate vahelist suhtlemist. Kui algoritme on õigesti mõistetud, siis õpilased kulutavad vähem aega arvutustele ning rohkem aega probleemide ja tõestuste arutamisele. Lahenduskäike arvutisse kirjutades, võimaldab see õpilastel mõistetest paremini aru saada (Pecuch-Herrero, 2000).

Hariduslike veebisaitide või programmide kasutamisel on algebra õppimisel väga palju eeliseid. Õpilasi motiveerib arvutis õppimine ja nad naudivad seda. Arvutis töötamine võimaldab õpilastel teha tööd vastavalt oma individuaalsetele võimetele. Tulenevalt õpilase tasemest saab õpetaja vajadusel läbi interneti abi pakkuda (Alsaed, 2017). Alsaed (2017) intervjueris erinevaid õpetajaid. Ta leidis, et interneti kasutamine algebra õpetamisel aitab visuaalsetel õppijatel paremini õppida. Visuaalsed õppijad mõistavad matemaatikat paremini, kui nad saavad arvutis lahendada matemaatiliste objektidega erinevaid ülesandeid. Õpetajad saavad kasutada tehnoloogiat, et suurendada õpilastele pakutavaid võimalusi.

Õpetajatel tuleks jälgida, et õppimine oleks tõhus ja kasutatakse õpilaste kogu potentsiaali. Digitaalsete õppevahendite kasutamine algebra õpetamisel ei ole tõhus ilma õpetaja juhendamisetä. Arvutipõhine juhendamine võib isegi vähendada õppe kvaliteeti, kui individuaalsele tööle arvutiga pannakse liiga palju rõhku (Alsaed, 2017, Pecuch-Herrero, 2000). Veel on oluline õpetajal valida ülesandeid, mis võimaldavad õpilastel väljendada oma mõtlemist ja loovust (Alsaed, 2017). Õpetajad peaksid võtma digivahendeid kui enda abilisi, et pakkuda õpilastele õpikeskkonda, mis tagaks arusaamise algebrast (Alsaed, 2017, Liang, 2016).

## **1.2. Lineaarvõrrandisüsteemid ja selle õpetamine**

Selles alapeatükis tehakse ülevaade lineaarvõrrandisüsteemide õpetamisest Eestis. Antakse ülevaade, kuidas lineaarvõrrandisüsteeme õpetada ja mis toetab õppimist.

### **1.2.1. Lineaarvõrrandisüsteemide õpetamine ja õppimine**

Lineaarvõrrandisüsteemide õpetamisel tuleks alustada sellest, et kahe tundmatuga lineaarvõrrand on erinev ühe tundmatuga lineaarvõrrandist (Häggström, 2008). Teiseks, tuleks kindlaks määrata lineaarvõrrandi lahendite arv (Havelková, 2013). Lineaarvõrrandisüsteemi õpetamisel soovitatakse õpilastele selgeks teha, et “sama täht

tähistab sama arvu". Õpetajale võib tunduda see iseenesestmõistetavana ning seetõttu sellele tähelepanu ei pööra. Õpetaja peaks kindlasti tähelepanu juhtima, et lineaarvõrrandisüsteemis tuleb leida mõlemad tundmatud. Õpilasele, kes süsteeme esimest korda lahendab, see ilmselt ei tundu loogiline (Häggström, 2008).

Graafiline lahendus on üks võimalus, kuidas lahendada kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi. Varem on õpitud, et kui lineaarvõrrandis on kaks muutujat, siis on tegemist sirge võrrandiga. Lineaarvõrrandisüsteemi lahendamiseks tuleks leida mõlemal sirgel kaks punkti, mida see sirge läbib ning joonestada need sirged koordinaatteljestikku. Kahe sirge lõikepunkti koordinaadid on lineaarvõrrandisüsteemi lahendiks. Õpilastele on oluline selgitada, et kui lahend panna mõlemasse lineaarvõrrandisse, siis võrdused peavad olema tõesed (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018).

Asendusvõtte idee seisneb selles, et kõigepealt tuleb leida ühe tundmatu väärtus ja seejärel kasutada seda teise tundmatu väärtuse leidmiseks. Õpilane, kes esimest korda asendusvõtet kasutab, ei saa aru mõttest, miks erinevaid tegevusi tehakse. Selleks tuleks õpetajal pöörata tähelepanu nendele tegevustele ja asendusvõtte ideele (Häggström, 2008).

Lineaarvõrrandisüsteeme on hea õpetada läbi probleemide lahendamise (Häggström, 2008). Õpikutes on sageli uus teema selgitatud nii, et ei pöörata tähelepanu reaalse elu kontekstile ega õpilaste motiveerimisele. Õpikutes on olemas, kuidas ja mida tehakse, aga puudub vastus küsimusele, miks seda tegema peaks (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018). Tõhus viis õpilasi motiveerida on alustada teema õpetamist reaalse elu näitega, mis on kõigile mõistetav. See püüaks õpilaste tähelepanu ja tekitaks rohkem huvi õppida (Havelková, 2013; Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018). Õpilastele ei meeldi lahendada raskeid ülesandeid, aga kui selleks on hea põhjus, siis nad teevad seda palju meelsamini (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018).

Lineaarvõrrandisüsteemide õppimisel on väga oluline roll kasutada digivahendeid. Digivahendid võimaldavad õpilasel näha erinevaid lahendusi, mida paberil saavutada on väga keeruline (Havelková, 2013).

### **1.2.2. Lineaarvõrrandisüsteemide õpetamine ja õppimine Eestis**

Eestis õpetatakse lineaarvõrrandisüsteemide teemat 8. klassis (Matemaatika III kooliaste, 2015). Lineaarvõrrandisüsteemide õppimist mujal maailmas alustatakse samuti põhikoolis (Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018).

Koolibri 8. klassi matemaatika õpik (Kaljas, Lepik, Nurk, & Telgmaa, 2013) alustab kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi peatükki kordamisest. Kordamise alapeatükis tuletatakse meelde, mida õpilane on õppinud nii võrrandi kui ka lineaarvõrrandi kohta. Järgmine peatükk keskendub kahe tundmatuga lineaarvõrrandi lahendile, kus õpilane leiab, millised on lahendid ja millised mitte. Kolmas peatükk on graafiline esitus. Selles peatükis leitakse, kas ja millised punktid asuvad sirgel. Neljanda peatüki juures alles jõutakse kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafilise lahendamiseni. Erinevaid sirgeid joonestatakse ja vaadatakse, kus need lõikuvad. Viiendas peatükis õpitakse liitmisvõtet, kus on kõigepealt kaks näiteülesannet liitmisvõttega lineaarvõrrandisüsteemi lahendamisest ja peale seda on harjutusülesanded. Kuuendas peatükis õpitakse kasutama asendusvõtet. Peatükk on üles ehitatud samasuguselt nagu liitmisvõtte peatükk, algab kahe näiteülesandega ja peale seda on harjutusülesanded. Viimase peatüki teemaks on tekstülesannete lahendamine kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi abil. Kõigepealt on välja toodud etapid, kuidas lahendada tekstülesandeid ja peale seda on kaks näiteülesannet. Tähelepanu on juhitud sõnadele “korda” ja “võrra”. Selles peatükis on probleemid, mis võivad ka reaalses elus ette tulla ning mis motiveerivad õpilasi ülesandeid lahendama.

Avita 8. klassi matemaatika õpikus (Kaldmäe, Kontson, Matiisen, & Pais, 2014) puudub kordamisosa ning esimest peatükki alustatakse lineaarvõrrandisüsteemi lahendi õppimisest. Peatükis on näited, millal sirged on paralleelsed ning millal ühtivad. Lineaarvõrrandisüsteemi lahendatakse graafiliselt ning tegeletakse avaldamisega. Teises peatükis on teemaks kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega. Selles peatükis on kolm näiteülesannet ning peale seda on harjutusülesanded. Kolmas peatükk, kus õpitakse asendusvõtet koosneb kahest näiteülesandest ja mõnest harjutusülesandest. Viimaseks peatükiks on tekstülesanded, millele on suunatud põhirõhk. Igat tüüpi ülesandele on toodud ka näidislahendus. Kokku on viis näiteülesannet. Tekstülesanded on reaalse elu kontekstiga, et õpilased näeksid, millal lineaarvõrrandisüsteeme saaks realselt kasutada.

### **1.3. Desmose programmi tutvustus**

Desmos on matemaatika õppimist toetav programm, mida saab kasutada nii online versioonina kui ka osaliselt allalaetud äpina. Desmose programmis saab kasutada erinevaid matemaatika tööriistu, nagu graafikukalkulaator, teaduslik kalkulaator, neljafunktsiooniline kalkulaator, maatrikskalkulaator ja geomeetria tööriist. Desmose programmi eesmärgiks on aidata õpilastel õppida matemaatikat ja sellest paremini aru saada (Desmos, 2022).

Desmose programmi üks osa on teacher.Desmos keskkond. Selles keskkonnas saab ise koostada tegevusi, aga võib ka kasutada olemasolevaid. Tegevused on peamiselt ingliskeelsed, aga on olemas ka eestikeelseid. Tegevused koosnevad mitmest erinevast ülesandest, mida õpilane saab lahendada. Igal õpetajal on teacher.Desmos keskkonnas võimalus ise koostada tegevusi ja neid tunnis kasutada (Desmos, 2022).

Desmose programm on väga õpilassõbralik. Teacher.Desmos keskkonnas koostatud tegevustes õpivad õpilased läbi matemaatiliste kujutiste, erinevate illustratsioonide ja suheldes oma klassikaaslastega. Õpilased esitlevad oma ideid visandiga, tekstivastusega, numbrivastusega, valikvastusega, kaartide sorteerimisega jpm (Desmos, 2021). Tunni läbiviimisel teacher.Desmos keskkonnas on õpilasel põhirõhk loovusel, initsiatiivil, uurimisel ja iseseisval töö. Õpilastes tekitab see huvi matemaatika teemade vastu, mis ilma tehnoloogiliste vahenditeta võib olla üksluine ja igav. Õpilased hindavad seda, kui saavad töötada omas tempos ja teha koostööd klassikaaslastega (King, 2017).

Õpetajate arvates on teacher.Desmos üks mugavamaid keskkondi, milles tundi läbi viia. Õpetaja näeb reaalselt, mida õpilased teevad ning kui nad ei saa hakkama või vastavad valesti. Õpetaja saab igale õpilasele anda individuaalset tagasisidet ja vajadusel panna korruga kõikide õpilaste tegevused pausile. See on hea võimalus saada kõikide õpilaste tähelepanu endale. Õpetaja saab piirata slaidide vahemikku, et õpilased suvalisi vastuseid kirjutades kiiresti tegevuse lõppu ei jõuaks (Desmos, 2021).

#### **1.4. Õppematerjali koostamine ja hindamine**

Õppematerjali koostamisel ja hindamisel lähtutakse LORI-mudelis (ingl Learning Object Review Instrument) välja toodud omadustest. Need on õppimist toetavad, vormistuslikud ja tehnilised põhimõtted. Õppematerjal peab olema kvaliteetne ehk õppematerjali koostamisel tuleb järgida kõiki kolme põhimõtet. Õppimist toetavad põhimõtted on, et õppematerjal oleks interaktiivne, ainealaselt korrektne, motiveeriv, sobiva mahuga ning kõige olulisem, et õpilane saavutab õpieesmärgid ja õpitulemused. Vormistuslikud põhimõtted on, et õppematerjal viidatakse teistele autoritele, kui kasutatakse nende töid, materjal ei ole kirjavigu, mõistlikult kujundatud ja sobivalt liigendatud. Tehnilised põhimõtted on, et õppematerjal oleks tehniliselt töökorras, lingid oleks kättesaadavad, võimalus kasutada erinevates operatsioonisüsteemides ning et õppematerjali oleks testitud enne, kui saadetakse kasutamiseks. Õppematerjali peab kõigepealt testimata materjali autor, et kõik tehniliselt töötaks. Järgmisena tuleb anda testimiseks kolleegidele, kes vaatavad sisulist korrektsust.

Õppematerjal tuleb kõige viimasena anda testimiseks ka õppijatele, kellele see õppematerjal on mõeldud. Kindlasti tuleb koostada tagasiside küsimustik lähtudes LORI-mudelil välja toodud omadustest. Õppematerjali kvaliteetsust hinnatakse nende omaduste põhjal. Õppematerjali võib pidada kvaliteetseks kui tulemus on üle 70%. Küsimustikust saab õppematerjali autor tagasisidet, mida tuleks muuta (Villems, et al., 2014-2015).

## **2. Töö eesmärk ja uurimisküsimused**

Magistritöö eesmärk on koostada lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad õppematerjalid ning välja selgitada õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele. Uuringuga leitakse vastused järgnevatele küsimustele:

- 1) Kuivõrd toetavad loodud õppematerjalid lineaarvõrrandisüsteemide õppimist õpilaste hinnangul?
- 2) Kuivõrd vastavad loodud õppematerjalid esitatavatele nõuetele õpetajate hinnangul?

## **3. Metoodika**

Algebra ülesanded on viimaste aastate (2016–2021) põhikooli eksamitel olnud kõige vähem punkte saanud ülesannete hulgas. Seetõttu on magistritöö eesmärk koostada lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad õppematerjalid ning välja selgitada õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele. Antud magistritöö uurimismeetodiks valiti tegevusuuring.

Õppematerjalide koostamine toimus ajavahemikus märts-aprill 2022 ja seejärel toimus õpilastel ja õpetajatel küsimustikule vastamine (aprill 2022).

### **3.1. Õppematerjalide koostamine**

Õppematerjali koostamiseks kasutatakse ADDIE mudelit (ingl analyse, design, development, implementation, evaluation). See mudel koosneb viiest etapist: analüüsi etapp, kavandamise etapp, väljatöötamise etapp, kasutamise etapp ja hinnangu andmise etapp (Villems, et al., 2014-2015).

Analüüsi etapis tuleb uurida, mida õpilased vajavad ning välja mõelda, mida hakatakse tegema (Villems, et al., 2014-2015). Selles etapis analüüsiti autori kogemusi ja räägiti oma ala ekspertidega ehk erinevate matemaatikaõpetajatega. Kõik eksperdid tõid esile, et õpilastel on raske mõista algebra teemasid. Uuriti ka põhikooli eksami tulemusi. Sellest selgus, et kolme kõige vähem punkte saanud ülesannete seas on viimased kuus aastat (2016-2021)

olnud kaks algebra ülesannet v. a 2017. aastal. Sellel aastal oli kolme kõige vähem punkte saanud ülesannete seas ainult üks võrrandeid sisaldav ülesanne. Seetõttu otsustati, et tuleks koostada õppematerjalid, mis toetaksid algebra õppimist 8. klassis. Teemaks valiti lineaarvõrrandisüsteemid, kuna autori arvates ei leidu selle teema kohta häid eestikeelseid digitaalseid õppematerjale. Matemaatikaõpetajad olid ka samal arvamusel. Õppematerjalid koostati teacher.Desmos keskkonnas. Autori arvates on see üks mugavamaid keskkondi, kus tundi läbi viia. Praegusel ajal on oluline, et õppematerjali saaks kasutada nii klassiruumis kui ka kodus lahendades.

Kavandamise etapis mõeldakse välja plaan, millest koosneb õppematerjal ja missuguseid erinevaid meedia tüüpe kasutatakse. Tuleb seada eesmärgid ja õpitulemused, mida selle õppematerjaliga tahetakse saavutada (Villems, et al., 2014-2015). Plaan oli luua kolm õppematerjali: lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine graafiliselt, liitmisvõttega ja asendusvõttega. Kõigi kolme õppematerjali eesmärk on, et peale õppematerjalide kasutamist oskaks õpilane lahendada lineaarvõrrandisüsteeme erinevate võtetega (graafiline lahendus, liitmisvõte või asendusvõte). Teine eesmärk on, et õpilane oskaks lahendada lineaarvõrrandisüsteeme kasutades Desmose programmis olevat graafikukalkulaatorit. Kolmas eesmärk on, et õpilane oskaks rakendada lineaarvõrrandisüsteeme.

Kolmas etapp on väljatöötamine. Selles etapis luuakse õppematerjal ja katsetatakse, et kõik tehniliselt töötaks (Villems, et al., 2014-2015). Õppematerjalide koostamine toimus vahemikus märts-aprill 2022. Õppematerjali koostamisel lähtuti LORI-mudelil välja toodud omadustest. Koostati kolm õppematerjali, vaadati koos juhendajaga üle ja katsetati, et kõik töötaks.

Neljas etapp on kasutamine. Selles etapis õppijad testivad õppematerjali, kas individuaalselt või koos õpetaja juhendamisega (Villems, et al., 2014-2015). Autor valis enda 8. klassi õpilased õppematerjalide testimiseks. Autor oli juhendaja rollis ning kasutas tunni läbiviimiseks koostatud tunnikonspekte (vaata lisa 1).

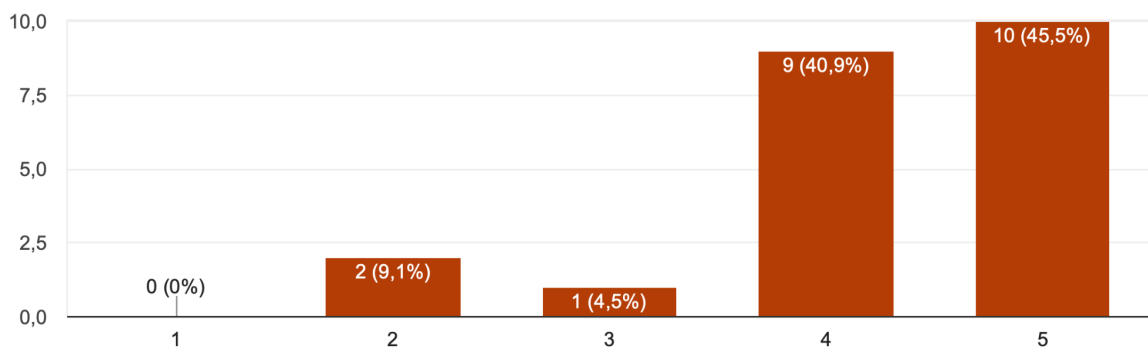
Viimaseks etapiks on hinnangu andmine, kus küsitakse tagasisidet nii õppijatelt kui ka õpetajatelt, et õppematerjal muuta kvaliteetsemaks (Villems, et al., 2014-2015). Hinnangu saamiseks koostati elektrooniline küsimustik õpilastele ja õpetajatele. Õpilased vastasid küsimustikule peale igat õppematerjali kasutamist (vaata lisa 2, lisa 3 ja lisa 4). Õpetajatele tehti kogumik, mis koosnes linkidest õppematerjalidele, individuaalse lahendamise õpetusest õpilasele ja tunnikavast (vaata lisa 1). Kogumiku lõpus oli link küsimustikule, millele õpetajad said vastata (vaata lisa 5).

### 3.2. Valim

Magistritöö eesmärkide saavutamiseks ja uurimisküsimustele vastuste leidmiseks oli vaja õpetajate ja õpilaste hinnanguid koostatud õppematerjalidele. Uuringu läbiviimisel kasutati mugavusvalimit. Uuringus osalesid 8. klassi õpilased, kes kasutasid õppematerjale ning täitsid tagasiside küsimustiku. Igat õppematerjali hindas 17-34 õpilast.

Esimest õppematerjali testis 22 õpilast, kellest 6 (27,3%) olid tüdrukud ja 16 (72,7%) olid poisid. Õpilastest 86,4% meeldib või väga meeldib matemaatikat õppida (vaata Joonis 1). Kahele õpilasele (9,1%) on matemaatika õppimine pigem ebameeldiv. Üks õpilane (4,5%) on neutraalsel arvamusel. Õpilased põhjendasid oma hinnanguid (vaata lisa 6). Kõige sagedamini esinev vastus oli, et matemaatika on meeldiv, sest tunnid on huvitavad ja tunnis on hea olla. Toodi veel välja, et matemaatika meeldib tänu õpetajale, sest ta on hea, hooliv, koostööaldis ja teeb tunnis nalja. Õpetaja seletab teemat arusaadavalt. Esines ka vastuseid, et teemad on igavad ja ei saada kõigest aru. Kahe õpilase arvates peab lahendama liiga raskeid ülesandeid.

Hinda skaalal 1-ebameeldiv kuni 5-väga meeldiv. Matemaatika õppimine tundub mulle..  
22 vastust



#### *Joonis 1 Õpilaste hinnangud matemaatika õppimisele*

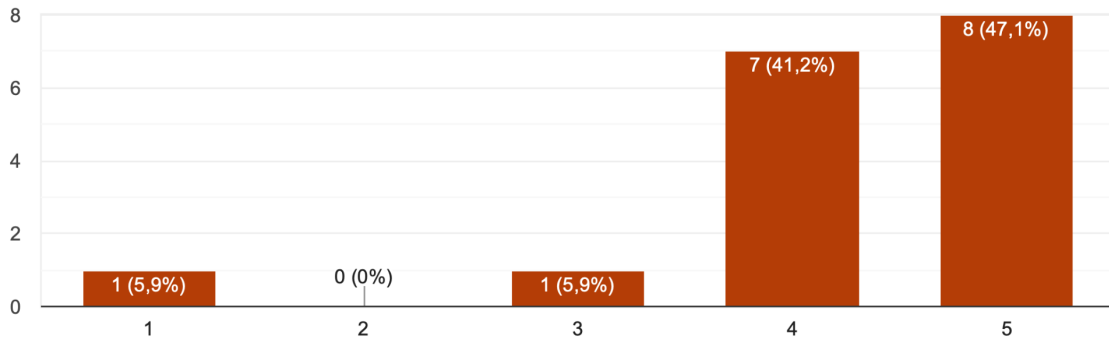
Teist õppematerjali testis ja hindas 17 õpilast, kellest 8 (47,1%) olid tüdrukud ja 9 (52,9%) olid poisid. Matemaatika õppimine meeldib 88,3% õpilastele, sest matemaatika on nende arvates huvitav ja loogiline (vaata Joonis 2). Ülesannetele vastuseid on põnev leida ja saab end proovile panna. Õpilastele meeldib matemaatika, sest tunnid on lõbusad, huvitavad ja kõik on arusaadav. Õpetajal on ka oluline roll, et matemaatika meeldiks. 24% vastanutele meeldib matemaatika, sest õpetaja seletab hästi, on positiivne, vastutulelik, alati toeks ja



hoolib õpilastest. Kahele õpilasele (11,7%) matemaatika ei meeldi, sest vahepeal peab lahendama raskeid ülesandeid. Õpilastel tekib tüdimus lahendades järjest sarnaseid ülesandeid (vaata lisa 7).

Hinda skaalal 1-ebameeldiv kuni 5-väga meeldiv. Matemaatika õppimine tundub mulle..

17 vastust



### *Joonis 2 Õpilaste hinnangud matemaatika õppimisele*

Kolmandat õppematerjali testis kaks 8. klassi. Kokku oli 34 õpilast, kellest 22 (64,7%) olid poisid ja 12 (35,3%) olid tüdrukud. Need õpilased olid eelnevalt kasutanud ühte õppematerjali. Üks klass oli kasutanud esimest õppematerjali ja teine klass oli kasutanud teist õppematerjali.

Õpetajaid oli uuringusse kaasata keeruline. Kaheksale matemaatikaõpetajale saadeti kutse uuringus osalemiseks, kellest neli andsid nõusoleku osaleda. Uurimuses osales kolm naisõpetajat (75%) ja üks meesõpetaja (25%). Kolm õpetajat (kaks naist ja üks mees) olid vanuses 21-30 aastat ja ühe õpetaja vanus oli 41-50 aastat. Kõigil õpetajatel on tööstaažiks kuni 5 aastat ehk tegemist on algajate õpetajatega. Pooled vastanutest õpetavad või on õpetanud III kooliastmes (7.-9. klass). Üks õpetaja on õpetanud või õpetab ainult 8. klassis ja üks õpetaja on õpetanud või õpetab 7. ja 9. klassis.

### **3.3. Uurimisinstrument**

Hinnangute saamiseks koostas autor õpetajatele ja õpilastele elektroonilised küsimustikud, milles küsiti õppematerjalidele hinnanguid. Küsimustiku koostamisel lähtuti LORI-mudelisse välja toodud omadustest. Küsimustike koostamiseks kasutati Google vorme. Õpetajate küsimustik koosnes viiest osast: taustandmed, õppimist toetav osa, vormistuslik osa, tehniline

osa ja õppematerjalidest üldiselt (vaata lisa 5). Küsimustikus oli hinnangute andmist ja avatud küsimusi.

Õpilastele koostati kolm küsimustikku. Iga õppematerjalile oli loodud küsimustik, millele õpilased vastasid pärast õppematerjali kasutamist. Õpilaste küsimustik koosnes kahest osast: taustandmed ja õppematerjali hinnangud (vaata lisa 2, lisa 3 ja lisa 4). Küsimustikus oli hinnangute andmist ja avatud küsimusi. Kõikide küsimustikkude valiidsust kontrollis juhendaja.

Teaduslikku uurimistööd tehes on oluline järgida eetilisi nõudeid. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2007) on kirjutanud, et üheks eetiliseks nõudeks on uuringus osalevate isikute kohtlemine. Kõigepealt tuleb uuringus osalejatele teada anda, mida nad tegema peavad ja saada neilt nõusolek uuringus osalemiseks. Enne õpilastelt hinnangute saamist saadeti ekooli kaudu vanematele kiri. Kirjas selgitati uurimuse käiku ja küsiti luba õpilasel uuringus osaleda. Nädal hiljem kasutasid õpilased tunnis autori poolt koostatud õppematerjale. Tunni lõpus vastasid õpilased tagasiside küsimustikule (vaata lisa 2, lisa 3, lisa 4). Esimesena küsiti nõusolekut uurimuses osaleda. Õpilased said ise otsustada, kas soovivad vastata küsimustikule või mitte. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara (2007) on kirjutanud oma raamatus, et uurimuses osalemine peab olema vabatahtlik ning kedagi ei tohi sundida.

Valitud õpetajatele saadeti kirjad e-mailile. Kiri sisaldas õppematerjalide kogumikku, mis koosnes sisukorrast, linkidest õppematerjalidele, tunnikavadest ja küsimustiku lingist (vaata lisa 1). Pärast õppematerjalidega tutvumist vastasid õpetajad tagasiside küsimustikule (vaata lisa 5).

### **3.4. Protseduur**

Analüüsi eraldi õpetajate ja õpilaste hinnanguid. Õpilaste hinnanguid analüüsi iga õppematerjali kohta eraldi. Õpetajate hinnanguid analüüsi kolme õppematerjali kokkuvõttes ja jagati kolmeks osaks: õppimist toetav osa, vormistuslik osa ja tehniline osa. Andmete analüüsiks kasutati Google arvutustabelit. Andmete kirjeldamiseks leiti protsente, koostati sagedustabeleid ja kodeeriti avatud küsimused (vaata lisa 6, lisa 7 ja lisa 8). Arutelu peatüki lõpus tuuakse välja muudatused tagasisidest lähtuvalt. Peale muudatuste tegemist avaldatakse õppematerjalid E-koolikotis, et need oleks kõigile õpetajatele kättesaadavad.

## 4. Tulemused

### 4.1. Õpilaste hinnangud õppematerjalidele

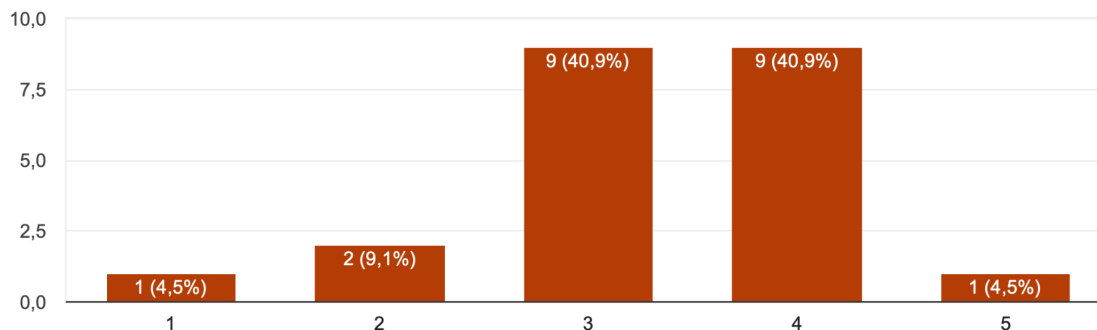
Järgnevas alapeatükis esitatakse õpilaste hinnanguid koostatud õppematerjalidele. Igale õppematerjalile antud hinnangud esitatakse eraldi. Õppematerjalide edasiarendamiseks tuuakse esile muutmisettepanekuid. Uurimuses osales kokku 39 õpilast.

#### 4.1.1. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus

Esimest õppematerjali testis 22 õpilast, kellest 6 (27,3%) olid tüdrukud ja 16 (72,7%) olid poisid. Õppematerjali hindamiseks oli küsimustikus 9 küsimust (vaata lisa 2). Õppematerjal on enamuse õpilaste (86,4%) arvates paraja pikkusega. Ühe õpilase (4,5%) arvates oli õppematerjal liiga lühike ja kahe õpilase (9,1%) arvates liiga pikk. Õppematerjali huvipakkuvust hinnati skaalal 1-igav ja 5-huvitav. Õppematerjal oli huvitav 81,8% õpilastele. Kolm õpilast (13,6%) jäid vastates neutraalseks, sest lõpus oli palju sarnaseid ülesanded. Õpilaste arvates oli ülesandeid liiga palju, aga jõuti need ära lahendada õigeaks ajaks. Ühe õpilase (4,5%) arvates oli õppematerjal liiga igav.

Õpilased andsid hinnangu ülesannete raskusastme kohta skaalal 1-väga rasked ülesanded ja 5-väga kerged ülesanded (vaata Joonis 3). Õpilaste (45,4%) arvates olid ülesanded raskusastmelt pigem kerged. 40,9% õpilaste arvates oli nii kergemaid kui ka raskemaid ülesandeid. Ülejäänud kolme õpilase (13,6%) arvates olid ülesanded rasked või väga rasked. Kõigi õpilaste arvates olid vihjed ülesannete lahendamisel abiks ja seetõttu ei olnud ülesanded nii keerulised.

Hinda ülesannete raskusastet.  
22 vastust

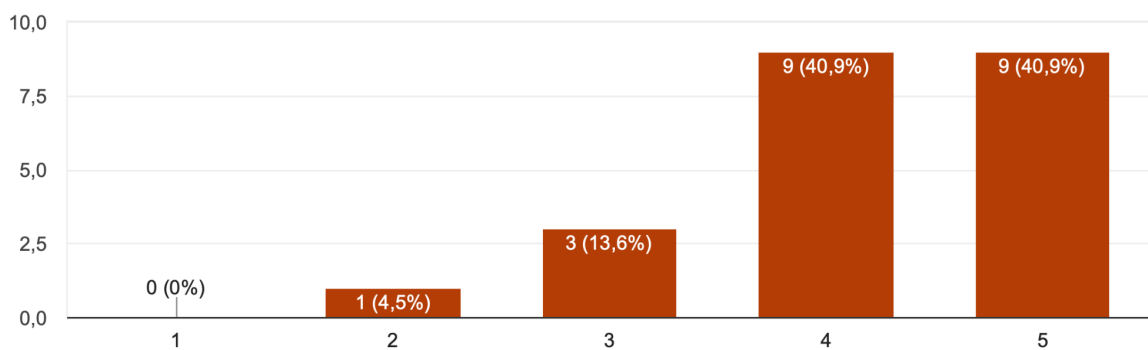


Joonis 3 Õpilaste hinnangud õppematerjali raskusastmele

Juhiste arusaadavust hinnati skaalal 1-ei saanud üldse juhistest aru ja 5-sain hästi juhistest aru (vaata Joonis 4). Õpilastele (81,8%) olid juhised üldiselt arusaadavad. 13,6% õpilaste arvates oli nii selgemaid kui ka ebaselgemaid juhiseid. Tekstist oli õpilastel vahepeal raske aru saada, aga õpetaja seletamine aitas seda mõista. Üks õpilane (4,5%) ei saanud hästi juhistest aru ning tema arvates olid küsimused raskelt sõnastatud. Õpilasele jäi ebaselgeks, mida täpselt nõutakse (vaata lisa 6).

Hinda juhiste üldist arusaadavust.

22 vastust



#### *Joonis 4 Õpilaste hinnangud juhiste arusaadavusele*

Õpilased hindasid Desmose keskkonnas ülesannet lahendamist skaalal 1-ei meeldinud üldse ja 5-meeldis väga. Ainult ühele õpilasele (4,5%) ei meeldinud ülesandeid Desmoses lahendada ning ta oleks selle asemel teinud rühmatöid või mänginud. Ülejäänud õpilastele (95,5%) meeldis ülesandeid Desmoses lahendada.

Õpilased pidid vastama küsimusele, mida nad tunnis õppisid. 45% õpilastele oli õppematerjal lineaarvõrrandisüsteemide kordamiseks, sest nad olid seda teemat varem õppinud. 35% õpilastest said teada midagi uut lineaarvõrrandisüsteemide kohta. Üks õpilane sai teada, kus reaalses elus kasutatakse lineaarvõrrandisüsteeme (vaata lisa 6).

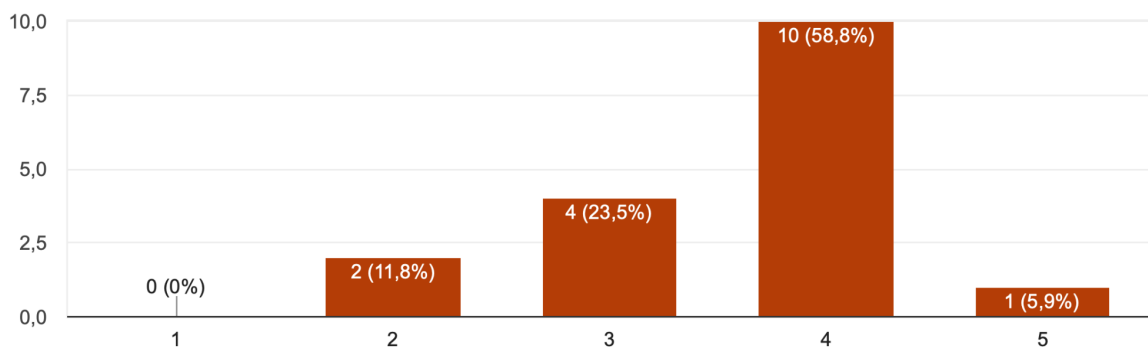
Viimane küsimus oli muudatustest. 72,7% vastajatest ei muudaks midagi õppematerjali juures. Osad õpilased pakkusid välja mõned muudatused. Näiteks võiks olla erinevat tüüpi ülesandeid, sest sama tüüpi ülesandeid lahendades, tekitab see tüdimust. Õpilaste arvates võiks olla rohkem pilte ja õppematerjal olla lühem (vaata lisa 6).

#### 4.1.2. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega

Õppematerjali katsetas 17 õpilast, kellest 8 (47,1%) olid tüdrukud ja 9 (52,9%) olid poisid. Teise õppematerjali hindamiseks oli küsimustikus 11 küsimust, mis sisaldas avatud küsimusi ja hinnangute andmist (vaata lisa 3). Õppematerjal oli 76,5% vastanute arvates paraja pikkusega, aga neli õpilast (23,5%) arvasid, et see oli liiga pikk. Õppematerjal oli enamus õpilaste (82,3%) arvates huvitav. Kolm õpilast (17,6%) olid neutraalsel arvamusel. Ülesannete raskusastet hinnati viie palli skaalal 1-väga rasked ülesanded ja 5-väga kerged ülesanded (vaata Joonis 5). Üle poolte õpilaste (64,7%) arvates olid ülesanded pigem kerged, aga mitte väga kerged. Õpilaste arvates oli liiga palju ülesandeid. Kahe (11,8%) õpilase arvates olid ülesanded pigem rasked ja neli õpilast (23,5%) olid neutraalsel arvamusel.

Hinda ülesannete raskusastet.

17 vastust

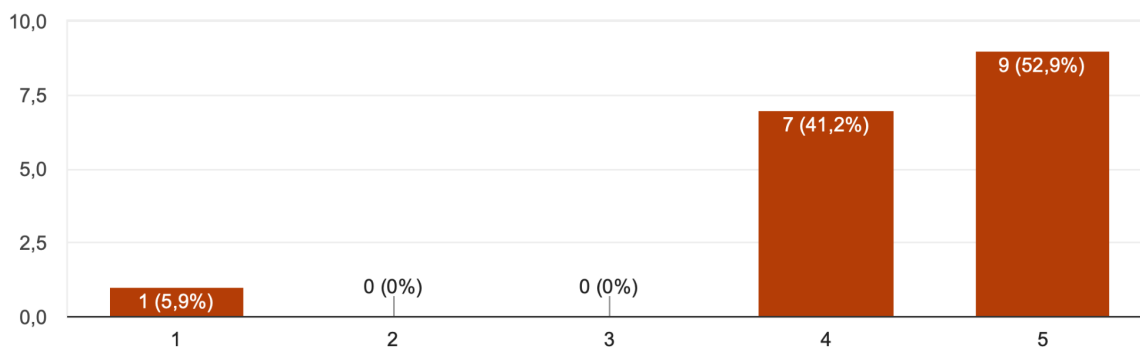


*Joonis 5 Õpilaste hinnangud õppematerjali raskusastmele*

Juhiseid hinnati viie palli skaalal 1-ei saanud üldse juhistest aru ja 5-sain hästi juhistest aru (vaata Joonis 6). Peaaegu kõik õpilased (94,1%) said juhistest aru. Kahel õpilasel oli mõni juhiseid arusaamatu. Kui mingisugune lause jäi arusaamatuks, siis õpetaja aitas selgitada. Ainult üks õpilane (5,9%) ei saanud juhistest aru (vaata lisa 7). Õpilased hindasid Desmose keskkonnas ülesannete lahendamise meeldivust. 88,2% õpilastele meeldis ülesandeid Desmoses lahendada. Ülejäänud kahele (11,8%) õpilasele pigem ei meeldinud.

### Hinda juhiste üldist arusaadavust.

17 vastust

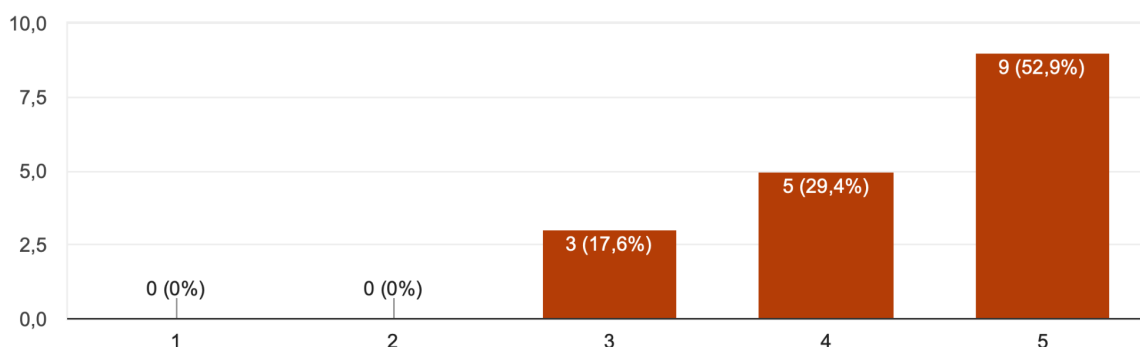


### Joonis 6 Õpilaste hinnangud juhiste arusaadavusele

Õppematerjal üldiselt meeldis õpilastele, kuna 88,2% õpilaste arvates oli müsteeriumit põnev lahendada. Kahe (11,8%) õpilase arvates ei olnud põnev seda lahendada. Õpilased hindasid õppematerjali lõbusust viie palli skaalal 1-ei olnud üldse lõbus ja 5-oli väga lõbus (vaata Joonis 7). 82,3% õpilaste arvates oli õppematerjal lõbus. See oli mänguline ja oli huvitav lahendada. Õpilastele meeldis, et tund oli tavapärasest erinev ja põnev oli nuputada. Kolm õpilast (17,6%) olid neutraalsel arvamusel, sest teema neile meeldis ja mõte oli huvitav, aga igav oli samasuguseid ülesandeid lahendada. Õpilaste arvates olid osad ülesanded liiga keerulised (vaata lisa 7).

### Kui lõbus oli antud õppematerjal?

17 vastust



### Joonis 7 Õpilaste hinnangud õppematerjali lõbususele

Õpilased vastasid küsimusele, mida nad tunnis õppisid. Tund oli kordamiseks ja seetõttu õpilased ei õppinud midagi uut, vaid kordasid lineaarvõrrandisüsteemide lahendamist. Veerand (25%) vastanutest õppisid lineaarvõrrandisüsteemi lahendama. Üks õpilane õppis matemaatilisi tehteid arvutis kirjutama ja üks õpilane sai tunnis aru, et lineaarvõrrandisüsteeme ei ole kerge lahendada (vaata lisa 7).

Viimane küsimus oli õppematerjali muudatuste ettepanekutest. 50% vastanutest olid kõigega rahul, aga oli ka õpilasi, kes pakkusid ideid õppematerjali muutmiseks. Näiteks ülesandeid lahendada paaris, mitte individuaalselt. Õpilased saaksid siis üksteisega arutleda ja vajadusel paariliselt abi küsida. Õppematerjali soovitati muuta lühemaks, ülesandeid kergemaks ja lisada vahele teisi ülesandeid, et lahendamine ei muutuks igavaks (vaata lisa 7).

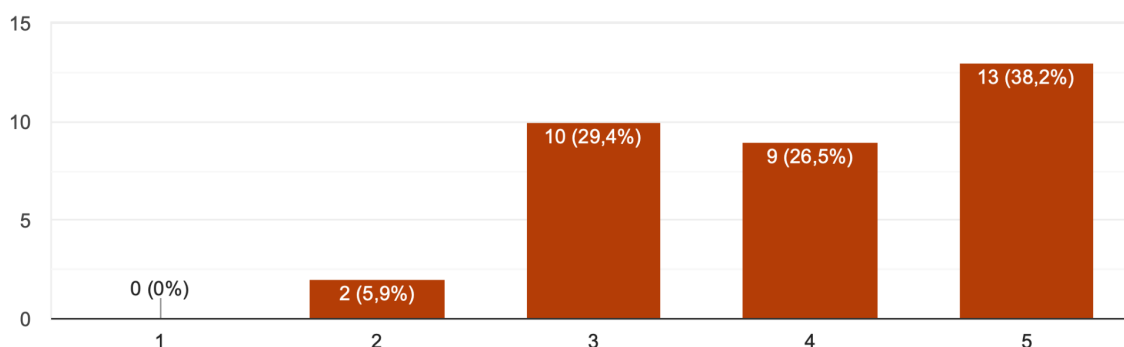
#### **4.1.3. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega**

Kolmandat õppematerjali testis kaks 8. klassi. Kokku oli 34 õpilast, kellest 22 (64,7%) olid poisid ja 12 (35,3%) olid tüdrukud. Õpilased vastasid küsimustikule, mis koosnes 9 küsimusest (vaata lisa 4). 79,4% õpilaste arvates oli õppematerjal paraja pikkusega, aga 20,6% õpilaste arvates liiga pikk. Õppematerjal oli 21 õpilase (61,8%) arvates huvitav. Neile meeldis, et õppematerjal oli kerge ja ülesandeid oli tore lahendada. Kahe õpilase (5,8%) arvates oli õppematerjal igav, sest matemaatika on nende jaoks raske. 11 õpilast (32,4%) olid zcvdcaneutraalsel arvamusel.

Õpilased hindasid juhiste arusaadavust viie palli skaalal 1-ei saanud üldse juhistest aru ja 5-sain hästi juhistest aru (vaata Joonis 8). 14 õpilase (51,9%) arvates olid juhised selgelt kirjutatud ja kõik oli arusaadav. Üheksal õpilasel (33,3%) oli vahepeal juhistest raske aru saada. Näiteks jäi arusaamatuks, kuhu kasti tekst kirjutada. Kolm õpilast (11,1%) tõid välja, et õpetaja selgitamine aitas neil juhistest paremini aru saada (vaata lisa 8).

### Hinda juhiste üldist arusaadavust.

34 vastust

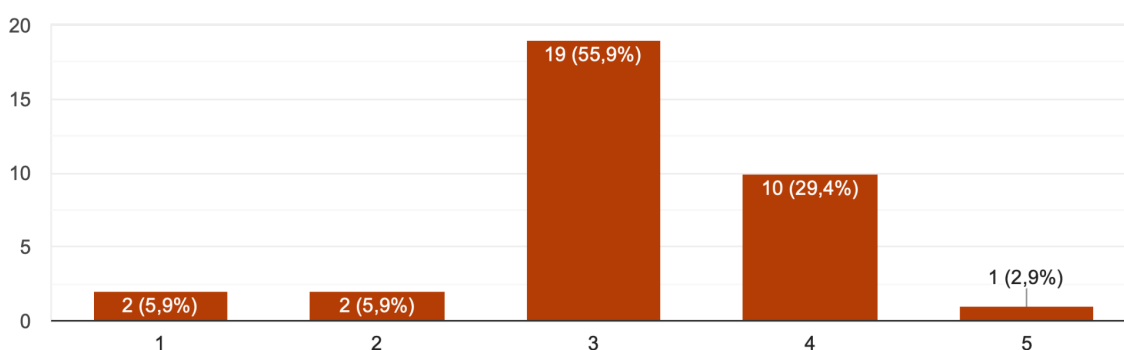


### Joonis 8 Õpilaste hinnangud juhiste arusaadavusele

Õpilased andsid ülesannete raskusastmele hinnangu skaalal 1-väga rasked ülesanded ja 5-väga kerged ülesanded (vaata Joonis 9). 11 õpilase (32,3%) arvates olid ülesanded pigem kerged, sest teemat on varem õpitud ja ainult lahenduskeem oli vaja meelde tuletada. Ülesandeid oli peale meeldetuletamist kerge lahendada. 19 õpilase (55,9%) arvates oli nii raskemaid kui ka kergemaid ülesandeid. Neljale õpilasele (11,8%) olid ülesanded rasked või pigem rasked.

### Hinda ülesannete raskusastet.

34 vastust



### Joonis 9 Õpilaste hinnangud õppematerjali raskusastmele



Õpilased hindasid Desmose keskkonnas ülesannet lahendamist skaalal 1-ei meeldinud üldse ja 5-meeldis väga. Enamus õpilastele (79,4%) meeldis või pigem meeldis ülesandeid Desmoses lahendada. Kolm õpilast (8,8%) olid neutraalsel arvamusel ja neljale õpilasele (11,8%) pigem ei meeldinud ülesandeid Desmoses lahendada. Ülesannetel olid juures ka vihjed, mis vajadusel õpilast aitasid. 91,2% õpilaste arvates olid vihjed ülesannete lahendamisel abiks, aga ülejäänud õpilasi (8,8%) õppematerjalis olevad vihjed ei aidanud.

Õpilased vastasid küsimusele, mida uut nad tunnis õppisid. Kümme õpilast (29,4%) kordasid lineaarvõrrandisüsteemide lahendamist ja üheksa õpilast (26,5%) õppisid lineaarvõrrandisüsteeme lahendama. Õpilased õppisid ka lahendusskeemi meelde jätma, Desmose programmi kasutama, vastust kirjutama ja asendama. Nad said teada, kuidas asendusvõtte töötab. Viie õpilase (14,7%) arvates oli neil kõik selge ja midagi uut tunnis ei õpitud. Kahele õpilasele (5,9%) oli see teema täiesti uus (vaata lisa 8).

Viimane küsimus oli muudatuste ettepanekutest. 76,5% vastanute arvates ei peaks mitte midagi muutma, sest ülesanded olid huvitavad ja arusaadavad. Õppematerjali soovitati muuta lühemaks. Näiteks, osad ülesanded ära jätta, sest lõpus olid huvitavamad ülesanded, milleni kõik ei jõudnudki. Juhendid tuleks muuta täpsemaks, et õpilane saaks aru, mis tekst igasse kasti kirjutada. Lahendusskeem võiks olla vihjena igal slaidil, sest see ei jäänud õpilastele meelde ja võttis aega, et mitme slaidi vahel liikuda (vaata lisa 8).

## 4.2. Õpetajate hinnangud õppematerjalidele

Järgnevas alapeatükis esitatakse õpetajate hinnanguid koostatud õppematerjalidele. Peatükk on jagatud õppematerjali põhimõtteid arvestades kolme osasse: õppimist toetav osa, vormistuslik osa ja tehniline osa. Õppematerjalide edasiarendamiseks tuuakse esile muutmissettepanekuid.

Uurimuses osales neli õpetajat, kellest kolm (75%) olid naised ja üks meesõpetaja (25%). Õpetajatelt küsiti hinnangut õppematerjalide kasutamise tõenäosuse kohta skaalal 1-ei kasutaks neid oma tundides ja 5-kasutaks kindlasti neid oma tundides. Kõik õpetajad kasutaksid õppematerjale oma tundides. Üks õpetaja ütles: „Iga uus ja põnev õppematerjal on väärt kasutamist, kui teemat on selles põhjalikult käsitletud.” Teine õpetaja kirjutas: „Suur töö on tehtud ära õpetaja eest.” Kolmas õpetaja tõi välja: „Õpetajad ei pea ise tunniks midagi uut välja mõtlema, vaid annavad õpilastele ainult lingid.” Üks õpetaja täiendaks enne kasutamist esimest ja kolmandat õppematerjali (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega), aga kasutaks ilma täiendamata teist õppematerjali (lahendamine

liitmisvõttega). Tunnikonspektide põhjalikkust hinnati skaalal 1-mitte põhjalikud ja 5-väga põhjalikud. Kõigi õpetajate arvates olid tunnikonspektid väga põhjalikud ja oli olemas kõik vajalik. Õpetaja saab kergelt tunni läbi viia tunnikonspekti põhjal. Ühele vastajale meeldis koostatud video, mis on mõeldud õpetajale, kes teacher.Desmos keskkonnaga ei ole varem kokku puutunud ja saab abi klassi lisamisel. Tunnikonspektis tuleks välja tuua õpieesmärgid, mis õpilane saavutab materjali läbides.

Õpetajatelt küsiti ettepanekuid, mis muudatusi tuleks teha õppematerjalis. Kahe õpetaja arvates ei tuleks midagi muuta, sest õppematerjalid on väga põhjalikud ja kasutamiseks valmis. Ühe õpetaja arvates tuleks lisada esimesse ja kolmandasse õppematerjali (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) mõned põnevamad ülesanded. Üks õpetaja tegi ettepaneku sisuliseks muudatuseks. Talle jäi arusaamatuks, miks sirge joonestamiseks on vaja kolme punkti kui piisab ka kahest. Kahel slaidil oli jäänud üks sõna kaks korda, mis autori poolt sai kohe muudetud.

#### 4.2.1. Õppimist toetav osa

Esimene õppematerjali koostamise põhimõte on õppimist toetav osa. Selles osas oli 11 küsimust (vaata lisa 5). Esimene küsimus oli õppematerjalide sobivusest 8. klassi õpilastele, mida hinnati skaalal 1-ebasobiv ja 5-sobiv. Kolme õpetaja arvates sobivad õppematerjalid 8. klassi õpilastele. Õpilased saavad harjutada lineaarvõrrandisüsteemide lahendamist ilma vihikusse kirjutamata. Õppematerjalid on motiveerivad ja illustratiivsed. Ühe õpetaja arvates õppematerjalid pigem sobivad 8. klassi õpilastele. Tema arvates „*Teine õppematerjal (lahendamine liitmisvõttega) on põnevalt üles ehitatud, aga esimene ja kolmas õppematerjal (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) on igavamad.*” Üks õpetaja ütles: “*Superkangelaste teema võib 8. klassi õpilastele olla liiga lapsik.*”

Teiseks uuriti õppematerjalide sobivust iseseisval õppimisel ja tunni läbiviimisel klassiruumis. Õpetajad andsid hinnangu skaalal 1-ei sobi üldse ja 5-sobivad väga hästi. Kõigi vastanute arvates sobivad õppematerjalid tunni läbiviimiseks klassiruumis, sest enamus õpilasi õpivadki ainult klassiruumis. Õppematerjalide kasutamine annab ka lisatuge aeglasema mõtlemisega õpilastele. Üks õpetaja arvas: “*Õppematerjali saab vajadusel anda asendusõpetajale tunni läbiviimiseks, sest kõik vastused on ette antud.*” Õppematerjale saab tunnis kasutada, kui koolis on olemas arvutiklass, sülearvutid või tahvelarvutid. Kolme õpetaja arvates sobib õppematerjal väga hästi iseseisvaks õppimiseks. Õppematerjalides on iseseisvaks õppimiseks kõik oluline olemas ja enamus ülesandeid saab koheselt kontrollida.

Ühe õpetaja arvates on materjalid liiga pikad, sest õpilased ei taha lugeda pikki tekste ja tekib tüdimus. Õpetajad andsid hinnangu tagasiside saamisele iseseisval õppimisel. Kolme õpetaja arvates on tagasiside piisavalt asjakohane. Vastustele saadakse pidevalt tagasisidet ja ülesannete lahendamiseks on antud erinevaid vihjeid. Iseseisval õppimisel on väga oluline, et igal slaidil oleks automaatne tagasiside.

Õpetajad ei leidnud õppematerjalidest faktivigu ning nende arvates on õppematerjalid täiesti paraja pikkusega. Õppematerjalid on kõigi vastanute arvates õppimist toetavad ehk saavutatakse õpieesmärgid. Õppematerjalid on vastavuses õpiväljunditega ja arendavad ka üldpädevusi. Õppematerjalides on käsitletud kõiki lineaarvõrrandisüsteemide lahendusmeetodeid.

#### **4.2.2. Vormistuslik osa**

Teine õppematerjali koostamise põhimõte on vormistuslik osa. Selles osas vastati kuuele küsimusele (vaata lisa 5). Kõigepealt küsiti hinnangut juhiste arusaadavusest, mida hinnati skaalal 1-ei saanud üldse juhistest aru ja 5-sain hästi juhistest aru. Kõik õpetajad said hästi juhistest aru, sest need olid selgelt sõnastatud ja üheselt mõistetavad. Neile meeldis, et vajadusel oli ülesandeid täiendatud näidetega. Õpetajad hindasid õppematerjalide kujundust skaalal 1-ebasobiv ja 5-sobiv. Õpetajate arvates oli kujundus selge ja lihtsasti hoomatav, aga mõnel slaidil oli liiga palju infot. Ühe õpetaja arvates oli teise materjali (lahendamine liitmisvõttega) kujundus väga põnev, aga esimeses ja kolmandas õppematerjalis (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) oleks võinud pilte rohkem olla. Kõigi õpetajate arvates olid olulised detailid ülejäänud tekstist lihtsalt eristatavad. Kolm vastajat ei märganud ühtegi kirjaviga, aga üks õpetaja leidis mõned kirjavead.

Õpetajate arvates tuleks muudatusi teha vormistuslikus osas. Tuleks vaadata üle, kas esimeses ja kolmandas õppematerjalis (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) saab slaididel vähendada teksti ning rohkem pilte juurde lisada. Parandada tuleb ka üksikud kirjavead.

#### **4.2.3. Tehniline osa**

Kolmas õppematerjali koostamise põhimõte on tehniline osa. Selles osas vastasid õpetajad ühele küsimusele (vaata lisa 5). Õpetajatelt küsiti, kas tehniliselt kõik töötab. Ükski vastaja ei leidnud ühtegi tehnilist viga. Järelikult õpetajate arvates on tehniliselt kõik korrektne.

## 5. Arutelu

Magistritöö eesmärk oli koostada lineaarvõrrandisüsteemide õppimist toetavad õppematerjalid ning välja selgitada õpilaste ja õpetajate hinnangud loodud õppematerjalidele. Magistritöö teoreetilises osas käsitleti lineaarvõrrandisüsteemide õpetamist, Desmose programmi kasutamist ja õppematerjali koostamise põhimõtteid. Õppematerjalide sisu ja vajalikkust hindasid eksperdid, kelleks olid matemaatikaõpetajad. Selles peatükis arutletakse uurimistulemuste üle lähtudes küsimustest.

Esimene uurimisküsimus oli - kuivõrd toetavad loodud õppematerjalid lineaarvõrrandisüsteemide õppimist õpilaste hinnangul. Õppematerjal on õppimist toetav, kui see on motiveeriv, sobiva mahuga ja õpilane saavutab seda läbides õpieesmärgid (Villems, et al., 2014-2015). Õpilaste arvates olid õppematerjalid õppimist toetavad ja paraja pikkusega. Õpilased saavutasid õppematerjali läbides õpieesmärgid. Õpilased olid õppinud varem neid teemasid, seetõttu nad kordasid ja said selgemaks lineaarvõrrandisüsteemide lahendamise erinevate võtetega. Mõned õpilased said uusi teadmisi lineaarvõrrandisüsteemidest. Õpilasi motiveerib, kui teemat õpetatakse läbi reaalse elu näidete, mis on kõigile mõistetavad (Havelková, 2013; Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh, 2018). Õpilastele meeldis ülesandeid lahendada, sest need olid eakohased, huvitavad ja osad ülesanded olid seotud reaalse eluga. Õpilased said teada, kus reaalses elus kasutatakse lineaarvõrrandisüsteeme. Stewart, Andrews-Larson, Berman, & Zandieh (2018) on leidnud, et õpilased lahendavad ülesandeid meelsamini, kui neil on selleks hea põhjus. Õppematerjale läbides õpilased mõistsid, et lineaarvõrrandisüsteeme lahendada võib olla lõbus, kui lahendamisel on eesmärk. Teine uurimisküsimus oli - kuivõrd vastavad loodud õppematerjalid esitatavatele nõuetele õpetajate hinnangul. Õppematerjal peab järgima kolme põhimõtet: õppimist toetavaid, vormistuslikke ja tehnilisi põhimõtteid. Õppimist toetav põhimõte tähendab seda, et õpilane peab õppematerjali läbides olema motiveeritud ja saavutama eesmärgid. Õpilasel peab olema võimalus kontrollida vastuseid, et teada saada, kas ta on teemast aru saanud. Vajadusel saada vihjeid, mida edasi teha (Villems, et al., 2014-2015). Õpetajate arvates sobivad õppematerjalid 8. klassi õpilastele ja neid läbides saavutatakse eesmärgid. Õppematerjalid on ainealaselt korrektsed ja ei leitud ühtegi faktiviga. Kõiki lahendusvõtteid on käsitletud ja õppematerjalid on paraja pikkusega. Õpilased saavad osaliselt tagasisidet oma vastustele ja vihjeid, kui ei saa lahendamisega hakkama. Iseseisval õppimisel peaks olema igal slaidil automaatne tagasiside. Harjutusülesannete vahepeal võiks olla mõned huvitavamad ülesanded. Teine oluline põhimõte on õppematerjali vormistuslik osa. Selles osas pööratakse

tähelepanu kujundusele, keelelisele väljendamisele ja teiste autorite töödele viitamisele (Villems, et al., 2014-2015). Õpetajate arvates oli järgitud vormistuslikke põhimõtteid. Olulised detailid olid ülejäänud tekstist eraldatud ja esines ainult mõni kirjaviga. Juhised olid kirjutatud arusaadavalt. Mõnel slaidil oli liiga palju erinevat infot, aga oleks võinud olla rohkem illustreerivaid pilte. Kolmas põhimõte, mida õppematerjali koostades järgitakse on tehniline põhimõte. Selles osas pööratakse tähelepanu tehnilisele korrektsusele, et kõik lingid avaneksid ja õppematerjali saaks kasutada erinevates seadmetes ja veebibrauserites (Villems, et al., 2014-2015). Õpetajatel ei tekkinud õppematerjali kasutades mingeid probleeme ning tehniliselt oli kõik töökorras.

Õpetajad ja õpilased esitasid ettepanekuid muudatusteks. Parandused tuleb teha enne õppematerjali E-koolikotti üles laadimist.

Muudatusteks on:

- Parandada üksikud kirjavead.
- Esimeses ja kolmandas õppematerjalis (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) lisada harjutusülesannete vahele teist tüüpi ülesandeid.
- Esimeses ja kolmandas õppematerjalis (graafiline esitus ja lahendamine asendusvõttega) vähendada teksti ja lisada pilte.
- Kolmandas õppematerjalis (lahendamine asendusvõttega) juhendid üle vaadata.
- Kolmandas õppematerjalis (lahendamine asendusvõttega) lisada lahenduskeem vihjena slaididele.

Õppematerjalide pikkust saab iga õpetaja muuta vastavalt oma soovile ehk autor ei hakka seda muudatust tegema. Ühele õpetajale jäi arusaamatuks, miks sirge joonestamiseks on vaja kolme punkti kui piisab ka kahest punktist. Seda muudatust autor ei hakka tegema, sest sirge joonestamisel kahe punktiga on suurem tõenäosus, et sirge joonestatakse valesti.

Uuringust selgusid õpetajate ja õpilaste hinnangud antud õppematerjalidele. Autor leiab, et piiranguks jäi ajapuudus, mille tõttu ei saanud erineva tööstaaziga õpetajaid uuringus osalema. Õppematerjalid laetakse üles pärast muudatuste tegemist E-koolikotti, et kõik õpetajad ja õpilased saaksid neid vajadusel kasutada. Õppematerjalid on head abivahendid õpetajatele, kes tahavad lineaarvõrrandisüsteemide õpetamiseks neid kasutada. Õpilased saavad kasutada õppematerjale, kui soovivad iseseisvalt kodus lineaarvõrrandisüsteeme õppida või korrata.

## Kasutatud kirjandus

- Alsaeed, M. S. (2017). *Using The Internet In Teaching Algebra To Middle School Students: A Study Of Teacher Perspectives And Attitudes*. Contemporary Issues in Education Research, 121-136.
- Bell, A. (1995). *Purpose in school algebra*. The Journal of Mathematical Behavior, 41-73.
- Desmos. (2021). Külastatud aadressil: *Getting Started: Classroom Activities*: <https://help.desmos.com/hc/en-us/articles/4405326707853>
- Desmos. (2021). Külastatud aadressil: *Using the Teacher Dashboard*: <https://help.desmos.com/hc/en-us/articles/4406992400269-Using-the-Teacher-Dashboard>
- Desmos. (2022). Külastatud aadressil: *Getting Started: Activity Builder*: <https://help.desmos.com/hc/en-us/articles/4405840831757>
- Desmos. (2022). Külastatud aadressil: *Mida me teeme*: <https://www.desmos.com/about?lang=et>
- E-koolikott. (2022, Aprill 22). Külastatud aadressil: *Õppematerjalid*: <https://e-koolikott.ee/et>
- French, D. (2002). *Teaching and learning algebra*. Continuum.
- Hägström, J. (2008). *Teaching systems of linear equations in Sweden and China: What is made possible to learn?* Doktoritöö
- Havelková, V. (2013). *Geogebra in teaching linear algebra*. European Conference on e-Learning, (pp. 581-589).
- Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. (2007). *Uuri ja kirjuta*. Tallinn: Kirjastus Medicina.
- Kaldmäe, K., Kontson, A., Matiisen, K., & Pais, E. (2014). *Matemaatika õpik 8. klassile, I osa*. Avita.
- Kaljas, T., Lepik, M., Nurk, E., & Telgmaa, A. U. (2013). *Matemaatika 8.klassile, 1. osa*. Koolibri.
- King, A. (2017). *Using Desmos to draw in mathematics*. Australian Mathematics Teacher, 33-37.
- Kurz, T. L. (2011). *Online Algebraic Tools for Teaching*. The Clearing House, 260-263.
- Liang, S. (2016). *Teaching the Concept of Limit by Using Conceptual Conflict Strategy and Desmos Graphing Calculator*. International Journal of Research in Education and Science, 35-48.
- Matemaatika III kooliaste. (2015). Külastatud aadressil: <http://oppekava.innove.ee/matemaatika-oppeprotsessid/>

- Pecuch-Herrero, M. (2000). *Strategies and computer projects for teaching linear algebra*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 181-186.
- Põhikooli riiklik õppekava Lisa 3. (2011). Külastatud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1290/8201/4018/141m%20lisa3.pdf#>
- Põhikooli riiklik õppekava. (2014). Külastatud aadressil: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>
- Reinup, R. (2019). *Väike algebraraamat*. Maurus Kirjastus.
- Star, J. R., Foegen, A., Larson, M. R., McCallum, W. G., Porath, J., Zbiek, R. M., . . . Lyskawa, J. (2015). *Teaching Strategies for Improving Algebra Knowledge in Middle and High School Students. Educator's Practice Guide*. The Institute of Education Sciences (IES).
- Stewart, S., Andrews-Larson, C., Berman, A., & Zandieh, M. (2018). *Challenges and Strategies in Teaching Linear Algebra*. Springer International Publishing.
- T-algebra. (2010). Külastatud aadressil: *Õpiprogramm T-algebra*: <https://math.ut.ee/T-algebra/>
- Villems, A., Aluoja, L., Pilt, L., Naulainen, M.-M., Kusmin, M., Rogalevitš, V., & Tokko, U. (2014-2015). *Digitaalse õppematerjali loomise soovitused*. Külastatud aadressil: <https://oppevara.edu.ee/kvaliteet/>

## **Lisad**

### **Lisa 1. Õppematerjalid lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks ja harjutamiseks**

# Õppematerjalid lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks ja harjutamiseks

Autor: Kelina Lillemets  
e-mail: [celinalillemets@gmail.com](mailto:celinalillemets@gmail.com)

Tartu 2022



# Sisukord

Sissejuhatus

Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus

Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega

Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega

Küsimustik õpetajatele õppematerjalide kohta

## Sissejuhatus

Olen 2. kursuse Tartu Ülikooli Matemaatika ja statistika instituudi tudeng Kelina Lillemets, kes õpib matemaatika- ja informaatikaõpetajaks. Õppematerjalid on valminud magistritöö raames, milles uurin, kuidas toetab loodud õppematerjal matemaatika õppimist õpilaste hinnangul ja kuidas vastavad loodud õppematerjalid esitatavatele nõuetele õpetajate hinnangul. Õppematerjalid on mõeldud 8. klassi õpilastele, aga võib kasutada ka 9. klassi õpilastega teema kordamiseks või meeldetuletamiseks.

Loodud on kolm erinevat õppematerjali, mille eesmärgiks on muuta matemaatika tund interaktiivseks ja/või lõbusaks ning samal ajal arendada kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamise oskust. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus ja kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega on mõeldud teema õppimise toetamiseks. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega on mõeldud teema harjutamiseks.

Õppematerjalid on koostatud kasutamiseks tunnis koos õpetaja selgitustega. Samas on ka õpilastel võimalus kasutada neid õppematerjale iseseisvaks õppimiseks. Õpetajatele on tehtud ka tunnikavad, mida vajadusel võib kasutada.

Kui tekib mingisuguseid arusaamatusi või lingid ei tööta, siis saate kirjutada minu e-mailile, mis on esimesel lehel. Head proovimist!

## 1. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus

Link: <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/625a78a3b8a6fa0893acb473?lang=et>

Õpilane iseseisvalt lahendades: ava link, seejärel vajuta esimesel slaidil ning hakka ülesandeid lahendama.

Õpetajale tunnikonspekt:

<i>Tunni osad, struktuuri elemendid</i>	<i>Tegevuste kestus (minutites)</i>	<i>Õpetaja poolt kavandatud ja organiseeritud õppetegevuste kirjeldus</i>	<i>Õppijate tegevus</i>	<i>Kommentaariid</i>
<b><i>I Ettevalmistus põhiosaks</i></b>	5 min	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enne tundi. Õpetus videona - <a href="https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng">https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng</a><ul style="list-style-type: none"><li>○ Avab lingi.</li><li>○ Kopeerib tegevuse.</li><li>○ Loob klassi.</li><li>○ Määrab tegevuse klassile.</li></ul></li><li>• Õpetaja alustab tundi.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Õpilased istuvad ilusti vaikselt ja kuulavad, mis õpetaja räägib.</li><li>• Õpilased logivad Desmosesse õpetaja antud koodi või lingiga.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kui on klass varem loodud, siis saab kohe tegevuse klassile määrata.</li><li>• Kui ekraani jagada, siis on soovitatav muuta anonüümseks, et kellegi nime näha ei oleks.</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tutvustab tunni teemat ja räägib tänase tunni plaani.</li> <li>○ Jagab klassiga sisenemise linki või koodi.</li> </ul>		
<b>II Põhiosa</b>	78 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Määrata tempo 1 slaidile ja oodata, et kõik jõuaks sisselogitud.</li> <li>● Määrata tempo 1-2 slaidile. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Anda aega õpilastel lahendada ning siis pärast üle seletada ning küsimuste üle arutleda.</li> </ul> </li> <li>● Määrata tempo 1-10 slaidile. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3-10 slaid, kui on näha, et enamus õpilasi on küsimustele vastanud või on</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased lahendavad omas tempos ja kui on küsimusi, siis tõstavad käe.</li> <li>● Kui õpetaja paneb pausile, siis õpilased vastavad õpetaja küsimustele ning vajadusel arutlevad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Enne ei luba kedagi edasi kui 9. slaidil kõik vastused õiged.</li> <li>● Alati kui ise midagi rääkida on vaja, siis panna tegevus pausile, siis õpilased ei saa edasi teha ja kuulavad õpetajat.</li> <li>● Soovitav on ka mõned näited vihikusse kirjutada.</li> </ul>

		<p>õpilased hädas, siis panna pausile ja vaadata koos üle.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Määrata tempo 1 - 12 slaidile.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Pärast õpilaste lahendamist seletada veelkord üle ning lahendada ka tahvli peal läbi (slaid 11-12).</li></ul></li><li>● Määrata tempo 1 - 15 slaidile.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Vajadusel aidata õpilasi individuaalselt ning suunata neid tagasi slaidile 11.</li></ul></li><li>● Määrata tempo 1 - 17 slaidile.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Vajadusel aidata õpilasi individuaalselt ning suunata neid tagasi slaidile 11 ja vaadata vihjeid.</li></ul></li><li>● Määrata tempo 1 - 20 slaid.</li></ul>		
--	--	---	--	--

<p><b>III Lõpetav osa</b></p>	<p>7 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Määrata tempo 21 slaidile. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Oodata umbes paar minutit ja siis vaadata kõik koos erinevad mõtted üle ning arutleda.</li> </ul> </li> <li>● Määrata tempo 21 - 22 slaidile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased avaldavad oma ideid ning arutlevad koos õpetajaga.</li> <li>● Õpilased annavad hinnangu tänasele tunnile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Siin tuleb tempo seada nii, et õpilased eelmiseid slide teha ei saaks, vaid ainult 21 ja 22 slaidi.</li> </ul>
-------------------------------	--------------	---	--	---

## 2. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega

Link: <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/625b1a353e4ca44f90756d6b?lang=et>

Õpilane iseseisvalt lahendades: ava link, seejärel vajuta esimesel slaidil ning hakka ülesandeid lahendama.

Õpetajale tunnikonspekt:

<i>Tunni osad, struktuuri elemendid</i>	<i>Tegevuste kestus (minutites)</i>	<i>Õpetaja poolt kavandatud ja organiseeritud õppetegevuste kirjeldus</i>	<i>Õppijate tegevus</i>	<i>Kommentaariid</i>
<b><i>I Ettevalmistus põhiosaks</i></b>	5 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Enne tundi. Õpetus videona - <a href="https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng">https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Avab lingi.</li> <li>○ Kopeerib tegevuse.</li> <li>○ Loob klassi.</li> <li>○ Määrab tegevuse klassile.</li> </ul> </li> <li>● Õpetaja alustab tundi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased istuvad ilusti vaikselt ja kuulavad, mis õpetaja räägib.</li> <li>● Õpilased logivad Desmosesse õpetaja antud koodi või lingiga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kui on klass varem loodud, siis saab kohe tegevuse klassile määrata.</li> <li>● Kui ekraani jagada, siis on soovitatav muuta anonüümseks, et kellegi nime näha ei oleks.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tutvustab tunni teemat ja räägib tänase tunni plaani.</li> <li>○ Jagab klassiga sisenemise linki või koodi.</li> </ul>		
<b>II Põhiosa</b>	75 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Määrata tempo 1-3 slaidile ja oodata, et kõik jõuaks sisselogitud. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Seletada õpilastele mängu põhimõtet ja juhiseid.</li> </ul> </li> <li>● Tempo tühistada. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kui õpilased vajavad abi, siis individuaalselt aidata.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased kuulavad õpetaja juhiseid ja vajadusel küsivad, kui midagi jääb arusaamatuks.</li> <li>● Õpilased lahendavad omas tempos ja kui on küsimusi, siis tõstavad käe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 4-6 slaid on meeldetuletus slaidid, kui õpilasel läheb meelest ära, kuidas lahendada. Õpetajana hea võimalus nendele slaididele suunata.</li> </ul>
<b>III Lõpetav osa</b>	10 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vaadata koos õpilastega 20 slaidi. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vaadata kõik koos, kuidas vihjetest õige</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilane avaldab oma ideid ning arutleb koos õpetajaga.</li> <li>● Õpilane annab hinnangu</li> </ul>	



		vastus selgub.	tänasele tunnile (slaid 23).	
--	--	----------------	------------------------------	--

### 3. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega

Link: <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/625b19a520a67e4f97f32825?lang=et>

Õpilane iseseisvalt lahendades: ava link, seejärel vajuta esimesel slaidil ning hakka ülesandeid lahendama.

Õpetajale tunnikonspekt:

<i>Tunni osad, struktuuri elemendid</i>	<i>Tegevuste kestus (minutites)</i>	<i>Õpetaja poolt kavandatud ja organiseeritud õppetegevuste kirjeldus</i>	<i>Õppijate tegevus</i>	<i>Kommentaariid</i>
<b><i>I Ettevalmistus põhiosaks</i></b>	5 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Enne tundi. Õpetus videona- <a href="https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng">https://www.youtube.com/watch?v=0BF1VfNWqng</a> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Avab lingi.</li> <li>○ Kopeerib tegevuse.</li> <li>○ Loob klassi.</li> <li>○ Määrab tegevuse klassile.</li> </ul> </li> <li>● Õpetaja alustab tundi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased istuvad ilusti vaikselt ja kuulavad, mis õpetaja räägib.</li> <li>● Õpilased logivad Desmosesse õpetaja antud koodi või lingiga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kui on klass varem loodud, siis saab kohe tegevuse klassile määrata.</li> <li>● Kui ekraani jagada, siis on soovitatav muuta anonüümseks, et kellegi nime näha ei oleks.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tutvustab tunni teemat ja räägib tänase tunni plaani.</li> <li>○ Jagab klassiga sisenemise linki või koodi.</li> </ul>		
<b>II Põhiosa</b>	82 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Määrata tempo 1 slaidile ja oodata, et kõik jõuaks sisselogitud.</li> <li>● Määrata tempo 1-3 slaidile. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Anda aega õpilastel lahendada ning siis pärast üle seletada ning vastused vaadata.</li> </ul> </li> <li>● Määrata tempo 1-5 slaidile. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4-5 slaid, kui on näha, et enamus õpilasi on küsimustele vastanud või on õpilased hädas, siis panna pausile ja</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilased lahendavad omas tempos ja kui on küsimusi, siis tõstavad käe.</li> <li>● Kui õpetaja paneb pausile, siis õpilased vastavad õpetaja küsimustele ning vajadusel arutlevad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alati kui ise midagi rääkida on vaja, siis panna tegevus pausile, siis õpilased ei saa edasi teha ja kuulavad õpetajat.</li> <li>● Slaid 7 oleva lahenduskeemi saab ka vihikusse lasta õpilastel kirjutada.</li> <li>● Samuti võib veel tähtsamaid näiteid vihikusse kirjutada.</li> </ul>

		<p>vaadata koos üle.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Määrata tempo 6 slaidile.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Oodata umbes paar minutit ja siis vaadata kõik koos erinevad mõtted üle ning arutleda.</li></ul></li><li>● Määrata tempo slaidile 7.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Õpilastega koos vaadata slaidi 7 ja seletada lahenduskeemi.</li></ul></li><li>● Määrata tempo 7 - 11 slaid.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Edasi lubada õpilastel iseseisvalt lahendada ning vajadusel neid individuaalselt aidata ja suunata tagasi slaidile 7.</li></ul></li><li>● Määrata tempo 7 - 15 slaid.<ul style="list-style-type: none"><li>○ Kui on näha, et slaid</li></ul></li></ul>		
--	--	---	--	--

		<p>12 on enamus õpilastel vastatud, siis panna pausile ja vaadata koos üle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vajadusel aidata õpilasi individuaalselt ning suunata neid tagasi slaidile 12 ja vaadata vihjeid.</li> </ul>		
<b>III Lõpetav osa</b>	3 min	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Määrata tempo slaidile 16.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Õpilane annab hinnangu tänasele tunnile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Siin tuleb tempo seada nii, et õpilased eelmiseid slide teha ei saaks, vaid ainult slaidi 16.</li> </ul>

## Küsimustik õpetajatele õppematerjalide kohta

Siin on küsimustik, millele saate vastata, et aidata koguda andmeid minu magistritööks:

<https://forms.gle/6JYkS8skCYQBtTGL9>

## Lisa 2. Küsimustik õpilaste hinnangud õppematerjalile - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus

Tere, mina olen Tartu Ülikooli Matemaatika ja statistika instituudi tudeng Kelina Lillemets ning palun Sul osaleda ühes uurimuses, mis on üks osa minu magistritööst. Küsimustiku eesmärk on välja selgitada kuivõrd toetab loodud õppematerjal matemaatika õppimist õpilaste hinnangul. Küsimustiku täitmine võtab aega 5-10 minutit. Vastajate anonüümsus on garanteeritud. Andmeid kasutan ainult minu magistritöös.

Küsimuste ja kommentaaride korral võib pöörduda: [celinalillemets@gmail.com](mailto:celinalillemets@gmail.com)

Nõustun osalema anonüümses uurimuses ja olen teadlik, et minu vastuseid kasutatakse ainult magistritöö tarbeks.	Jah
---	-----

Taustandmed	
Sugu	Poiss Tüdruk Muu
Mis klassis käid?	8. klassis 9. klassis Muu
Hinda skaalal 1-ebameeldiv kuni 5-väga meeldiv. Matemaatika õppimine tundub mulle...	Ebameeldiv 1, 2, 3, 4, 5 Väga meeldiv
Põhjenda, miks vastasid eelmisele küsimusele just nii!	

Õppematerjal - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus	
Õppematerjali pikkus oli...	liiga lühike

	täiesti paras liiga pikk
Hinda õppematerjali huvipakkuvust.	Igav 1, 2, 3, 4, 5 Huvitav
Hinda juhiste üldist arusaadavust.	Ei saanud üldse juhistest aru 1, 2, 3, 4, 5 Sain hästi juhistest aru
Miks nii vastasid?	
Hinda ülesannete raskusastet.	Väga rasked ülesanded 1, 2, 3, 4, 5 Väga kerged ülesanded
Mida uut sa tänases tunnis õppisid	
Kas vihjed olid abiks ülesannete lahendamisel?	Jah Ei
Kuidas sulle meeldis Desmose keskkonnas ülesannete lahendamine?	Ei meeldinud üldse 1, 2, 3, 4, 5 Meeldis väga
Kui peaksid midagi õppematerjalis muutma, siis mida muudaksid?	



### Lisa 3. Küsimustik õpilaste hinnangud õppematerjalile - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega

Tere, mina olen Tartu Ülikooli Matemaatika ja statistika instituudi tudeng Kelina Lillemets ning palun Sul osaleda ühes uurimuses, mis on üks osa minu magistritööst. Küsimustiku eesmärk on välja selgitada kuivõrd toetab loodud õppematerjal matemaatika õppimist õpilaste hinnangul. Küsimustiku täitmine võtab aega 5-10 minutit. Vastajate anonüümsus on garanteeritud. Andmeid kasutan ainult minu magistritöös.

Küsimuste ja kommentaaride korral võib pöörduda: [celinalillemets@gmail.com](mailto:celinalillemets@gmail.com)

Nõustun osalema anonüümses uurimuses ja olen teadlik, et minu vastuseid kasutatakse ainult magistritöö tarbeks.	Jah
---	-----

Taustandmed	
Sugu	Poiss Tüdruk Muu
Mis klassis käid?	8. klassis 9. klassis Muu
Hinda skaalal 1-ebameeldiv kuni 5-väga meeldiv. Matemaatika õppimine tundub mulle...	Ebameeldiv 1, 2, 3, 4, 5 Väga meeldiv
Põhjenda, miks vastasid eelmisele küsimusele just nii!	

Õppematerjal - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine liitmisvõttega	
Õppematerjali pikkus oli...	liiga lühike

	täiesti paras liiga pikk
Hinda õppematerjali huvipakkuvust.	Igav 1, 2, 3, 4, 5 Huvitav
Hinda juhiste üldist arusaadavust.	Ei saanud üldse juhistest aru 1, 2, 3, 4, 5 Sain hästi juhistest aru
Miks nii vastasid?	
Hinda ülesannete raskusastet.	Väga rasked ülesanded 1, 2, 3, 4, 5 Väga kerged ülesanded
Mida uut sa tänases tunnis õppisid?	
Kas müsteeriumit oli põnev lahendada?	Jah Ei
Kui lõbus olid antud õppematerjal?	Ei olnud üldse lõbus 1, 2, 3, 4, 5 Oli väga lõbus
Miks nii vastasid?	
Kuidas sulle meeldis Desmose keskkonnas ülesannete lahendamine?	Ei meeldinud üldse 1, 2, 3, 4, 5 Meeldis väga
Kui peaksid midagi õppematerjalis muutma, siis mida muudaksid?	

#### **Lisa 4. Küsimustik õpilaste hinnangud õppematerjalile - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega**

Tere, mina olen Tartu Ülikooli Matemaatika ja statistika instituudi tudeng Kelina Lillemets ning palun Sul osaleda ühes uurimuses, mis on üks osa minu magistritööst. Küsimustiku eesmärk on välja selgitada kuivõrd toetab loodud õppematerjal matemaatika õppimist õpilaste hinnangul. Küsimustiku täitmine võtab aega 5-10 minutit. Vastajate anonüümsus on garanteeritud. Andmeid kasutan ainult minu magistritöös.

Küsimuste ja kommentaaride korral võib pöörduda: [celinalillemets@gmail.com](mailto:celinalillemets@gmail.com)

Nõustun osalema anonüümses uurimuses ja olen teadlik, et minu vastuseid kasutatakse ainult magistritöö tarbeks.	Jah
---	-----

Taustandmed	
Sugu	Poiss Tüdruk Muu
Mis klassis käid?	8. klassis 9. klassis Muu

Õppematerjal - kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamine asendusvõttega	
Õppematerjali pikkus oli...	liiga lühike täiesti paras liiga pikk
Hinda õppematerjali huvipakkuvust.	Igav 1, 2, 3, 4, 5 Huvitav
Hinda juhiste üldist arusaadavust.	Ei saanud üldse juhistest aru 1, 2, 3, 4, 5 Sain hästi juhistest aru

Miks nii vastasid?	
Hinda ülesannete raskusastet.	Väga rasked ülesanded 1, 2, 3, 4, 5 Väga kerged ülesanded
Mida uut sa täna tunnis õppisid?	
Kas vihjed olid abiks ülesannete lahendamisel?	Jah Ei
Kuidas sulle meeldis Desmose keskkonnas ülesannete lahendamine?	Ei meeldinud üldse 1, 2, 3, 4, 5 Meeldis väga
Kui peaksid midagi õppematerjalis muutma, siis mida muudaksid?	

**Lisa 5. Küsimustik õpetajale - õpetaja hinnangud loodud õppematerjalidele**

Tere, mina olen Tartu Ülikooli Matemaatika ja statistika instituudi tudeng Kelina Lillemets ning palun Teil täita küsimustik, mis on üks osa minu magistritööst. Küsimustiku eesmärk on välja selgitada kuivõrd vastavad loodud õppematerjalid esitatavatele nõuetele õpetajate hinnangul? Küsimustiku täitmine võtab aega 10-15 minutit. Vastajate anonüümsus on garanteeritud. Andmeid kasutan ainult minu magistritöös.

Küsimuste ja kommentaaride korral võib pöörduda: [celinalillemets@gmail.com](mailto:celinalillemets@gmail.com)

Taustandmed	
Sugu	Naine Mees
Vanus	kuni 20 aastane 21-30 aastane 31-40 aastane 41-50 aastane 51-60 aastane 61-70 aastane üle 71 aastane
Staaž matemaatika õpetajana	kuni 5 aastat 6-10 aastat 11-20 aastat 21-30 aastat 31-40 aastat 41-50 aastat üle 51 aasta
Kas õpetate või olete õpetanud matemaatikat 7. - 9. klassis?	Olen õpetanud või õpetan 7. klassis Olen õpetanud või õpetan 8. klassis Olen õpetanud või õpetan 9. klassis Ei ole õpetanud III kooliastmes

Õppimist toetav osa

Hinnake, kuidas õppematerjalid sobivad 8. klassi õpilastele.	Ei sobi üldse 1, 2, 3, 4, 5 Sobivad väga hästi
Palun põhjendage oma vastus.	
Hinnake õppematerjalide sobivust iseseisval õppimisel.	Ei sobi üldse 1, 2, 3, 4, 5 Sobivad väga hästi
Palun põhjendage oma vastus. (Kas mõni koostatud õppematerjalidest tundub probleemne?)	
Hinnake õppematerjalide sobivust tunni läbiviimisel klassiruumis.	Ei sobi üldse 1, 2, 3, 4, 5 Sobivad väga hästi
Palun põhjendage oma vastus. (Kas mõni õppematerjal tundub probleemne?)	
Kas õppematerjalides esines faktivigu? (Näiteks tehtel vale vastus või teooria küsimusele vale vastus jne.)	Jah Ei
Kui vastasite "Jah", siis kirjutage, kus õppematerjal, mis viga oli.	
Õppematerjalide pikkus oli...	liiga lühike täiesti paras liiga pikk
Kui asjakohane on õppematerjalidest saadav tagasiside iseseisval õppimisel?	Ei ole üldse asjakohane 1, 2, 3, 4, 5 Piisavalt asjakohane
Hinnake, kui hästi aitavad õppematerjalid õppimist toetada (saavutatakse eesmärgid).	Ei saavutata ühtegi eesmärki 1, 2, 3, 4, 5 Saavutatakse kõik eesmärgid
Palun põhjendage oma vastus.	

Vormistuslik osa	
Hinnake juhiste üldist arusaadavust.	Ei saanud üldse juhistest aru 1, 2, 3, 4, 5 Sain hästi juhistest aru
Palun põhjendage oma vastus.	
Hinnake õppematerjalide kujundust.	Ebasobiv 1, 2, 3, 4, 5 Sobiv
Palun põhjendage oma vastus.	
Kas olulised detailid, mõisted, laused olid kergelt leitavad ning muust tekstist lihtsalt eristatavad?	Jah Ei
Kui vastasite "Ei", siis kirjutage, mida oleks pidanud muust tekstist eristama.	
Hinnake kirjavigade esinemist.	Esines väga palju kirjavigu Esinesid mõned kirjavead Ei esinenud üldse kirjavigu

Tehniline osa	
Kas kõik töötas?	Jah Ei
Kui vastasite "Ei", siis kirjutage, mis ei töötanud.	

Õppematerjalidest üldiselt	
Hinnake, kui tõenäoliselt te neid õppematerjale kasutaksite oma tundides.	Ei kasutaks neid oma tundides 1, 2, 3, 4, 5 Kasutaksin kindlasti neid oma tundides
Palun põhjendage oma vastus.	

Hinnake tunnikonspektide põhjalikkust.	Mitte põhjalikud 1, 2, 3, 4, 5 Väga põhjalikud
Palun põhjendage oma vastus.	
Kui peaksite midagi muutma nende õppematerjalide juures, siis mis see oleks.	



## Lisa 6. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi graafiline esitus lahtiste küsimuste vastuste kodeerimine

**Tabel 1.** Õpilaste hinnangu matemaatika õppimisele kodeerimine.

Vastus	Head seletused ja arusaadav	Vahepeal rasked ülesanded	Tunnid on huvitavad	Tunnis hea olla	Ei saa kõigest aru	Õpetaja on hea	Teemad igavad
Kood	1	2	3	4	5	6	7
Kordade arv	4	2	10	2	1	7	3
Protsent	12,9%	6,5%	32,3%	6,5%	3,2%	22,6%	9,7%

**Tabel 2.** Juhiste arusaadavuse hinnangu kodeerimine.

Vastus	Arusaadav	Õpetaja seletused aitasid	Vahepeal oli natuke raske aru saada	Oli nii arusaamatuid kui ka arusaadavaid juhiseid	Ei saanud aru, mida tahetakse	Rasked sõnad
Kood	1	2	3	4	5	6
Kordade arv	7	6	2	1	1	1
Protsent	38,9%	33,3%	11,1%	5,6%	5,6%	5,6%

**Tabel 3.** Küsimuse, mida õppematerjal is õpiti, kodeerimine.

Vastus	Lineaarvõrrandisüsteemide kasutamise päriselus	Lineaarvõrrandisüsteemide kordamine	Kõik oli uus	Teadsin kõike	Lineaarvõrrandisüsteemide kohta
Kood	1	2	3	4	5
Kordade arv	1	9	1	2	7
Protsent	5%	45%	5%	10%	35%

**Tabel 4.** Küsimuse, mida muuta õppematerjalis, kodeerimine.

Vastus	Mitte midagi	Teeks midagi muud selle asemel	Rohkem erinevat tüüpi harjutusi	Pikkuselt lühemaks	Rohkem pilte	Ei oska vastata
Kood	2	1	3	4	5	6
Kordade arv	16	2	1	1	1	1
Protsent	72,7%	9,1%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%

**Lisa 7. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamise liitmisvõttega lahtiste küsimuste vastuste kodeerimine**

**Tabel 5.** Õpilaste hinnangu matemaatika õppimisele kodeerimine.

Vastus	Tunnid huvitavad	Head seletused ja arusaadav	Õpetaja on hea	Vahepeal rasked ülesanded	Tüdimus, kui palju sarnaseid ülesandeid	Matemaatika on huvitav	Saab ennast proovile panna
Kood	1	2	3	4	5	6	7
Kordade arv	4	5	6	2	1	6	1
Protsent	16%	20%	24%	8%	4%	24%	4%

**Tabel 6.** Juhiste arusaadavuse hinnangu kodeerimine.

Vastus	Mõni asi oli arusaamatu	Kõik oli arusaadav	Õpetaja seletused aitasid aru saada	Näiteid oli toodud
Kood	1	2	3	4
Kordade arv	2	9	5	1
Protsent	11.8%	52.9%	29.4%	5.9%

**Tabel 7.** Õppematerjali lõbususe hinnangu kodeerimine.

Vastus	Mänguline ja huvitav lahendada	Midagi uut ja põnevat	Ei olnud väga tore	Liiga samat tüüpi ülesandeid	Pidi nuputama	Mõned ülesanded keerulised
Kood	1	2	3	4	5	6
Kordade arv	10	2	2	1	1	1
Protsent	58.8%	11.8%	11.8%	5.9%	5.9%	5.9%

**Tabel 8.** Küsimuse, mida õppematerjalis õpiti, kodeerimine.

Vastus	Mitte midagi uut	Sain super-kangelaste kohta teada	Lineaar-võrrandi-süsteemid ei ole kerged	Mate-maatikat	Lineaar-võrrandi-süsteeme lahendama	Lineaar-võrrandi-süsteemide kordamine	Arvutis matemaatikat tegema
Kood	1	2	3	4	5	6	7
Kordade arv	1	2	1	2	4	5	1
Protsent	6.3%	12.5%	6.3%	12.5%	25%	31.3%	6.3%

**Tabel 9.** Küsimuse, mida muuta õppematerjalis, kodeerimine.

Vastus	Mitte midagi	Veel rohkem selgitusi	Teeksin midagi muud selle asemel	Pikkuselt lühemaks	Kergemad ülesanded	Paaristöö	Teisi ülesandeid paneks vahele	Ei oska öelda
Kood	1	2	3	4	5	6	7	8
Kordade arv	9	1	1	2	1	2	1	1
Protsent	50%	5.6%	5.6%	11.1%	5.6%	11.1%	5.6%	5.6%

**Lisa 8. Kahe tundmatuga lineaarvõrrandisüsteemi lahendamise  
asendusvõttega lahtiste küsimuste vastuste kodeerimine**

**Tabel 10.** Juhiste arusaadavuse hinnangu kodeerimine.

Vastus	Ei viitsinud süveneda	Kõik oli arusaadav	Õpetaja selgitamine aitas aru saada	Vahepeal ei saanud aru
Kood	1	2	3	4
Kordade arv	1	14	3	9
Protsent	3,7%	51,9%	11,1%	33,3%

**Tabel 11.** Küsimuse, mida õppematerjalis õpiti, kodeerimine.

Vastus	Teadsin kõike	Mate- maatikat	Lineaar- võrrandi- süsteeme kordama	Lineaar- võrrandi- süsteeme lahendama	Asen- dama	Lahendus- skeemi meelde jätma	Desmost kasutama	Kõik oli uus	Vastust kirjuta- ma
Kood	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kordade arv	5	2	10	9	3	1	1	2	1
Protsent	14,7%	5,9%	29,4%	26,5%	8,8%	2,9%	2,9%	5,9%	2,9%

**Tabel 12.** Küsimuse, mida muuta õppematerjalis, kodeerimine.

Vastus	Mitte midagi	Teeks midagi muud selle asemel	Paremad juhendid	Ei oska vastata	Harjutusülesandeid vähemaks	Pikkusel lühemaks
Kood	1	2	3	4	5	6
Kordade arv	26	2	2	1	1	2
Protsent	76,5%	5,9%	5,9%	2,9%	2,9%	5,9%

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kelina Lillemets,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose Lineaarvõrrandisüsteemide õppimiseks õppematerjalide loomine ning õpetajate ja õpilaste tagasiside loodud õppematerjalidele, mille juhendaja on Sirje Pihlap, 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, kuniautoriõiguse 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.

Kelina Lillemets

**17.05.2022**