

Põhikooli matemaatika lõpueksami tulemuste seosed varasemate oskuste ja matemaatikahuviga

Triinu Kilp-Kabel^{a1}, Kaja Mädamürk^a, Jüri Kurvits^b, Jake McMullen^c,
Minna Hannula-Sormunen^c, Saku Määttä^c

^a Tallinna Ülikooli loodus- ja terviseteaduste instituut

^b Tallinna Ülikooli digitehnoloogiate instituut

^c Turu Ülikooli õpetajahariduse osakond

Annotatsioon

Töö eesmärk on leida, kuidas on seotud spontaanne keskendumine kvantitatiivsetele seostele (SFOR), suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ja matemaatikahuvi kuuendas klassis; kas kuuenda klassi tulemused on seotud ka üheksanda klassi matemaatika lõpueksami tulemusega ning kas esineb soolisi erinevusi matemaatikaoskustes ja/või matemaatikahuvis. Uuringus osalejad ($n = 1062$, 51% neist poisid) sooritasid 2019. aasta sügisel lugemis- ja matemaatikapädevuse testi ning 2023. aastal põhikooli lõpueksami. Kõik kuuenda klassi näitajad olid omavahel positiivses seoses. Nii suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus kui ka matemaatikahuvi kuuendas klassis olid seotud matemaatika lõpueksami tulemusega, viimasega ei olnud seotud ainult SFOR. Lisaks olid tüdrukute matemaatikaoskused poiste omadest paremad. Matemaatikahuvis soolisi erinevusi ei esinenud. Seega on juba kuuendas klassis erinevaid oskusi ja motivatsiooninäitajaid, mis seletavad, kui hästi õpilane põhikooli lõpueksamil hakkama saab. Selle tõttu on oluline toetada õpilaste oskusi ja huvi juba esimeses ja teises kooliastmes, kuna varem esinenud raskused võivad muidu püsima jääda.

Võtmesõnad: koolimatemaatika, matemaatikapädevus, spontaanne keskendumine kvantitatiivsetele seostele, matemaatikahuvi

¹ Loodus- ja terviseteaduste instituut, Tallinna Ülikool, Narva mnt 5, 101020 Tallinn; triinu.kilp-kabel@tlu.ee.

Sissejuhatus

Matemaatikat on vaja paljudes erinevates eluvaldkondades, seega on oluline toetada matemaatikaoskuste arengut. Näiteks leidsid Bynner ja Parsons (1997) oma uuringus, et paremate arvutusoskustega inimesed teenisid keskmiselt kõrgemat palka. Ka Bjälkebring ja Peters (2021) jõudsid järeldusele, et paremad oskused lühikeste matemaatika tekstülesannete lahendamisel olid seotud kõrgema sissetuleku, aga ka eluga rahuloluga. Inimesed, kes oskavad efektiivsemalt lahendada lühikesi tekstülesandeid, mis põhinevad arvutusoskusel, suudavad tõenäolisemalt ka pensionieaks rohkem raha säästa (Banks & Oldfield, 2007). Matemaatikaoskuste põhjal on võimalik ennustada, kas õpilane otsustab minna ülikooli ning kas ta valib ülikooli astudes eriala, mis on seotud looduse ja täppisteaduste ning tehnoloogiaga (Guo *et al.*, 2015). Matemaatikaoskuste põhjal saab ennustada ka ülikoolis õppeainetega paremini hakkama saamist (Thompson *et al.*, 2018). Seega on erinevatel matemaatikaoskustel selge seos edasise elukvaliteediga.

Matemaatikaoskuste arengus on oluline roll nii varasematel teadmistel (Kikas *et al.*, 2009) kui ka igapäevastes situatsioonides matemaatika märkamisel. Spontaanne keskendumine kvantitatiivsetele seostele (SFOR, ingl *spontaneous focusing on quantitative relations*) on järjest arenev uurimisvaldkond ning on leitud, et see on oluline õppimise ja õpetamise vaatenurgast (täpsemaks ülevaateks vt McMullen *et al.*, 2019; Verschaffel *et al.*, 2020). SFOR on seotud erinevate matemaatikaoskustega – nii adaptiivsete teadmistega ratsionaalarvudest (McMullen *et al.*, 2017a) kui ka teadmistega murdarvudest ning nende võrdlemisest (McMullen & Siegler, 2020).

SFOR esineb ilma selleks selgelt suunamata ning see ei tähenda, et inimesed, kes spontaanselt kvantitatiivseid seoseid ei kirjelda või teevad seda vähe, ei oskaks kvantitatiivseid seoseid kirjeldada. Paludes neil viimast teha, on võimalik välja selgitada, millisel määral inimesed, kes SFORi ei kasuta, oskavad samu kvantitatiivseid seoseid kirjeldada (Määttä *et al.*, 2022) ja ka spontaanselt kvantitatiivsete seoste kirjeldamist arendada (McMullen *et al.*, 2017b). Seega uuritakse selles töös oskust nii spontaanselt (ehk SFOR) kui ka suunatult kvantitatiivseid seoseid kirjeldada (suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine).

Matemaatika õppimise juures on oluline roll ka motivatsioonil, mille üheks näitajaks on huvi (Wigfield & Eccles, 2020). Matemaatikast huvitatud õpilased tunnevad, et nad saavad matemaatikaga seotud ülesannete täitmisest rohkem naudingut, tõenäoliselt keskenduvad neile ka rohkem ning eelistavad rohkem matemaatikaga tegeleda (Hidi, 2006). Matemaatikast rohkem huvitatud õpilased eelistavad ka tulevikus sellega enam tegeleda, valides näiteks suurema tõenäosusega keerulisemaid matemaatikakursusi (Köller *et al.*, 2001;

Jiang *et al.*, 2020). Nii matemaatikahuvis (Frenzel *et al.*, 2010) kui ka matemaatikaoskustes (OECD, 2023) võib esineda soolisi erinevusi, mistõttu on õpilaste sugu ka siinses uurimuses arvesse võetud.

Selles töös uuritakse, kuidas on omavahel seotud kuuendas klassis hinnatud erinevad matemaatikaoskused ja matemaatikahuvi, millised soolised erinevused esinevad ning kuidas on kuuenda klassi näitajad seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemusega.

Spontaanne keskendumine kvantitatiivsetele seostele

Oskus enda ümber arve märgata ja neile spontaanselt keskenduda on seotud teiste matemaatikaoskuste arenguga ning tüüpiliselt esineb sellist keskendumist lastel juba koolieelses eas (Hannula & Lehtinen, 2005). Spontaanne keskendumine arvudele (SFON, ingl *spontaneous focusing on numerosity*) tähendab ilma selge juhiseeta arvude märkamist ning selle väljendamist. Hannula ja Lehtineni (2005) uuringus näidati 3,5–6aastastele lastele kindla arvu ehk näiteks kahe marja söötmist mänguasjale ning paluti seda täpselt järele teha, ütlemata, et mänguasjale tuleb anda sama arv marju. Uurimusest selgus, et osa lastest hakkas spontaanselt marju loendama, samas ei teinud nad seda tingimata iga ülesande puhul. Hannula-Sormunen jt (2015) järeldasid enda uuringust, et numbritele keskendumise mudeldamine ja selgitamine varases eas saaks aidata lastel rohkem igapäevakeskkonnast numbrilisi seoseid leida, mis aitaks omakorda kaasa nende matemaatikaoskuste arengule.

Matemaatika märkamine end ümbritsevas keskkonnas ei pruugi tähendada aga vaid arvude märkamist. Näiteks esineb spontaanset keskendumist kvantitatiivsetele seostele (SFOR). SFOR tähendab end ümbritseva kirjeldamist kahe või enama keskkonna aspekti arvulise väärtuse võrdlemise kaudu ilma selleks selget juhist saamata (McMullen *et al.*, 2016). Spontaansele kvantitatiivsetele seostele keskendumine võib inimestel erineda, näiteks ei tee mõned seda üldse, samal ajal kui teised teevad seda palju (McMullen *et al.*, 2017a). Spontaanne keskendumine kvantitatiivsetele seostele kasvab vanuse suurenedes (McMullen *et al.*, 2016), tõenäoliselt seepärast, et õpilased omandavad koolitee jooksul uusi matemaatikaoskusi ning teadmisi arvudest ja arvuhulkadest, seega arenevad ka oskused kirjeldada kvantitatiivseid seoseid, mis toetab nende spontaanselt keskendumist.

Kvantitatiivsetele seostele keskendumise uurimisel ei viita termin „spontaanne“ oskuse allikale või sellele, kuidas oskus on omandatud, vaid kvantitatiivsete seoste suunamata märkamisele ja kirjeldamisele olukordades, mis pole selgelt matemaatilised (McMullen *et al.*, 2014). Kuna SFORi puhul on tegemist spontaanse keskendumisega, tuleb selle uurimisel tekitada olukord,

kus inimestel on võimalik kvantitatiivseid seoseid märgata ning neid kirjeldada, kuid neid ei suunata otseselt seda tegema. Näiteks uurisid McMullen jt (2014) 5–9-aastaste laste SFORi, kasutades selleks ülesandeid, kus uurijad näitasid ette mänguasjale saiatükkide või lusikaga riisi söötmist ning palusid lastel seda järele teha. Nii saia kui ka riisi puhul olid kogused uurija ja lapse vahel erinevad, näiteks olid uurija käes olevad saiad lõigatud pooleks, lapsel aga veeranditeks. Uuringu autorid vaatasid, kas laps „söödab“ mänguasjale sama koguse, mitte sama arvu erineva suurusega tükke ehk keskendub kvantitatiivsetele seostele (SFOR), mitte vaid arvudele (SFON). Nimetatud uurimus on seega näide sellest, et uuringusituatsioonis on võimalik tagada spontaanset keskendumist.

Spontaanne keskendumine või selle tegemata jätmine ei tähenda otseselt, et inimesed ei suudaks kvantitatiivseid seoseid kirjeldada, vaid näitab, kas seda tehakse spontaanselt (Määttä *et al.*, 2022). Seega näitab SFORi oskus rohkem kvantitatiivsete seoste tähele panemist, mitte lihtsalt oskust kvantitatiivseid seoseid kirjeldada. Kuigi sõna „spontaanne“ viitab SFORi puhul sellele, et keskendutakse iseeneslikult, on võimalik SFORi siiski arendada. Näiteks korraldasid McMullen jt (2017b) seitsmenädalase sekkumisuuringu 13-aastaste õpilastega. Telefonirakenduse abil pidid õpilased lahendama ülesandeid, kus neil tuli kirjeldada kvantitatiivseid seoseid igapäevaelust, leida õige asukoht end ümbritsevas keskkonnas, mis on kirjeldatud kvantitatiivsete seostena (nt „Sa oled liikunud nüüd $\frac{1}{3}$ teest. Paku, kus asub tee lõpp.“). Tulemuseks saadi, et sekkumiserühma õpilastel esines pärast sekkumist, võrreldes kontrollrühma õpilastega, SFORi keskmiselt rohkem. Seega saab kvantitatiivsetele seostele keskkonnas teadlikult tähelepanu suunata, mille kaudu suureneb ka spontaanne kvantitatiivsete seoste märkamine ja kirjeldamine.

Suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine

Matemaatikaoskuste arengul on oluline seos varem omandatud matemaatika-teadmiste ja -oskustega (Kikas *et al.*, 2009; Mädamürk *et al.*, 2016; Kilp-Kabel & Mädamürk, 2024) ning matemaatika õppimisel arendatakse oskusi hierarhiliselt eelnevatele teadmistele põhinedes (Baroody, 1987; Xu *et al.*, 2023). Õpilastelt oodatakse kvalitatiivset muutust multiplikatiivsete seoste märkamisel ja kasutamisel, kui nad liiguvad täisarvudelt murdarvude juurde (Kaufmann, 2018). Hariliku murru mõiste sügavam mõistmine ning oskus opereerida selle erinevate tähenduste ja esitusviisidega eeldab oskuslikku multiplikatiivsete seoste märkamist ja kasutamist (Lamon, 2020). Üleminek aditiivsete strateegiate kasutamisel multiplikatiivsetele osutub õpilastele suureks väljakutseks (Van Dooren *et al.*, 2010). Kui osa õpilasi läbib selle ülemineku suhteliselt kergelt, siis suuremal osal põhjustab see raskusi, mis omakorda toob kaasa negatiivseid

emotsioone matemaatika suhtes. Sageli kasutavad õpilased multiplikatiivseid seoseid eeldavates ülesannetes aditiivseid strateegiaid, mis viib valele tulemusele (Thompson & Saldanha, 2003). Oskus märgata ja kasutada multiplikatiivseid seoseid on oluline samm üleminekul alg- ja põhikooli matemaatikast keerukama ja abstraktsema matemaatika juurde, mistõttu on see teema põhikooli matemaatikas suure tähtsusega. See on üks olulisemaid eeldusi edukaks toimetulekuks nii matemaatikas kui ka teistes õppeainetes, nagu bioloogia, geograafia ja füüsika, olles aluseks paljudele olemuselt multiplikatiivsetele mõistetele ja seostele (Lamon, 2020).

Inimesed võivad olla võimelised kvantitatiivseid seoseid kirjeldama, kui nad on suunatud seda tegema (Määttä *et al.*, 2022). Seega on uuringutes kasutatud ka suunatud keskendumist multiplikatiivsetele, sh murdarvulistele seostele (Halme *et al.*, 2022), et selgitada välja, kuidas erineb spontaanselt kvantitatiivsete seoste märkamine ehk SFORi oskus ja oskus kirjeldada multiplikatiivseid seoseid situatsioonis, kus õpilased on suunatud keskenduma kvantitatiivsetele seostele. Kuna suunamise kaudu saab arendada ka spontaanset keskendumist, nagu McMulleni jt (2017b) uuringust selgus, võivad sellised suunatud ülesanded toetada ka SFORi oskust.

Matemaatikahuvi

Wigfield ja Eccles (2020) on kirjeldanud huvi osana ootuste-väärtuste motivatsiooniteooriast, seletades, et huvi tähendab naudingut, mida saadakse tegevuse sooritamisest. Huviga seostub ka suurenenud tähelepanu ja keskendumine ning positiivne meeleolu (Hidi, 2006). Seega, kui laps huvitub matemaatikast, naudib ta sellega tegelemist rohkem, on tõenäoliselt tunnis ka tähelepanelikum ja keskendub paremini.

Matemaatikahuvi ja matemaatikaoskuste seost on leitud mitmetes uurin-gutes (nt Fisher *et al.*, 2012; Lechner *et al.*, 2019), kuid tulemused on näidanud nii seda, et oskused ennustavad matemaatikahuvi (Campbell & Hackett, 1986; Köller *et al.*, 2001), kui ka seda, et matemaatikahuvi ennustab oskusi (Fomina & Morosanova, 2017; Zhang & Wang, 2020). Lisaks on leitud, et matemaatikast rohkem huvitatud õpilased valivad tõenäolisemalt keerulisemaid matemaatika-kursusi, millel osaleda (Köller *et al.*, 2001; Jiang *et al.*, 2020). Samuti on leitud, et huvi matemaatika vastu langeb vanusega (Frenzel *et al.*, 2010; Petersen & Hyde, 2015; Lazarides *et al.*, 2019). Seega on matemaatikaoskused ja -huvi omavahel oluliselt, kuid komplekselt ja tõenäoliselt ajas muutuvalt seotud.

SFORi seos matemaatikaoskustega ja matemaatikahuviga

McMullen jt (2014) leidsid, et SFORi esineb rohkem nendel, kellel on paremad matemaatikaoskused. Samuti on leitud, et SFOR on seotud algebra- ja murdude lahendamise oskustega (McMullen *et al.*, 2017a; McMullen & Siegler, 2020) ning teadmistega ratsionaalarvudest (Van Hoof *et al.*, 2016). Seega annab SFOR olulist infot matemaatikaoskustest ja nende rakendamisest olukordades, mis ei ole sõnastatud matemaatilise probleemina. Samuti on matemaatikahuvi seotud matemaatikaoskustega (Fisher *et al.*, 2012; Lechner *et al.*, 2019), kuid matemaatikahuvi ja SFORi on siiani koos käsitletud vaid ühes varasemas uuringus, kus uuriti, kas ja kuidas matemaatikahuvi ja SFOR ning teised näitajad ennustavad ratsionaalarvudega arvutamist (McMullen *et al.*, 2022). SFORi ja matemaatikahuvi vahel ei leitud seost, kuid nii SFOR kui ka matemaatikahuvi olid seotud arvutamisoskusega. Siinses töös uuritakse seoseid kuuendas klassis hinnatud SFORi, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise, matemaatika-pädevuse ning matemaatikahuvi vahel. Samuti analüüsitakse, kas need on seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemustega.

Soolised erinevused matemaatikas

Poiste ja tüdrukute keskmised erinevused matemaatika tulemustes on aja jooksul vähenenud (OECD, 2015). Samas, viimase PISA testi kokkuvõtte põhjal (OECD, 2023) on Eestis siiski poiste ja tüdrukute tulemuste vahel väike erinevus. Poisid saavutasid PISA testis tüdrukutest kõrgema tulemuse, nagu ka enamikus teistes PISA testi teinud riikides. Lisaks saavutavad tüdrukud põhikooli lõpueksamitel ka järjepidevalt mõne punkti võrra kõrgemaid tulemusi kui poisid (Haridus- ja Noorteamet, 2022; Haridus- ja Noorteamet, 2023). Seega, kuigi soolised erinevused on vähenenud, neid siiski eksisteerib.

Soolised erinevused matemaatikas võivad olla seotud ka sellega, mida õpilased seoses matemaatikas tulemuste saavutamisega arvavad ja usuvad. Näiteks kalduvad tüdrukud arvama, et nende ebaõnnestumine on seotud kehva võimekusega, isegi kui nende tulemus on poistega võrreldes matemaatikas sama (Dickhäuser & Meyer, 2006), või et hakkama saamine matemaatikas tuleneb tüdrukutel pigem püüdlikkusest, mitte andekusest (Erti *et al.*, 2017). Seega võivad soolised erinevused põhineda muul kui üldisel võimekuse erinevusel.

Kuigi soolised erinevused matemaatikaoskustes on aja jooksul pigem vähenenud (OECD, 2015), esineb siiski erinevusi motivatsioonis ja matemaatika õppimisega seotud valikutes. Poisid on tõenäoliselt rohkem matemaatikast huvitatud (Frenzel *et al.*, 2010), valivad keerulisemaid matemaatikakursusi (Köller *et al.*, 2001; Jiang *et al.*, 2020) ning ka eriala, mis on seotud loodus- ja

täppisteaduste ning tehnoloogiaga (Wang *et al.*, 2015). Seega annab õpilaste huvi matemaatika vastu aimu nende potentsiaalsetest valikutest ja ka valikute vältimisest tulevikus.

Uurimuse eesmärgid

Töö eesmärk on teada saada, kuidas on kuuendas klassis hinnatud SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ja matemaatikahuvi seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemusega. Selle kaudu on võimalik paremini mõista Eesti õpilaste erinevate matemaatikaoskuste ning matemaatikahuvi rolli tulemuste saavutamises põhikooli lõpuks. Eesmärgi saavutamiseks hinnati kuuendates klassides esmakordselt Eestis õpilaste SFORi ja suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamist. Uurimuse eesmärgi täitmiseks on sõnastatud järgnevad hüpoteesid ja uurimisküsimus.

Kuuenda klassi õpilastel on SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ning matemaatikahuvi omavahel positiivselt seotud (H1). Hüpotees tugineb varasematele uuringutele, milles on leitud vastastikuseid seoseid matemaatikaoskuste ja matemaatikahuvi vahel (Fisher *et al.*, 2012; Köller *et al.*, 2001; Jiang *et al.*, 2020; Lechner *et al.*, 2019). Kuna SFOR ja suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine on matemaatikaoskused, eeldame, et ka nendel esineb seoseid, kuigi huviga seoses neid põhjalikult uuritud ei ole.

Kuuendas klassis hinnatud SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ning matemaatikahuvi on seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemusega (H2). Hüpotees põhineb varasematel töödel, kus on leitud, et SFOR on positiivselt seotud teiste matemaatikaoskustega (nt McMullen *et al.*, 2014; McMullen *et al.*, 2017a; McMullen & Siegler, 2020) ning matemaatikahuvi on seotud paremate matemaatikaoskustega (Fomina & Morosanova, 2017).

Lisaks uuritakse, kas kuuenda klassi matemaatikapädevuses, matemaatikahuvis, SFORis, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamises ning üheksanda klassi lõpueksami tulemustes esineb soolisi erinevusi (UK1).

Metoodika

Osalejad ja protseduur

Uurimuse valim koosneb Eesti õpilastest, kes sooritasid 2019. aasta sügisel kuuendas klassis lugemis- ja matemaatikapädevuse veebipõhise testi (Toomela *et al.*, 2020) Eksamite Infosüsteemis (EIS) ning 2023. aastal põhikooli matemaatikaeksami. Kuuenda klassi valimisse kutsuti kõik põhikoolid. Valimisse kuulub 1062 õpilast (51% poisid) 56-st eesti õppekeeleaga koolist. Kuuendas klassis täitsid õpilased esmalt lugemispädevuse testi, mis sisaldas ka SFORi hindavaid ülesandeid. Kuigi SFORi hindavad ülesanded näitavad matemaatikaoskust, olid need esitatud lugemispädevuse testi osana, et õpilased ei eeldaks testi sisu ja pealkirja tõttu, et SFOR-ülesannetes tuleb vastata matemaatikat kasutades. Pärast lugemispädevuse testi sooritasid õpilased matemaatikapädevuse testi. Mõlema testi sooritamiseks oli aega üks koolitund, seega kokku kaks koolitundi. Uuringus osalemine oli vabatahtlik. Õpilased täitsid teste terve klassiga korraga, testid viisid läbi koolide töötajad. Samad õpilased sooritasid 2023. aasta kevadel põhikooli lõpueksamid. Uuringu läbiviimiseks esitati Haridus- ja Noorteametile andmesoov. Haridus- ja Noorteametilt said uurijad anonüümse andmestiku, milles olid kuuendate klasside lugemis- ja matemaatikapädevuse testide tulemused seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemustega.

Hindamisvahendid

SFOR

SFORi hinnati 6. klassis nelja ülesandega. Õpilased pidid kirjeldama erinevusi kahe pildi vahel või seoseid ühel pildil esitatud asjade vahel. SFORi ülesannete puhul hinnati, kas laps kasutab pildi kirjeldamisel kvantitatiivset seost, näiteks „kaks korda rohkem“, „üks kolmandik taldrikust“, „poole vähem“ vms. Kui õpilane kirjeldas vaid arve (nt „kaheksa sinist õhupalli“) või kirjeldas koguseid sõnadega „rohkem“ või „vähem“ ilma hulkadele viitamata, siis vastust SFORina ei arvestatud. Seega pidi vastus sisaldama nii arvuhulka kui ka võrdlust. Samu ülesandeid (kuid mitte sellise kombinatsiooniga) soomekeelsete juhistega on SFORi uurimiseks varem kasutanud ka Turu Ülikooli teadlased (McMullen *et al.*, 2017a; McMullen *et al.*, 2022; Määttä *et al.*, 2024).

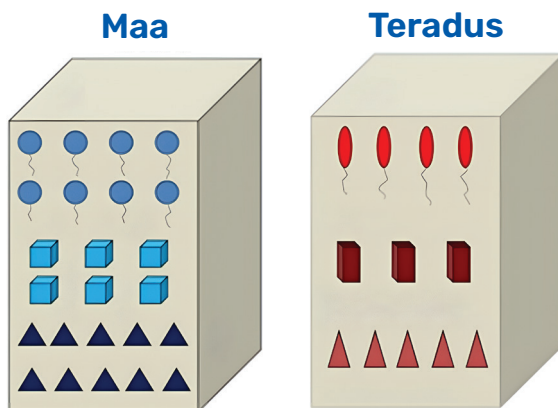
SFORi kirjelduste puhul arvestatakse ka vastuseid, mis pole 100% korrektsed, vaid ka neid, mis on lähedal õigele, näiteks kui on esitatud klaas, milles on umbes üks kolmandik jooki, sobib õigeks SFOR-vastuseks ka „veerand“ või „pool“. Samas, kui ülesandes on ühte asja teisest kaks korda rohkem, ei loeta õigeks näiteks vastust „kolm või neli korda rohkem“. Seega peab vastus olema mõistlikkuse piires lähedal õigele, kuid mitte ilmtingimata täpselt õige koguse

nimetamine. Rohkem vabadust vastustes on antud just selliste ülesannete puhul, kus kogus pole täpselt loendatav.

SFORi hindavad ülesanded olid esitatud järjest, kuid ükskhaaval, ning iga ülesande lahendamiseks oli aega 2–3 minutit. Ülesanded võimaldasid kirjeldada kvantitatiivseid seoseid, kuid ei suunanud seda tegema. SFOR-vastus võis tähendada: 1) aditiivsete seoste loomist (koguste kirjeldamiseks kasutatakse liitmis- või lahutamistehet); 2) murdarvude kasutamist olukorra kirjeldamiseks; 3) osa ja terviku suhte kirjeldamist (kirjelduses on osutatud tervele kogusele ning selle osale); 4) multiplikatiivsete seoste nimetamist (nt erinevate koguste kirjeldamiseks kasutatakse korrutus- või jagamistehet). Olenevalt ülesandetüübist võib konkreetset tüüpi SFOR-vastuste määr erineda, kuid SFORi puhul pole oluline, kas esitatakse näiteks aditiivne või multiplikatiivne seos, kuna need kõik näitavad SFORi oskust. Murdarvulised, multiplikatiivsed, aditiivsed ja osatervest-vastused andsid iga vastuse kohta ühe SFOR-punkti.

Esimeses teleportatsiooni ülesandes oli ühel pildil kolme erinevat tüüpi siniseid asju, teisel kolme tüüpi punaseid asju (vt joonist 1). Piltidel esitatud asjad erinesid nii värvi, koguse kui ka kuju poolest.

Õpilastel paluti kirjutada nimekiri viisidest, kuidas asjad muutusid, ja nimetada nii palju muutusi kui võimalik.



Tulevikus saadavad teleportatsiooni masinad asju kaugetele planeetidele. Need masinad ei ole siiski täiuslikud. Vasakul näed seda, mis Maalt saadeti. Paremal näed seda, mis saabus planeedile Teradus.

Kirjuta nimekiri viisidest, kuidas saadetud asjad muutusid. Too välja nii palju muutusi kui võimalik.

Joonis 1. Esimene teleportatsiooni ülesanne.

Teise teleportatsiooni ülesandena esitati pilt, kus oli kolme tüüpi siniseid asju, ja teine pilt, kus oli kolme tüüpi punaseid asju. Ka nendel piltidel esitatud asjad erinesid nii värvi, koguse kui ka kuju poolest. Õpilastel paluti jällegi kirjutada nimekiri viisidest, kuidas asjad muutusid, ja nimetada nii palju muutusi kui võimalik. Lisaks esitati ülesanne, kus olid pildid laupäeva ja pühapäeva lõunasöökidest. Piltidel oli taldriku peal salat ja pitsa ning kõrval piimaklaas, kuid kogused erinesid päevade vahel. Õpilastel paluti kirjutada nimekiri sellest, kuidas toidukorrad erinesid, ning nimetada nii palju erinevusi kui võimalik. Viimase ülesandena esitati pilt, kus oli kaks last, isa, erinevad taldrikud ja sai, mida isa saab lõigata. Õpilastel paluti kirjeldada, millistel viisidel isa saia lõigata saab, ning nimetada nii palju variante kui võimalik. Nende ülesannete kohta arvutati üldine summaskoor, millel puudus teoreetiline maksimumväärtus, kuna õpilased võisid anda ühe pildi kohta rohkem kui ühe SFOR-vastuse.

Suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine

Kõikide SFORi hindavate ülesannete piltide kohta oli esitatud ka vastav ülesanne suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise hindamiseks (edaspidi „suunatud ülesanded“). Suunatud ülesannete puhul tuli õpilastel täita tekstis lünki esitatud piltide kohta, näiteks „Teradusele saabusid ainult _____ Maalt saadud asjadest“ ja „Salati hulk, mida Miia sõi laupäeval, oli umbes _____ tervest taldriku suurusest“. Esimese ja teise pildi ehk teleportatsiooni ülesannete kohta tuli täita kolm lünka, kolmanda pildi ehk lõunasööki kohta üheksa ja neljanda pildi ehk taldriku ülesande kohta viis lünka. Suunatud ülesanded olid esitatud õpilastele matemaatikatesti lõpus ning nendel oli ajapiiranguks 90 sekundit. Seega, SFORi hindavate ülesannete ja suunatud ülesannete vahel oli paus, mille jooksul õpilased täitsid teisi lugemis- ja matemaatikapädevust hindavaid ülesandeid. Suunatud ülesannete kohta arvutati üldine summaskoor, mille maksimaalne väärtus oli 20 punkti.

Matemaatikahuvi

Matemaatikahuvi hinnati ootuste-väärtuste motivatsiooniteoorial (Wigfield & Eccles, 2020) põhineva küsimustikuga, mille on koostanud Nurmi ja Aunola (1999). Eesti keeles on seda küsimustikku ka varem kasutatud (Jõgi *et al.*, 2015). Matemaatikahuvi hindamiseks kasutati kolme väidet, näiteks „Mulle meeldivad arvutamise ja matemaatikaga seotud ülesanded“. Õpilased hindasid väiteid 5-pallisel hinnanguskaalal, millest 1 tähendas „Ei sobi üldse minu kohta“ ja 5 „Sobib minu kohta täielikult“. Esitatud kolme väite põhjal arvutati igale õpilasele keskmine skoor.

Matemaatikapädevus

Matemaatikapädevuse hindamiseks kasutati kuuendas klassis läbi viidud matemaatikapädevuse testi eluliste probleemülesannete tulemusi (testis matemaatikapädevuse kui terviku hindamiseks koostatud ülesanded). Ülesannetes oli vaja seostada erinevaid matemaatilisi mõisteid ja eristada ning eirata ebaolulist infot (Toomela *et al.*, 2020, ülesanded kirjeldatud lk 64–69). Ülesanded viidi läbi Eksamite Infosüsteemi keskkonnas. Ülesandeid vahele jätta polnud võimalik ning sooritatud ülesannete juurde enam tagasi minna ei saanud. Matemaatikapädevuse ülesanded olid järgmised: 1) ülesanne, kus oli vaja valida kindla summa eest kaks lõbustuspargi piletit, mille põhjal võimalikult kaua lõbustuspargis olla; 2) ülesanne, milles oli vaja valida kindla summa eest koerale sobiv toidukauss ja toidupakk, kus tuli arvestada kausi suurust ja toidu kogust; 3) ülesanne, kus oli esitatud joonis aiast, aia jaotus (kaks ruudukujulist poolt, millest üks on muruplats ja teine on koera aed), muruplatsi ümbermõõt ning terve aia pindala, ja tuli leida, kui suur on koera aia pindala; 4) ülesanne retsepti koguste leidmisest pitsarullide tegemisel. Nende ülesannete kohta arvutati üldine summaskoor, mille maksimaalne väärtus oli 8 punkti.

Matemaatika põhikooli lõpueksam

2023. aastal toimus lõpueksam paberil. Õpilastel tuli lahendada kuus avatud vastusega ülesannet seitsmest, mis hõlmasid nii protsenti, funktsioone kui ka geomeetriat, eesmärgiga hinnata õpilaste matemaatikas õpitu mõistmist, seostamist ja rakendamist (täpsem kirjeldus lõpueksamite kohta on leitav lõpueksami aruandest (Haridus- ja Noorteamet, 2023)). Lõpueksami tulemusena arvestati üldskoori, mille maksimaalne väärtus oli 50 punkti.

Andmeanalüüs

Andmeid analüüsiti andmetöötlusprogrammidega IBM SPSS Statistics 24 ja Mplus 8 (Muthén & Muthén, 1998–2017). Kuna tulemused ei jaotunud normaaljaotusega sarnaselt, kasutati analüüsides mitteparameetrilisi teste. Esimese hüpoteesi ehk muutujatevaheliste seoste kontrollimiseks kasutati Spearmani korrelatsioonanalüüsi. Korrelatsioonid, mis on väiksemad kui 0,3, tõlgendatakse „nõrkadena“, vahemikus 0,4–0,6 „mõõdukatenä“ ning 0,7–1 „tugevatena“ (Dancey & Reidy, 2007). Teise hüpoteesi ehk matemaatika lõpueksami tulemusega seotud kuuenda klassi näitajate kontrollimiseks kasutati lineaarset regressioonanalüüsi koos robustse maksimaalse tõenäosuse hindajaga (ingl *Robust Maximum Likelihood Estimator*), et arvestada normaaljaotuse puudumise ning võimalike erandlike väärtuste mõju. Uurimisküsimusele

vastamiseks ehk sooliste erinevuste kontrollimiseks kasutati mitteparameetrilist Mann-Whitney U-testi.

Tulemused

Kirjeldavad statistikud ja konstruktidevahelised korrelatsioonid selles uuringus osalenud õpilastel on leitavad tabelist 1.

Esimeseks hüpoteesiks oli, et kuuenda klassi õpilastel on SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ning matemaatika-huvi omavahel positiivselt seotud. Hüpoteesi kontrollimiseks kasutati Spearmani korrelatsioonikordajat. Tulemustest selgus, et SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine ja matemaatikapädevuse tulemus olid omavahel nõrgalt kuni mõõdukalt positiivselt seotud ($\rho = 0,22-0,49$, $p < 0,001$, vt tabelit 1). Matemaatikahuvi oli SFORiga positiivselt, kuid väga nõrgalt seotud ($\rho = 0,08$, $p = 0,007$), suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise ja matemaatika-pädevusega oli seos mõnevõrra tugevam ($\rho = 0,11$ ja $0,17$, $p < 0,001$), kuid siiski nõrk. Seega, hüpotees leidis kinnitust.

Tabel 1. Kirjeldavad statistikud ja konstruktidevahelised korrelatsioonid

	1	2	3	4	5
1. SFOR 6. kl	–				
2. Suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine 6. kl	0,31**	–			
3. Matemaatikapädevus 6. kl	0,22**	0,49**	–		
4. Matemaatikahuvi 6. kl	0,08*	0,11**	0,17**	–	
5. Matemaatikaeksam 9. kl	0,20**	0,46**	0,44**	0,22**	–
Min–Max	0–13	0–20	0–8	3–15	0–50
Mediaan	1	11	4	9	37
Keskmine	1,51	10,64	3,75	9,20	33,43
Standardhälve	2,12	4,78	1,91	3,15	13,12
McDonaldi ω	0,50	0,75	0,63	0,83	0,87 ^a

Märkus. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$; ^a Cronbachi alfa; Min = minimaalne väärtus; Max = maksimaalne väärtus

Teiseks hüpoteesiks oli, et kuuendas klassis hinnatud SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ning matemaatika-huvi on seotud üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemusega. Hüpoteesi kontrollimiseks kasutati lineaarset regressioonianalüüsi. Tulemustest selgus,

et üheksanda klassi matemaatikaeksami tulemustega seostusid suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine ($\beta = 0,31, p < 0,001$), matemaatikapädevus ($\beta = 0,23, p < 0,001$) ja matemaatikahuvi ($\beta = 0,15, p < 0,001$), kuid SFOR ei olnud statistiliselt oluliselt seotud lõpueksamiga ($\beta = 0,04, p = 0,081$). Seega, hüpotees leidis osaliselt kinnitust. Kuuenda klassi näitajad (sh statistiliselt mitte-olulised) kirjeldasid ära 28% üheksanda klassi eksamitulemuste variatiivsusest, sealjuures olid tugevamalt seotud suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine ja matemaatikapädevus.

Soolised erinevused esinesid SFORi, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise, matemaatikapädevuse ja ka matemaatikaeksami puhul. Kõigil juhtudel olid tüdrukute tulemused kõrgemad poiste omadest, kuid erinevused olid siiski väikesed ning mediaanid erinesid ainult suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise ja matemaatikaeksami juures. Matemaatikahuvi puhul ei esinenud soolisi erinevusi. Täpsemad tulemused on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Soolised erinevused matemaatikaoskustes ja matemaatikahuvis

	Poisid			Tüdrukud			U	z
	Mediaan	Keskmine	SD	Mediaan	Keskmine	SD		
SFOR6	1	1,42	2,16	1	1,61	2,08	127058,00	-2,934**
SK6	11	10,25	4,86	12	11,03	4,67	127924,00	-2,614 **
MP6	4	3,46	1,89	4	4,05	1,89	116223,00	-5,007 **
MH6	9	9,19	3,36	9	9,21	2,93	140481,50	-0,097
ME9	35	32,00	13,62	38	34,90	12,43	123622,50	-3,472 **

Märkus. ** $p < 0,01$; SD = standardhälve; SK6 = suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine 6. klassis; MP6 = matemaatikapädevus 6. klassis; MH6 = matemaatikahuvi 6. klassis; ME9 = matemaatikaeksam 9. klassis

Arutelu

Selle uurimuse eesmärk oli välja selgitada, kuidas seostuvad omavahel SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ja matemaatikahuvi kuuendas klassis ning kas need näitajad on seotud põhikooli matemaatika lõpueksami tulemustega. Lisaks uuriti soolisi erinevusi. Ootuspäraselt olid kõik kuuenda klassi oskused ja matemaatikahuvi omavahel positiivselt nõrgalt kuni mõõdukalt seotud. Põhikooli lõpueksami tulemustega olid seotud matemaatikapädevus, suunatud keskendumine kvantitatiivsetele seostele ja matemaatikahuvi, kuid SFORil ja põhikooli lõpueksami tulemusel seost

ei leitud. Lisaks olid tüdrukute oskused üldiselt poiste oskustest keskmiselt kõrgemad, kuid matemaatikahuvi oli poistel ja tüdrukutel sarnane. Tulemused kinnitavad osaliselt, et oskuslik multiplikatiivsete seoste kasutamine on pikaajaliselt seotud matemaatikaoskustega, mis omakorda tähendab, et erinevatele kvantitatiivsetele seostele tähelepanu osutamine matemaatikatundides tõenäoliselt toetab ka teiste matemaatikaoskuste arengut.

Seosed SFORi, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise, matemaatikapädevuse ja matemaatikahuvi vahel kuuendas klassis

Uurimuse esimene eesmärk oli teada saada, kuidas seostuvad SFOR, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine, matemaatikapädevus ja matemaatikahuvi kuuendas klassis. Ootuspäraselt selgus, et seosed erinevate oskuste ja ka matemaatikahuvi vahel on positiivsed. Eestis pole küll SFORi ja suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamist varem uuritud, kuid Soomes tehtud uuringud on samuti näidanud positiivset seost matemaatikaoskuste ja SFORi vahel (McMullen *et al.*, 2014). Varasem töö on leidnud, et SFORi ja matemaatikahuvi vahel pole seost (McMullen *et al.*, 2022), kuid selle uuringu põhjal nõrk statistiliselt oluline seos siiski oli. McMulleni jt (2022) töös leiti korrelatsioon 0,06, selles töös 0,08. Seega, seos matemaatikahuvi ja SFORi vahel on väga nõrk. SFORi hinnati osana lugemispädevuse testist ning õpilased ei pruukinud neid ülesandeid otseselt ka matemaatikaga seostada, eriti kuna õpilased näevad, et matemaatika on suures osas just see, mida matemaatikatunnis tehakse (Metzger *et al.*, 2019). Selle tõttu võib olla seos SFORi ja matemaatikahuvi vahel vähene, kuna õpilased ei pruugi SFORi matemaatikaülesandena arvestada. Siiski näitasid seosed SFORi ja matemaatikapädevuse vahel, et kvantitatiivseid seoseid kasutavad pigem rohkem õpilased, kellel on kõrgemad tulemused ka teistes matemaatikaoskustes. Seega võib õpilaste matemaatikaoskuste arengu paremaks toetamiseks kasutada õppetöös ka SFORi ja suunatud kvantitatiivseid ülesandeid. Samas tuleb arvestada, et SFOR ja suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine on eraldiseisvad oskused, millest SFOR näitab rohkem kvantitatiivsete seoste märkamist ja suunatud ülesanne oskust korrektselt kvantitatiivseid seoseid kirjeldada. Selle tõttu on ootuspäraselt ka korrelatsioon SFORi ja suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise vahel pigem väike.

Põhikooli lõpueksami tulemus

Teine hüpotees leidis osalist kinnitust: kuuenda klassi matemaatikapädevus, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine ja matemaatikahuvi olid seotud

matemaatika lõpueksami tulemusega, kuid SFOR mitte. Varasemad Eestis korraldatud uuringud on leidnud, et õpilase oskused matemaatikas on oluliselt seotud tema tulevaste oskustega matemaatikaülesannete lahendamisel (Kikas *et al.*, 2009; Kilp-Kabel & Mädamürk, 2024), seega oli eeldatav, et kuuenda klassi matemaatikapädevus on seotud ka põhikooli lõpueksami tulemusega. Samas on leitud, et õpilaste tulemuste tase võib aja jooksul muutuda (Kilp-Kabel & Mädamürk, 2024; Mädamürk & Kikas, 2024), seega pole õpilaste oskuste tase ilmtingimata ajas püsiv. Seega võis eeldada, et õpilaste varasemad oskused on seotud nende hilisemate tulemustega, kuid seda mitte päris kõigi puhul.

Suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine näitab õpilase oskust esitada multiplikatiivseid seoseid kahe või enama arvuhulga vahel. Tegemist on õpilaste jaoks pigem uudset tüüpi ülesandega, kuna see ei põhine tüüpilistel õpikuülesannetel, ning uudsete ülesannetega esineb õpilastel tihtipeale raskusi (Siegler & Oppenható, 2021). Samas oli sellise ülesandega hakkamasaamine seotud põhikooli matemaatika lõpueksami tulemusega. Seega, õpilased, kes oskasid suunamise peale esitada rohkem multiplikatiivseid seoseid, said tõenäolisemalt ka lõpueksamil kõrgema tulemuse. See võib näidata õpilaste paremat oskust kohaneda uudse olukorra ja ülesandega, mis võib olla kasulik ka lõpueksamit sooritades, kuna lõpueksam nõuab teatud määral paindlikkust ning ülesande lahendamiseks sobiva strateegia valimist.

Matemaatikahuvi oli seotud õpilaste matemaatikaeksami tulemusega ehk suurem huvi üldiselt matemaatika vastu kuuendas klassis tähendas ka kõrgemat tulemust üheksanda klassi matemaatikaeksamil. Samas, varasemad piki- lõikelised uuringud on pigem leidnud, et matemaatikahuvi ei ole pikaajaliselt matemaatika tulemustega seotud (Petersen & Hyde, 2015), kuigi mõningaid seoseid matemaatikahuvi ehk matemaatika nautimise ja tulemuste vahel on (Villavicencio & Bernardo, 2016; Kilp-Kabel & Mädamürk, 2024). Matemaatikast rohkem huvitatud Eesti õpilased võivad seega näiteks enam pingutada kõrgemate tulemuste saavutamiseks ning püsida tegevuse juures ka raskuste tekkimisel, kuna nad naudivad matemaatikat rohkem. Arvestada tuleb ka, et COVID-19 pandeemia mõjul süvenes hariduslik ebavõrdsus, mis võib selgitada matemaatikahuvi seotust 9. klassi tulemustega. Õpilased, kellel oli kõrgem motivatsioon ja paremad oskused, said distantsõppe tingimustes rohkem võimalusi oma teadmisi ja oskusi arendada, samas kui vähem huvitatud või nõrgemate oskustega õpilastel võis puudu jääda nii motivatsioonist kui ka sobivatest õppimisvõimalustest. Arvestades, et 6. klassi test sooritati 2019. aasta novembris ja sellele järgnenud aastatel mõjutas kogu III kooliastme õppimist pandeemia, võib oletada, et COVID-19 kogemus süvendas oskuste ja motivatsiooni põhjal tekkinud erinevusi, mis ilmnesisid 9. klassi lõpueksamite tulemustes (Tammets *et al.*, 2021).

Kuigi SFOR on seotud teatud matemaatikaoskustega, näiteks algebra- ja murdude lahendamise oskusega (McMullen *et al.*, 2017a; McMullen & Siegler, 2020) ning teadmistega ratsionaalarvudest (Van Hoof *et al.*, 2016), polnud SFOR siinses uurimuses põhikooli lõpueksami tulemuse ennustajaks. SFOR oli aga nõrgalt, kuid siiski oluliselt seotud põhikooli lõpueksami tulemusega. Tõenäoliselt polnud SFOR oluliseks ennustajaks ega ka tugevamalt seotud lõpueksami tulemusega, kuna põhikooli lõpueksam kombineerib mitmeid erinevaid osaoskusi. SFOR seostub rohkem aga teadmistega näiteks arvudest ja nendevahelistest seostest (McMullen *et al.*, 2017a), mida väljendab ka suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamine. Lisaks võib SFOR olla tugevamalt seotud kuuendas klassis hinnatud matemaatikapädevusega kui matemaatika lõpueksamiga, kuna matemaatikapädevuse ülesanded sisaldasid olulise info eristamist ebaolulisest, seega muudest ülesannetest mõnevõrra rohkem ka tähelepanu komponenti. Kõnealune tulemus seoses lõpueksamiga võib tuleneda sellest, et lõpueksamil keskenduvad õpilased sellele, mida neile on matemaatikatunnis konkreetselt õpetatud. Eksamiülesandeid lahendades püüavad nad ära tunda, millist tüüpi ülesandega on tegemist, ning valida sobiva lahendamise meetodi või algoritmi. Selles protsessis on vähe spontaansust, kuna õpilaste tähelepanu on suunatud õpitud lahendusmeetodite kasutamisele.

Soolised erinevused

Kuigi varem on leitud, et poistel on Eestis tüdrukutega võrreldes pigem paremad tulemused matemaatikas (OECD, 2023), oli selles valimis tüdrukute tulemus nii matemaatikapädevuses, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamises kui ka lõpueksamil poistega võrreldes keskmiselt kõrgem. Varem on leitud ka, et tüdrukud tunnevad pigem vähem huvi matemaatika vastu (Frenzel *et al.*, 2010), kuid selles uurimuses matemaatikahuvi puhul erinevusi ei esinenud. Tüdrukute kõrgem tulemus matemaatikas võib olla seotud ka sellega, et selles valimis polnud matemaatikahuvi puhul erinevusi, seega on keskmine tüdruk matemaatikast sama palju huvitatud kui keskmine poiss. Kuna matemaatikahuvi ega sooline erinevus matemaatikatulemustes ei vasta otseselt varasematele uuringutele, võib nende omavaheline seos olla seotud selle töö meetodiga.

Uuringus osalenud õpilaste puhul oli tüdrukute lõpueksami tulemus keskmiselt kolm punkti kõrgem poiste omast. Ka Haridus- ja Noorteameti kokkuvõttes oli valimi tüdrukutel keskmine sooritus vähemalt kaks punkti kõrgem poiste omast mediaani järgi nii 2023. (Haridus- ja Noorteamet, 2023) kui ka 2022. aastal (Haridus- ja Noorteamet, 2022). Kõige suurem erinevus ülesannete kaupa lõpueksamil oli Haridus- ja Noorteameti valimil avaldise lihtsustamise ülesandes, kus tüdrukute keskmine sooritus oli rohkem kui kaks korda kõrgem.

Ka põhikooli matemaatika lõpueksami taustauuringu põhjal (Kikas *et al.*, 2016) esines sooline erinevus matemaatikaeksami tulemuses: tüdrukute tulemus oli ligikaudu kolm punkti kõrgem poiste omast ning matemaatikahuvis soo põhjal erinevust ei esinenud. Seega on ka varasematel aastatel ning Haridus- ja Noorteameti valimisse kuulunud tüdrukutel olnud eksamitulemus kõrgem. Eesti poistel ja tüdrukutel esineb erinevusi ka õpioskustes. Näiteks võib tüdrukutel olla parem arutlemisoskus, lugemispädevus ja püsivus ülesandeid lahendada (Kikas *et al.*, 2019). Seega võib lõpueksamil esinevat soolist erinevust põhjustada näiteks erinevus õpioskustes ja -käitumises.

Piirangud

Tulemuste tõlgendamisel tuleb arvestada ka uuringu piiranguid. Esiteks, õpilaste oskuste taset seitsmendas ja kaheksandas klassis ei arvestatud. Samuti ei uuritud õpilaste matemaatikahuvi rohkem kui kuuendas klassis. Seega võib õpilastel esineda erinevusi matemaatikahuvis ja -oskustes, mida ei kontrollitud, aga millega võib olla seotud ka COVID-19, näiteks võib õpilaste matemaatikahuvi kolmanda kooliastme jooksul langeda (Petersen & Hyde, 2015). Seega tuleb arvestada, et õpilaste matemaatikahuvi tase ei pruukinud olla üheksandas klassis sama mis kuuendas, kuid potentsiaalsed erinevused matemaatikahuvis pole teada. Õpilaste motivatsiooni seost õpitulemustega aitaks seega paremini mõista regulaarselt mõõdetud matemaatikahuvi, kuna nii saaks kontrollida potentsiaalseid muutusi kolmanda kooliastme jooksul. Samuti pole teada, kumma kahest valikülesandest õpilased eksamil valisid, seega erinevad õpilaste lõpueksami tulemused ühe ülesande poolest, kuid sisemine reliaablus oli ülesannetel Haridus- ja Noorteameti kokkuvõtte põhjal siiski hea. Lisaks pole arvesse võetud teatud individuaalseid ega väiksemate gruppide erinevusi, näiteks õpioskusi, õpetajate erinevat õpetamisstiili, klassikollektiivi suurust jm, mis võivad olla seotud ka õpilaste lõpueksami tulemustega. Lisaks pole andmeid õpilaste ärevusest seoses testide või matemaatikaga, mis võib põhjustada raskusi matemaatikaeksami sooritamisel, kuna ärevus hõlmab töömälu ressursi ehk võib vähendada võimekust ülesandeid sooritada (Ashcraft & Kirk, 2001; Caviola *et al.*, 2022). Samuti tuleb arvestada, et SFORi hindavate ülesannete puhul esineb erinevusi SFORis. Seega, õpilane võib ühe ülesande kohta anda SFOR-vastuse ning teise kohta mitte. Seega, SFOR võib teatud määral sõltuda ülesandetüübist ning selle tõttu ka varieeruda.

Tulemuste rakendatavus ja soovitused edasisteks uurimusteks

See uuring illustreerib vajadust keskenduda järjepidevalt õpilaste toimetuleku toetamisele matemaatikas, kuna juba kuuenda klassi tulemuste põhjal on võimalik seletada mõningaid erinevusi õpilaste matemaatika põhikooli lõpu-eksami tulemuses. Õpilased, kes sooritavad kuuendas klassis paremini nii tava-päraseid matemaatikapädevust näitavaid ülesandeid kui ka uudseid, suunatud multiplikatiivsete seoste kasutamise ülesandeid, saavad ka lõpueksamil tõenäoliselt kõrgema tulemuse. Kuigi madalama võimekusega õpilaste tase võib areneda (Kilp-Kabel & Mädamürk, 2024), tuleks rohkem jälgida õpilaste taset juba põhikooli varasemates astmes nii oskustes kui ka matemaatikahuvis ning õpilastele nende vajadustele vastavalt järjepidevat tuge pakkuda.

Kuna oskus kasutada multiplikatiivseid seoseid osutus mõõdukalt seotud matemaatikapädevusega kuuendas klassis ning samas ka näitajaks, mis ennustab tulevase matemaatikatumemusi põhikooli lõpus, tuleks juba alates esimesest kooliastmest teadlikult arendada õpilaste multiplikatiivset mõtlemist, kuna see ei arene ilmtingimata iseenesest. Kui viimane pole lastel kolmanda kooliastme lõpuks välja kujunenud, hakkab see mõjutama nende õppeedukust erinevates valdkondades. Õpetaja peaks teadlikult pöörama tähelepanu tegevustele, mis toetavad õpilase oskust märgata multiplikatiivseid seoseid. Oluline on suunata õpilasi kasutama sobivaid multiplikatiivse iseloomuga strateegiaid.

Õpetajal tuleb valida sellised harjutused, mis soodustavad üleminekut aditiivse iseloomuga strateegiatelt mõtestatud multiplikatiivsete seoste kasutamisele. Selleks on oluline, et õpetaja mõistaks, milliseid seoseid õpilane suudab märgata ja milliseid strateegiaid ta kasutab. Multiplikatiivse mõtlemise arengu taset saab hinnata testidega, mille puhul selgitatakse välja, milliste seostega lapsed hakkama saavad (täisarvulised, murdarvulised) ning milliseid strateegiaid kasutavad. Kui õpetaja selgitab selle välja, saab ta individuaalselt õpilase multiplikatiivse mõtlemise arengut toetada. Teadliku juhendamise abil saab luua õpikogemuse, mis arendab õpilase paindlikkust strateegiate valikul ja tugevdab tema matemaatikaoskusi multiplikatiivsete seoste märkamise ja kasutamise kaudu.

Õpetajad peaksid kujundama positiivset suhtumist matemaatikasse, luues keskkonna, kus matemaatikahuvi ja üldine motivatsioon saaksid kasvada. Ootuste-väärtuste motivatsiooniteooria kohaselt on oluline, et õpilased tajuksid matemaatika õppimise väärtust ja tunneksid, et neil on oodatud tulemusteni jõudmiseks vajalikud oskused ja tugi (Wigfield & Eccles, 2020). See on eriti oluline nende õpilaste puhul, kellel on raskusi multiplikatiivsete seoste kasutamisega – pakkudes neile toetavat keskkonda ja selget struktuuri, saab arendada nii nende usku oma võimetesse kui ka motivatsiooni matemaatikaga tegelemiseks.

Kuigi soolised erinevused matemaatikas on aja jooksul vähenenud (OECD, 2015), on Eesti õpilaste seas siiski erinevusi matemaatikaoskustes. Seega tasuks tulevaste uuringute raames täpsustada, mille tõttu soolised erinevused matemaatika lõpueksami tulemustes järjepidevalt püsivad, täpsemalt, miks poistel tundub olevat raskem lõpueksamil kõrgemaid tulemusi saavutada. Selle täpsustamiseks oleks kasulik arvestada rohkem kõrvalisi mõjutajaid ning suunata fookus oskuste ja motivatsiooni muutumisele ajas. Selle kaudu oleks võimalik ka paremini selgeks teha, mille põhjal ära tunda õpilasi, kellel tulevikus matemaatikaga raskusi võib esineda, et toetada nende oskusi õigel ajahetkel. Kuna matemaatikas põhineb edasine õppematerjal suures osas eelnevalt õpitul (Xu *et al.*, 2023), võib õpilastel olla keeruline ennast matemaatikas efektiivselt arendada, kui neil esineb pikaajaliselt raskusi, sest teadmiste lünki võib liiga palju sisse jääda.

Tänuõnad

Töö on rahastatud Haridus- ja Teadusministeeriumi projektiga TRU19115A ning Eesti teadusagentuuri grandiga PSG741. Lisaks täname Kati Lehtroosi SFORi ülesannete andmete kodeerimise ning kõiki koole ja õpilasi andmete kogumises osalemise eest.

Kasutatud kirjandus

- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224–237. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Banks, J., & Oldfield, Z. (2007). Understanding pensions: Cognitive function, numerical ability and retirement saving. *Fiscal Studies*, 28(2), 143–170. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.2007.00052.x>
- Baroody, J. (1987). The development of counting strategies for single-digit addition. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(2), 141–157. <https://doi.org/10.2307/749248>
- Bjälkebring, P., & Peters, E. (2021). Money matters (especially if you are good at math): Numeracy, verbal intelligence, education, and income in satisfaction judgments. *Plos one*, 16(11), e0259331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259331>
- Bynner, J., & Parsons, S. (1997). Is numeracy a problem? In *Does numeracy matter? Evidence from the National Child Development Study on the impact of poor numeracy on adult life* (pp 10–21). Basic Skills Agency, Commonwealth House, 1–19 New Oxford Street, London WC1A 1NU, England, United Kingdom.

- Campbell, N. K., & Hackett, G. (1986). The effects of mathematics task performance on math self-efficacy and task interest. *Journal of Vocational Behavior*, 28, 149–162. [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(86\)90048-5](https://doi.org/10.1016/0001-8791(86)90048-5)
- Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szücs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math performance and academic anxiety forms, from sociodemographic to cognitive aspects: A meta-analysis on 906,311 participants. *Educational Psychology Review*, 34, 363–399. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09618-5>
- Dancey, C. P., & Reidy, J. (2007). *Statistics without maths for psychology*. Pearson Education.
- Dickhäuser, O., & Meyer, W.-U. (2006). Gender differences in young children's math ability attributions. *Psychology Science*, 48(1), 3–16.
- Ertl, B., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2017). The impact of gender stereotypes on the self-concept of female students in STEM subjects with an under-representation of females. *Frontiers in psychology*, 8, 703. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00703>
- Fisher, P. H., Dobbs-Oates, J., Doctoroff, G. L., & Arnold, D. H. (2012). Early math interest and the development of math skills. *Journal of Educational Psychology*, 104(3), 673. <https://doi.org/10.1037/a0027756>
- Fomina, T., & Morosanova, V. (2017). Self-regulation, math self-efficacy, math interest and mathematics achievement. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 4(6), 33–40.
- Frenzel, A. C., Goetz, T., Pekrun, R., & Watt, H. M. (2010). Development of mathematics interest in adolescence: Influences of gender, family, and school context. *Journal of research on adolescence*, 20(2), 507–537. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7795.2010.00645.x>
- Guo, J., Parker, P. D., Marsh, H. W., & Morin, A. J. S. (2015). Achievement, motivation, and educational choices: A longitudinal study of expectancy and value using a multiplicative perspective. *Developmental Psychology*, 51(8), 1163–1176. <https://doi.org/10.1037/a0039440>
- Halme, H., Trezise, K., Hannula-Sormunen, M. M., & McMullen, J. (2022). Characterizing mathematics anxiety and its relation to performance in routine and adaptive tasks. *Journal of Numerical Cognition*, 8(3), 414–429. <https://doi.org/10.5964/jnc.7675>
- Hannula, M. M., & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction*, 15, 237–256. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.04.005>
- Hannula-Sormunen, M. M., Lehtinen, E., & Räsänen, P. (2015). Preschool children's spontaneous focusing on numerosity, subitizing, and counting skills as predictors of their mathematical performance seven years later at school. *Mathematical Thinking and Learning*, 17, 155–177. <https://doi.org/10.1080/10986065.2015.1016814>

- Haridus- ja Noorteamet (2022). *Põhikooli matemaatika lõpuksami analüüs 2022*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=142574950>, kasutatud 02.09.2024.
- Haridus- ja Noorteamet (2023). *Matemaatika põhikooli lõpuksami aruanne 2023*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=184849319>, kasutatud 02.09.2024.
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1(2), 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2006.09.001>
- Jiang, S., Simpkins, S. D., & Eccles, J. S. (2020). Individuals' math and science motivation and their subsequent STEM choices and achievement in high school and college: A longitudinal study of gender and college generation status differences. *Developmental Psychology*, 56(11), 2137–2151. <https://doi.org/10.1037/dev0001110>
- Jõgi, A.-L., Kikas, E., Lerkkanen, M.-K., & Mägi, K. (2015). Cross-lagged relations between math-related interest, performance goals and skills in groups of children with different general abilities. *Learning and Individual Differences*, 39, 105–113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2015.03.018>
- Kaufmann, L. (2018). Students' reasoning on multiplication in primary school. *European Journal of Psychology of Education*, 33(3), 411–431.
- Kikas, E., Jõgi, A.-L., Palu, A., Mädamürk, K., & Luptova, O. (2016). *Aruanne. Põhikooli matemaatika lõpuksami taustauuringu tulemused*. Matemaatika lõpuksami taustauuringu aruanne, kasutatud 04.09.2024.
- Kikas, E., Mädamürk, K., & Palu, A. (2019). What role do comprehension-oriented learning strategies have in solving math calculation and word problems at the end of middle school? *British Journal of Educational Psychology*, 90, 105–123. <https://doi.org/10.1111/bjep.12308>
- Kikas, E., Peets, K., Palu, A., & Afanasjev, J. (2009). The role of individual and contextual factors in the development of maths skills. *Educational Psychology*, 29(5), 541–560. <https://doi.org/10.1080/01443410903118499>
- Kilp-Kabel, T., & Mädamürk, K. (2024). The developmental trajectories of math skills and its relation to math interest in grades three and five. *European Journal of Psychology of Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10212-024-00807-8>
- Köller, O., Baumert, J., & Schnabel, K. (2001). Does interest matter? The relationship between academic interest and achievement in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(5), 448–470. <https://doi.org/10.2307/749801>
- Lamon, S. J. (2020). *Teaching Fractions and Ratios for Understanding. Essential Content Knowledge and Instructional Strategies for Teachers*. (4. tr.). Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9781003008057>
- Lazarides, R., Gaspard, H., & Dicke, A. L. (2019). Dynamics of classroom motivation: Teacher enthusiasm and the development of math interest and teacher support. *Learning and instruction*, 60, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.012>

- Lechner, C. M., Miyamoto, A., & Knopf, T. (2019). Should students be smart, curious, or both? Fluid intelligence, openness, and interest co-shape the acquisition of reading and math competence. *Intelligence*, 76, 101378. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2019.101378>
- McMullen, J., Chan, J., Mazzocco, M. M. M., & Hannula-Sormunen, M. M. (2019). Spontaneous mathematical focusing tendencies in mathematical development and education. *Constructing Number: Merging Perspectives from Psychology and Mathematics Education*, 69–86. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00491-0_4
- McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., Laakkonen, E., & Lehtinen, E. (2016). Spontaneous focusing on quantitative relations as a predictor of the development of rational number conceptual knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 108(6), 857–868. <https://doi.org/10.1037/edu0000094>
- McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., & Lehtinen, E. (2014). Spontaneous focusing on quantitative relations in the development of children's fraction knowledge. *Cognition and Instruction*, 32(2), 198–218. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887085>
- McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., & Lehtinen, E. (2017a). Spontaneous focusing on quantitative relations as a predictor of rational number and algebra knowledge. *Contemporary Educational Psychology*, 51, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.09.007>
- McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., Lehtinen, E., & Siegler, R. S. (2022). Predicting adaptive expertise with rational number arithmetic. *British Journal of Educational Psychology*, 92, 688–706. <https://doi.org/10.1111/bjep.12471>
- McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., Kainulainen, M., Kiili, K., & Lehtinen, E. (2017b). Moving mathematics out of the classroom: Using mobile technology to enhance spontaneous focusing on quantitative relations. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12601>
- McMullen, J., & Siegler, R. S. (2020). Spontaneous focusing on multiplicative relations and fraction magnitude knowledge. *Mathematical Thinking and Learning*, 22(4), 351–359. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1816284>
- Metzger, S. R., Sonnenschein, S., & Galindo, C. (2019). Elementary-age children's conceptions about mathematics utility and their home-based mathematics engagement. *The Journal of Educational Research*, 112(4), 431–446. <https://doi.org/10.1080/00220671.2018.1547961>
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998–2017). *Mplus user's guide*. (8th ed.). Muthén & Muthén.
- Mädamürk, K., Kikas, E., & Palu, A. (2016). Developmental trajectories of calculation and word problem solving from third to fifth grade. *Learning and Individual Differences*, 49, 151–161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2016.06.007>

- Mädamürk, K., & Kikas, E. (2024). The development of math skills from grades 1 to 12: Novel findings using person-oriented approach. *Developmental Psychology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1037/dev0001813>
- Määttä, S., Hannula-Sormunen, M., Halme, H., & McMullen, J. (2022). Guiding students' attention towards multiplicative relations around them: A classroom intervention. *Journal of Numerical Cognition*, 8(1), 36–52. <https://doi.org/10.5964/jnc.6363>
- Määttä, S., Hannula-Sormunen, M., Kiili, K., Halme, H., Koskinen, A., & McMullen, J. (2024). Promoting 5th Grade Students' Spontaneous Focusing on Quantitative Relations. *The Journal of Experimental Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/00220973.2024.2348795>
- Nurmi, J.-E., & Aunola, K. (1999). *Task-Value Scale for Children (TVS-C)*. Unpublished test material, University of Jyväskylä, Finland.
- OECD (2015). *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*. PISA, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264229945-en>
- OECD (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, PISA, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Petersen, J. L., & Hyde, J. S. (2015). Trajectories of self-perceived math ability, utility value and interest across middle school as predictors of high school math performance. *Educational Psychology*, 37(4), 438–456. <https://doi.org/10.1080/01443410.2015.1076765>
- Siegler, R. S., & Oppenzato, C. O. (2021). Missing input: How imbalanced distributions of textbook problems affect mathematics learning. *Child Development Perspectives*, 15(2), 76–82. <https://doi.org/10.1111/cdep.12402>
- Zhang, D., & Wang, C. (2020). The relationship between mathematics interest and mathematics achievement: Mediating roles of self-efficacy and mathematics anxiety. *International Journal of Educational Research*, 104, 101648. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101648>
- Tammets, K., Ley, T., Eisenschmidt, E., Soodla, P., Sillat, P. J., Kollom, K., Väljataga, T., Loogma, K., & Sirk, M. (2021). *Eriolukorrast tingitud distantsoppe kogemused ja mõju Eesti üldharidussüsteemile, vahearuanne*. Tallinna Ülikool.
- Thompson, E. D., Bowling, B. V., & Markle, R. E. (2018). Predicting student success in a major's introductory biology course via logistic regression analysis of scientific reasoning ability and mathematics scores. *Research in Science Education*, 48, 151–163. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9563-5>
- Thompson, P. W., & Saldanha, L. A. (2003). Fractions and multiplicative reasoning. In *Research companion to the Principles and Standards for School Mathematics*, 95–113. National Council of Teachers of Mathematics.

- Toomela, A., Mädamürk, K., Soodla, P., & Härma, E. (2020). *Arvutipõhised hindamisvahendid lugemis- ja matemaatikapädevuse hindamiseks põhikooli I ja II kooliastmes. Juhendid testide läbiviimiseks ja tulemuste interpreteerimiseks*. <https://projektid.edu.ee/pages/viewpage.action?pageId=88477634>
- Van Dooren, W., De Bock, D., & Verschaffel, L. (2010). From addition to multiplication ... and back: The development of students' additive and multiplicative reasoning skills. *Cognition and Instruction*, 28(3), 360–381.
- Van Hoof, J., Degrande, T., McMullen, J., Hannula-Sormunen, M., Lehtinen, E., Verschaffel, L., & Van Dooren, W. (2016). The relation between learners' spontaneous focusing on quantitative relations and their rational number knowledge. *Studia Psychologica*, 58(2), 156. <https://doi.org/10.21909/sp.2016.02.714>
- Verschaffel, L., Rathé, S., Wijns, N., Degrande, T., van Dooren, W., De Smedt, B., & Torbeyns, J. (2020). Young children's early mathematical competencies: The role of mathematical focusing tendencies. *Mathematics Education in the Early Years*, 23–42. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34776-5_2
- Villavicencio, F. T., & Bernardo, A. B. (2016). Beyond math anxiety: Positive emotions predict mathematics achievement, self-regulation, and self-efficacy. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 25, 415–422. <https://doi.org/10.1007/s40299-015-0251-4>
- Wang, M.-T., Degol, J., & Ye, F. (2015). Math achievement is important, but task values are critical, too: Examining the intellectual and motivational factors leading to gender disparities in STEM careers. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00036>
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2020). 35 years of research on students' subjective task values and motivation: A look back and a look forward. *Advances in Motivation Science*, 7, 161–198. <https://doi.org/10.1016/bs.adms.2019.05.002>
- Xu, C., Di Lonardo Burr, S., & LeFevre, J.-A. (2023). The hierarchical relations among mathematical competencies: From fundamental numeracy to complex mathematical skills. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 77(4), 284–295. <https://doi.org/10.1037/cep0000311>

The relationship between grade nine math national exam results, prior skills, and an interest in math

Triinu Kilp-Kabel^{a1}, Kaja Mädamürk^a, Jüri Kurvits^b, Jake McMullen^c,
Minna Hannula-Sormunen^c, Saku Määttä^c

^a School of Natural Sciences and Health, Tallinn University

^b School of Digital Technologies, Tallinn University

^c Department of Teacher Education, University of Turku

Summary

Good skills in math are essential for success in various aspects of life. Students are expected to achieve a certain level of math competence in school, which in Estonia is assessed by, for example, a national school-leaving exam at the end of grade nine. Students' prior skills in math are positively related to their later skills (Kikas et al., 2009). Thus, students who struggle with math early on may continue to struggle with it. Learning math is often cumulative, i.e. new knowledge is built upon prior knowledge (Baroody, 1987; Xu et al., 2023). Therefore, students can have difficulties later on if they do not comprehend a topic in math.

Additionally, individual differences exist in how students focus on mathematical aspects in their everyday surroundings. Spontaneous mathematical focusing tendencies is a growing area of research which has been established as relevant for learning and instruction (for recent reviews, see McMullen et al., 2019; Verschaffel et al., 2020). More specifically, this study focuses on students' spontaneous focusing on quantitative relations (SFOR, McMullen et al., 2016), i.e. the spontaneous focusing on and describing of quantitative relations between two or more quantities, which has been found to predict math skills (for example, McMullen et al., 2017a; McMullen & Siegler, 2020). SFOR was measured using similar items that have been used in earlier studies (McMullen et al., 2017a; McMullen et al., 2022; Määttä et al., 2024).

In addition to SFOR, another task has been used to assess whether the students can describe the multiplicative relations without the need to spontaneously focus on them (Halme et al., 2022). These tasks can be referred to as the guided use of multiplicative relations, where students are explicitly guided to

¹ School of Natural Sciences and Health, Tallinn University, Narva mnt 5, 101020 Tallinn; triinu.kilp-kabel@tlu.ee.

describe these relations using fill-in-the-blank types of tasks. SFOR tasks measure the spontaneous attentional components, while the guided tasks show the skills required for SFOR when students know they need to focus on quantitative relations. Thus, if students struggle with the guided tasks, they are less likely to spontaneously focus on the quantitative aspects as well.

Aside from different math-related skills, achievement motivation also relates to students' learning behaviours and, thus, also to math achievement (Fisher et al., 2012; Lechner et al., 2019). One aspect of motivation which has long been studied is interest. Interest in math, i.e. the enjoyment a student gains from math-related tasks and activities (Wigfield & Eccles, 2020), has been previously found to predict end-of-year math grades (Fomina & Morosanova, 2017). However, longitudinal studies have highlighted that interest in math may not predict later achievement (for example, Petersen & Hyde, 2015). Therefore, students who enjoy math-related tasks are likely to do well in math assessments. However, the results may not be longitudinal.

The aim of the current study is to find out how students' math competence, assessed using SFOR tasks, the guided use of multiplicative relations, novel word problems showing math competence, and an interest in math in grade six relate to each other. Also, how do these skills and an interest in math in grade six predict grade nine math exam results, and are there gender differences in math skills and/or an interest in math?

Methodology

The subjects in the study were Estonian students ($n = 1062$, 51% male) from 56 schools. The students in the sample completed a computer-based language and math competence assessment in grade six during the 2019/2020 school year (Toomela et al., 2020) as well as a national school-leaving math paper exam at the end of grade nine during the 2022/2023 school year (Haridus- ja Noorteamet, 2023). For the grade six assessment, the participation was voluntary; the students could not skip any tasks, and they could not go back to the tasks they had completed. The SFOR tasks were included in the language assessment to ensure the spontaneous nature of these tasks. After the language assessment, the guided use of multiplicative relations, novel word problems assessing math competence and a questionnaire regarding interest in math were presented to the students as a part of the math assessment.

Measures

SFOR

There were four SFOR items in grade six, and a sum score of SFOR was calculated for all items. These allowed the students to describe quantitative relations but did not explicitly instruct them to do so. The SFOR task included two teleportation items, one meal item and an item regarding cutting bread. A description was given a SFOR point if the student described the quantitative relation, for example, “twice as many”, “one-third of the plate”, etc. If a student described only the quantity, for example, “eight blue balloons”, or described the items with only “more/less than” without referencing the quantity, it was not given a SFOR point. Thus, the answer needed to include both the quantity and the relation. A sum score of all four items was calculated without a set maximum score since students could give more than one SFOR answer for an item.

Guided use of multiplicative relations

The items assessing the guided use of multiplicative relations used the same pictures shown in the SFOR items (Halme et al., 2022). However, with these items, students were explicitly guided to focus on quantitative relations as they were instructed to fill in blanks in a text regarding those pictures, such as: “The amount of salad Miia ate on Saturday was approximately _____ of the whole plate.” A sum score with a maximum of 20 points was calculated for the items.

Interest in math

Students’ interest in math was assessed using a self-report questionnaire based on the expectancy-value theory (Wigfield & Eccles, 2020), which consisted of three statements, such as “I enjoy calculation and math-related tasks” assessed on a Likert-type 5-point scale (1 – Does not apply to me at all, 5 – Completely applies to me).

Math competence

Math competence tasks were word problem tasks about simulated real-life situations, which included additional information. Therefore, students needed to find the necessary information to complete the tasks among unnecessary information. These items included four tasks with a maximum sum score of 8 points, for example, a task regarding finding two appropriate tickets for the amusement park for a fixed sum to spend as much time there as possible.

National math exam

For the students' grade nine math exam results, an overall sum score was used. Descriptive statistics are presented comparing the scores of the students in the present study with the overview presented by the Republic of Estonia's Education and Youth Board. The students needed to complete six out of seven tasks (Cronbach's $\alpha = 0,87$) during the national math exam, which included percentages, functions, and geometry. An overall sum score of the tasks was used, with a maximum score of 50 points.

Results

The results of the study showed that all assessed variables had either small or moderate positive correlations. Additionally, prior math competence, an interest in math, and the guided use of multiplicative relations predicted students' grade nine math exam results. SFOR, however, did not. There were gender differences in math competence, SFOR, the guided use of multiplicative relations, and the math exam results, with girls achieving higher results than boys. Girls have also consistently performed better in the national math exam results at the end of grade nine. There was, however, no gender difference in an interest in math.

Conclusion

In conclusion, the current study highlights some important aspects related to math achievement. First, students' results years before the national exam can already predict their potential of doing well at the national exams. Secondly, some gender differences in math achievement remain, although overall, students' differences in math based on gender have declined (OECD, 2015). Thus, future research should focus on finding the additional variables that relate to the persistence of gender differences as well as the developmental trajectories of both math achievement and math motivation to find the best time and the most effective way to support students.

Keywords: school mathematics, math competence, spontaneous focusing on quantitative relations, interest in math, quantitative analyses