

TARTU ÜLIKOOL  
LOODUS- JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND  
MATEMAATIKA JA STATISTIKA INSTITUUT

Emma Vahelaan  
**Matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise  
seosed PISA testi 2022. aasta Eesti andmetel**

Matemaatiline statistika  
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendajad: MA Anne-Mai Kaljuste, PhD Mart Kals

TARTU 2026

# MATEMAATILISE KIRJAOSKUSE JA LOOVMÕTLEMISE SEOSED PISA TESTI 2022. AASTA EESTI ANDMETEL

Bakalaureusetöö

Emma Vahelaan

## Lühikokkuvõte

Loovus on üks põhilisematest 21. sajandi oskustest, mille arendamine peaks seetõttu üldhariduses olulisel kohal olema. Ometi pööratakse teadlikule loovuse arengu toetamisele endiselt vähe tähelepanu. Rahvusvaheline 15-aastaste õpilaste uuring PISA mõõtis 2022. aastal muu hulgas ka loovmõtlemist, milles selgus, et loovmõtlemine ja matemaatikateadmised on omavahel seotud. Bakalaureusetöö eesmärk on analüüsida PISA testi 2022. aasta andmete põhjal Eesti õpilaste loovmõtlemise ja matemaatika testi tulemuste vahelisi seoseid, et mõista, kuidas loovmõtlemise oskus ja selle kujunemisel olulist rolli mängivad tegurid toetavad õpilaste matemaatiliste oskuste kujunemist ja vastupidi.

Töös kirjeldatakse PISA testi ülesehitust ning tulemuste mõõtmist ja interpreteerimist. Seejärel antakse ülevaade matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise seoste hindamiseks kasutatavatest terminitest ja meetoditest nagu prognoositud väärtus ja Rubini reeglid. Käsitletakse struktuurivõrrandite mudeli põhist lähenemist.

Töö praktilises osas rakendatakse nimetatud meetodeid PISA testi 2022. aasta andmestikul, et hinnata matemaatika testi ja loovmõtlemise testi tulemuste seoseid ning kirjeldada neid seoseid mitmesuguste taustatunnustega, mis käsitlevad õpilase oskuseid ja harjumusi koolis ja kodus.

**CERCS teaduseriala:** P160 Statistika, operatsioonianalüüs, programmeerimine, finants- ja kindlustusmatemaatika.

**Märksõnad:** PISA, matemaatiline kirjaoskus, loovmõtlemine, struktuuri-

võrrandite mudel, Rubini reeglid.

**RELATIONSHIPS BETWEEN MATHEMATICAL LITERACY  
AND CREATIVE THINKING BASED ON ESTONIA'S 2022  
PISA TEST DATA**

Bachelor thesis

Emma Vahelaan

**Abstract**

Creativity is one of the most fundamental 21st-century skills, and its development should therefore play an important role in general education. Nevertheless, conscious support for the development of creativity still receives little attention. In 2022, PISA, the largest international study of 15-year-old students, also measured creative thinking, among other things, revealing that creative thinking and mathematical knowledge are interconnected.

The aim of this bachelor's thesis is to analyse, based on the 2022 PISA test data, the relationships between Estonian students' creative thinking and mathematics test results in order to understand how creative thinking skills and the factors that play an important role in their development support the formation of students' mathematical skills, and vice versa.

The thesis describes the structure of the PISA test, as well as the measurement and interpretation of its results. It then provides an overview of the terms and methods used to assess the relationships between mathematical literacy and creative thinking, such as plausible values and Rubin's rules. A structural equation modelling-based approach is also discussed.

In the practical part of the thesis, the aforementioned methods are applied to the 2022 PISA test dataset in order to assess the relationships between

mathematics test results and creative thinking test results, and to describe these relationships using various background variables related to students' skills and habits at school and at home.

**CERCS research specialisation:** P160 Statistics, operations research, programming, financial and actuarial mathematics.

**Key Words:** PISA, mathematical literacy, creative thinking, structural equation model, Rubin's rules.

# Sisukord

<b>Sissejuhatus</b>	<b>6</b>
<b>1 PISA test</b>	<b>7</b>
1.1 PISA testi tulemuste interpretatsioon . . . . .	7
1.2 Matemaatilise kirjaoskuse mõõtmine . . . . .	8
1.3 Loovmõtlemise oskuse mõõtmine . . . . .	9
<b>2 Seoste hindamise meetodid</b>	<b>11</b>
2.1 Prognoositud väärtus . . . . .	11
2.2 Rubini reeglid . . . . .	12
2.2.1 Parameetri hinnangute ühendamine . . . . .	12
2.2.2 Standardvigade ühendamine . . . . .	13
2.2.3 Olulisuse testimine . . . . .	14
2.2.4 Vabadusastmete arv ja $p$ -väärtus . . . . .	14
2.2.5 Usaldusvahemikud . . . . .	15
2.3 Struktuurivõrrandite mudel . . . . .	16
2.3.1 Struktuurivõrrandite mudeli eeldused . . . . .	18
2.3.2 Struktuurivõrrandite mudeli headuse näitajad . . . . .	18
<b>3 Matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise seoste hindamine PISA testi 2022. aasta andmetel</b>	<b>20</b>
3.1 Ülevaade andmestikust . . . . .	20
3.2 Andmete kirjeldav analüüs . . . . .	21

3.3	Taustatunnuste jagamine faktoritesse . . . . .	24
3.4	Struktuurivõrrandite mudeli koostamine . . . . .	30
3.5	Mudeli eelduste kontroll . . . . .	32
3.6	Rubini reeglite rakendamine . . . . .	34
3.7	Tulemuste tõlgendamine . . . . .	35
	<b>Kokkuvõte</b>	<b>38</b>
	<b>Kasutatud allikad</b>	<b>39</b>
	<b>Lisa 1. Taustatunnuste kirjeldused</b>	<b>42</b>
	<b>Lisa 2. Pearsoni korrelatsioonikordajad taustatunnuste ning ma- temaatika ja loovmõtlemise tulemuste vahel</b>	<b>46</b>
	<b>Lisa 3. Mudelisse sobivad tunnused</b>	<b>51</b>
	<b>Lisa 4. Kinnitav faktoranalüüs</b>	<b>53</b>
	<b>Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga</b>	<b>58</b>
	<b>Lisa 6. Rubini reeglite rakendamine</b>	<b>60</b>
	<b>Lisa 7. Ühendatud mudeli tulemused</b>	<b>63</b>

## Sissejuhatus

Tänapäeva ühiskonnas on loovus üks peamistest oskustest, mis eristab inimesi ja tehisaru ning mida on raske millegi alternatiivsega asendada. Seega peaks loovuse arendamine olema üldhariduses üks olulisematest eesmärkidest, kuid seni on selle teadlik toetamine koolipraktikas jäänud tagasihoidlikuks.

Aastal 2022 mõõtis rahvusvaheline uuring PISA esimest korda lisaks õpilaste akadeemilistele teadmistele ka loovmõtlemist, milles selgus, et enamik riike, kes edestasid statistiliselt oluliselt OECD (Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsioon) keskmist tulemust loovmõtlemises, olid keskmisest kõrgemal ka oma matemaatika tulemusega (Kraav, 2023). Seetõttu võivad loovmõtlemist arendavad tegevused aidata kaasa ka matemaatika paremale mõistmisele.

Töö eesmärk on hinnata matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise vahelisi seoseid ning uurida õpilaste taustatunnuste rolli nende seoste kujunemisel. Tulemused võivad aidata õpetajatel paremini mõista, kuidas lõimida loovust matemaatikaõpetusse ning kuidas Eesti haridussüsteem saaks toetada senisest paremini tulevikupädevuste kujunemist.

Töö esimeses osas kirjeldatakse PISA testi ülesehitust ning tulemuste mõõtmist ja interpreteerimist. Teises osas antakse ülevaade seoste hindamiseks vajaminevatest terminitest ja meetoditest nagu prognoositud väärtus, Rubini reeglid ja struktuurivõrrandite mudel. Kolmandas osas rakendatakse nimetatud meetodeid PISA testi andmestikul ja hinnatakse saadud tulemusi.

Analüüsimiseks on kasutatud statistikatarkvara R versiooni 4.4.1 ning töös kasutatud R-i koodid on loodud osaliselt tehisaru abil. Tehisaru ei kasutatud uute sisuliste väidete, andmete, meetodiliste lahenduste ega teaduslike järelduste genereerimiseks.

# 1 PISA test

Peatükk 1 tugineb 2022. aasta PISA testi Eesti tulemuste raportile, kui ei ole viidatud teisiti (Tire *et al.*, 2023).

PISA (ingl *Programme for International Student Assessment*) on rahvusvaheline haridusuuring, mis vaatab 15-aastaste noorte teadmisi matemaatikas, loodusteadustes ja funktsionaalses lugemises. Uuringut korraldab Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsioon (OECD) eesmärgiga parandada hariduse kvaliteeti OECD riikides ja mujal maailmas.

PISA testid ei lähtu riiklikest õppekavadest, pigem uuritakse noorte teadmisi ja oskuseid eluliste probleemide lahendamiseks. PISA uuring toimub iga kolme aasta järel ning igas uuringus on üks põhivaldkond, milles mõõdetakse õpilase teadmisi suuremas mahus kui ülejäänud kahes valdkonnas.

Seni on toimunud kaheksa PISA uuringut alates aastast 2000, Eesti osaleb 2006. aastast. Aastal 2022 sooritas 6 392 õpilast 196 Eesti koolist PISA testi, mis koosnes matemaatika, funktsionaalse lugemise, loodusteaduste ja loovmõtlemise ülesannetest. Rõhuasetus oli sel aastal matemaatikal. Lisaks akadeemilistele testidele täitsid õpilased ja koolijuhid küsimustikud, mida on kasutatud testitulemuste analüüsimisel ja tõlgendamisel.

## 1.1 PISA testi tulemuste interpretatsioon

PISA uuring kasutab kaheastmelist valikudisaini, kus esimeses astmes valitakse koolid ning teises astmes võetakse valitud koolidest juhuslik valim 15-aastasi õpilasi. Raportis esitatud statistika peegeldab selle valimi põhjal tehtud ligikaudseid hinnanguid üldkogumi kohta. Lisaks tuleb arvestada sellega, et erinevad õpilased lahendavad erinevaid maatriksdisainiga koostatud

ülesannete komplekte.

Testi ülesannete komplektid kattuvad pooles ulatuses tsüklilises rotatsioonis eelmise ja pooles ulatuses järgmise komplektiga ning viimane komplekt kattub pooles ulatuses esimese komplektiga. Sellise testimisdisainiga saadud hinnangud pole sajabrotsendiliselt võrdsed hinnangutega, mis oleks saadud siis, kui kõigi riikide kõik õpilased oleks reaalselt vastanud kõikidele testi küsimustele. Õpilaste tulemuste arvutamiseks kasutatakse kaheparameetrilist logistilist (2PL) kaudselt mõõdetava alustunnuse psühhomeetrilist mudelit, mis võimaldab piisavalt täpselt ennustada, kui tõenäoliselt vastaks õpilane ka nendele küsimustele, mida temalt ei küsitud.

Õpilaste saavutustasemed ja ülesannete raskusastmed on mõõdetavad samal skaalal. Õpilase võimekus on võrdne ülesannete raskusega, mille ta lahendaks ära 50% tõenäosusega. Lihtsamad testiküsimused vastavad madalamale, rohkem teadmisi ja oskusi nõudvaid küsimused kõrgemale saavutustasemele.

Suure õpilaste valimiga PISA testi tulemused lähenevad normaaljaotusele. See tähendab, et enamik õpilastest saavutab keskmisele lähedasi tulemusi. PISA testi tulemuste punktid seostatakse neile vastava asukohaga kõigi õpilaste tulemuste jaotuses. Normaaljaotuse kasutamine võimaldab PISA tulemusi võrrelda erinevate riikide ja piirkondade vahel ning hinnata, mil määral õpilased saavutavad keskmisi tulemusi või kui suured on kõrvalekalded keskmisest.

## **1.2 Matemaatilise kirjaoskuse mõõtmine**

Matemaatiline kirjaoskus on PISA uuringu fookuses varasemalt olnud 2003. ja 2012. aastal, tõstes 2022. aasta õpilaste tulemused matemaatikas keskele kohale kolmandat korda.

Õpilaste saadud punktide arvu hõlpsamaks interpreteerimiseks konstrueeriti PISA 2003 uuringus hindekskaala nii, et keskmine tulemus oleks 500 punkti ning et ligikaudu kaks kolmandikku õpilastest asuksid oma tulemustega 400 ja 600 punkti vahel. Erinevate aastate testide tulemused on omavahel võrreldavad ankurülesannete kaudu, st iga kord on mõned ülesanded täpselt samad kui eelmisel korral.

Testis saadud punktisumma alusel jaotatakse õpilased kuue saavutustaseme vahel. Need esindavad ühtlasi ülesannete raskusastet, kus kõrgeim on 6. ning madalaim 1. tase. PISA uuringu skaala matemaatiliste oskuste baastasemeks loetakse 2. taset. See on minimaalne tase, millest alates saab PISA testide koostajate arvates hakata rääkima elementaarsest matemaatilisest kirjaoskusest. Sellest allpool olevate õpilaste tulemustest räägitakse kui madala matemaatilise pädevusega õpilastest ehk matemaatikas mahajäänutest. Viiendal ja kuuendal saavutustasemel olev õpilane on suhteliselt kõrge matemaatilise pädevusega õpilane. Keskmise pädevusega õpilane asub 2.–4. saavutustasemel. Õpilase võimekus loetakse võrdseks selle ülesande raskusega, mille ta 50% tõenäosusega ära lahendab.

### **1.3 Loovmõtlemise oskuse mõõtmine**

PISA 2022 testi korral oli 15-aastastel õpilastel esmakordselt võimalus lahendada ka loovmõtlemise ülesandeid. Test uuris, kui hästi oskavad õpilased genereerida erinevaid ja loovaid ideid ning kuidas suudavad nad olemasolevaid lahendusi edasi arendada, et saavutada originaalne lõpptulemus.

Ülesannete lahendamise eest võis saada maksimaalselt 60 punkti. Nii nagu PISA uuringu põhivaldkondadeski (matemaatika, lugemine ja loodusteadused), saab olenevalt testis saadud punktisummast paigutada õpilased kuue

saavutustaseme vahel. PISA põhivaldkondade hindamistes peetakse baastasemeks 2. taset, loovmõtlemise hindamises aga 3. taset. Seda tõlgendatakse kui alusoskuste taset, mille saavutamine peaks olema kõigi minimaalne eesmärk. (Kraav, 2023)

Loovmõtlemises näitasid 3. taseme saavutanud õpilased suutlikkust genereerida sobivaid ideid lihtsate kuni mõõdukalt keeruliste eneseväljendus- ja probleemilahendusülesannete jaoks. Sellel tasemel hakkasid nad ka näitama võimet genereerida originaalseid ideid või lahendusi tuttavate ülesannete kontekstis. Erinevalt matemaatikast, ei kasutata loovmõtlemise tulemustes üht fikseeritud rahvusvahelist keskmist, sest tegemist oli esma- ja ainukordse eraldi skaleeritud hindamisega. (Kraav, 2023)

## 2 Seoste hindamise meetodid

PISA testi ülesannete komplekteerimisel kasutatakse peatükis 1.1 kirjeldatud maatriksdisaini, mistõttu ei vasta õpilased täpselt samadele küsimustele täpselt samas järjekorras. Et õpilaste tulemusi omavahel võrrelda, on võetud kasutusele prognoositud väärtused, mille tõlgendamiseks on vaja rakendada Rubini reegleid.

### 2.1 Prognoositud väärtus

Järgnev peatükk põhineb von Davieri, Gonzaleze ja Mislevy' teadusartiklil „What are plausible values and why are they useful“, kui ei ole viidatud teisiti (Davier, Gonzalez ja Mislevy, 2009).

Prognoositud väärtus (ingl *plausible value*, PV, kasutusel ka kui tõepärane väärtus) on statistiline termin, mida kasutatakse eelkõige suurtes haridustestides ja rahvusvahelistes uuringutes (nt PISA) indiviidi oskuste või teadmiste hindamiseks, kui iga osaleja vastab ainult osale kogu testist. PV-d ei ole tavalised individuaalsed skoorid, vaid mitmed võimalikud hinnangud vastaja latentsele (varjatud, peidetud) oskuste tasemele, mis on saadud statistilise jaotusmudeli alusel, võttes arvesse nii testi vastuseid kui ka taustamuutujaid.

Prognoositud väärtuste kasutamise peamine eesmärk on arvestada mõõtmise ebatäpsusega ning tagada nihketa hinnangud rühma tasandil. Kuna ükski vastaja ei lahenda kõiki ülesandeid, ei kajasta ühe testitulemuse kasutamine täielikult teadmiste ja oskuste jaotust. Prognoositud väärtused võimaldavad selle probleemi lahendada, rakendades mitmese imputeerimise põhimõtet: iga PV-de komplekt esindab juhuslikku valimit vastaja latentsete oskuste järel-

jaotustest. See tähendab, et puuduvad väärtused imputeeritakse ja iga PV-de komplekt on juhuslik valim imputeeritud väärtuste hulgast.

Oluline on rõhutada, et prognoositud väärtused ei ole mõeldud üksikisiku hindamiseks ja neid ei tohiks käsitleda kui „päris tulemust“. Analüüsi läbiviimisel arvutatakse mudelite parameetrite hinnangud PV-de komplekti alusel ning tulemused keskmistatakse, et mõõtmise ebatäpsus arvesse võtta. Seega võimaldavad prognoositud väärtused hinnata täpsemalt varjatud tunnuseid ja nende jaotusi suures andmestikus. OECD on andnud konkreetsed juhised PISA testi PV-de käsitlemisel kasutada Rubini reegleid (OECD, [n.d.](#)).

## 2.2 Rubini reeglid

Rubini reeglid on statistiline raamistik, mida kasutatakse parameetri hinnangute ühendamiseks ning ühendatud hinnangute usaldusintervallide ja  $p$ -väärtuste tuletamiseks. Reeglite kirjeldused on kokku pandud Heymans ja Eekhouti e-raamatu „Applied missing data analysis with R“ 9. peatüki „Rubin’s rules“ põhjal, kui ei ole viidatud teisiti (Heymans ja Eekhout, [2019](#)).

### 2.2.1 Parameetri hinnangute ühendamine

Rubini reeglite rakendamise eelduseks on korduvate parameetri hinnangute normaaljaotus. Kui see tingimus pole täidetud, tuleb enne Rubini reeglite kasutamist teha sobivad teisendused.

**Ühendatud parameetri hinnangu**  $\bar{\theta}$  arvutamiseks kasutatakse valemit

$$\bar{\theta} = \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m \theta_i \right),$$

kus  $m$  on imputeeritud andmestike arv ja  $\theta_i$  parameetri hinnang imputeeritud andmestikus  $i$ .

### 2.2.2 Standardvigade ühendamine

Ühendatud standardviga arvutatakse erinevate komponentide põhjal, mis peegeldavad keskmiste erinevuse valimisest (ingl *within variation*) ja valimitevahelist varieeruvust (ingl *between variation*) mitmekordselt imputeeritud andmestikes.

**Imputatsioonisisene varieeruvus** näitab valimisest varieeruvust ehk parameetri täpsust iga täieliku andmestiku puhul. Väikestes valimites on see väärtus tavaliselt suur, suurtes valimites väike. Sisemist dispersiooni  $V_W$  arvutatakse valemiga

$$V_W = \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m SE_i^2 \right),$$

kus  $m$  on imputeeritud andmestike arv ning  $SE_i^2$  tähistab standardvea ruutu imputeeritud andmestikus  $i$ .

**Imputatsioonidevaheline varieeruvus** näitab lisadispersiooni, mis tekib puuduvate andmete tõttu. Seda hinnatakse parameetri väärtuse dispersiooni kaudu üle kõigi imputeeritud andmestike. See väärtus on suur, kui puuduvaid andmeid on palju, ja väike, kui puuduvaid andmeid on vähe. Valimitevahelist dispersiooni  $V_B$  arvutatakse valemiga

$$V_B = \frac{\sum_{i=1}^m (\theta_i - \bar{\theta})^2}{m - 1},$$

kus  $m$  on imputeeritud andmestike arv,  $\bar{\theta}$  ühendatud parameetri hinnang ja  $\theta_i$  parameetri hinnang andmestikus  $i$ .

Lõpuks leitakse **kogu valimi dispersioon**  $V_T$ :

$$V_T = V_W + V_B + \frac{V_B}{m},$$

mille kaudu saab avaldada **ühendatud standardvea**  $SE_{ühendatud}$  :

$$SE_{ühendatud} = \sqrt{V_T}.$$

### 2.2.3 Olulisuse testimine

Ühendatud parameetri olulisuse testimiseks kasutatakse valemit

$$Wald_{ühendatud} = \frac{(\bar{\theta} - \theta_0)^2}{V_T}. \quad (1)$$

See on ühemõõtmeline Waldi test, kus  $\bar{\theta}$  on ühendatud parameetri hinnang,  $V_T$  kogu valimi dispersioon ning  $\theta_0$  parameetri väärtus nullhüpoteesi kehtides (enamasti 0).

Ühemõõtmeline ühendatud Waldi teststatistiku jaotus järgib  $t$ -jaotust, mida kasutatakse  $p$ -väärtuse arvutamiseks. Teststatistiku  $t_{df;1-\alpha/2}$  väärtus sõltub vabadusastmete  $df$  arvust ja olulisuse nivoo  $\alpha$  väärtusest.

Kuna sama vabadusastmete arvu korral on  $t^2$  võrdne  $F$ -jaotuse teststatistikuga  $F_{1;df} = t_{df;1-\alpha/2}^2$ , võib olulisuse testimiseks kasutada ka  $F$ -jaotust.

### 2.2.4 Vabadusastmete arv ja $p$ -väärtus

Ühendatud  $t$ -testi vabadusastmete ja  $p$ -väärtuse arvutamiseks on mitu meetodit. Van Buureni meetod annab sageli ühendatud tulemuse vabadusastmetele suurema väärtuse kui iga üksiku imputeeritud andmestiku puhul. Selline erinevus mõjutab  $p$ -väärtust ja seeläbi testitulemuse tõlgendust.

Van Buureni meetodi järgi leitakse vabadusastmete arv kui

$$df_{vana} = \frac{m-1}{\lambda^2} = (m-1) \cdot \left(1 + \frac{1}{r}\right)^2, \quad (2)$$

kus  $m$  on imputeeritud andmestike arv,  $r$  tähistab suhtelist dispersiooni kasvu puuduvate andmete tõttu, st

$$r = \frac{V_B + \frac{V_B}{m}}{V_W},$$

ning  $\lambda$  näitab puuduolevate andmete osakaalu kogu valimi dispersioonist

$$\lambda = \frac{V_B + \frac{V_B}{m}}{V_T}.$$

Kuna aga valemit 2 kasutades saadakse ühendatud tulemuse vabadusastmete arvuks suurem väärtus kui iga imputeeritud andmestiku korral eraldi, arendasid J. Barnard ja D. B. Rubin seda valemit edasi:

$$df_{uus} = \frac{df_{vana} \cdot df_{vaadeldud}}{df_{vana} + df_{vaadeldud}},$$

kus

$$df_{vaadeldud} = \frac{(n-k)+1}{(n-k)+3} \cdot (n-k) \cdot (1-\lambda),$$

milles  $n$  on imputeeritud andmestiku valimi suurus ja  $k$  tähistab parameetrite arvu, mida mudelis hinnatakse.

### 2.2.5 Usaldusvahemikud

Üldiselt kasutatakse 95% usaldusvahemiku arvutamiseks valemit

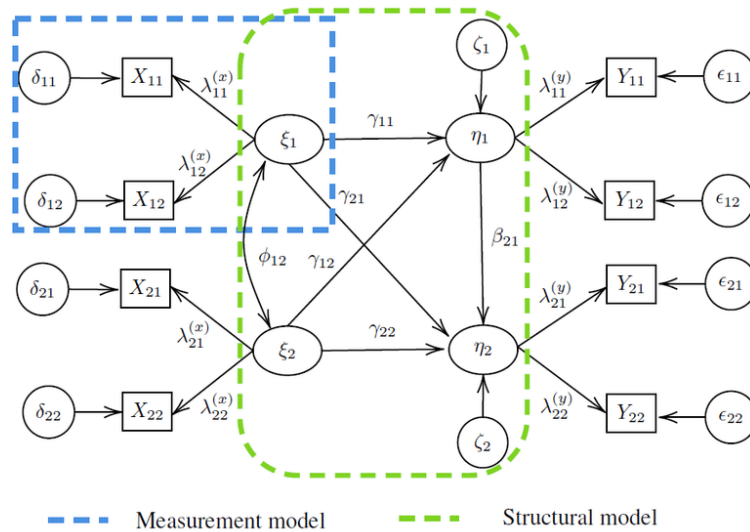
$$\bar{\theta} \pm t_{df;1-\alpha/2} \cdot SE_{\text{ühendatud}}, \quad (3)$$

kus  $\bar{\theta}$  on ühendatud parameeter,  $t$  on  $t$ -jaotuse teststatistik vabadusastmete arvuga  $df$  olulisuse nivool  $\alpha$  ning  $SE_{\text{ühendatud}}$  on ühendatud standardviga.

## 2.3 Struktuurivõrrandite mudel

Allolev peatükk põhineb Iaousse *et al.* (2020) teadusartiklil „A modified algorithm for the computation of the covariance matrix implied by a structural recursive model with latent variables using the finite iterative method“, kui ei ole viidatud teisiti.

Struktuurivõrrandite modelleerimine on statistiline meetod, millega kirjeldatakse seoseid mõõdetavate tunnuste ja neid mõjutavate varjatud tunnuste vahel, ühendades endas faktoranalüüsi ja mitmese regressioonanalüüsi põhimõtted.



Joonis 1: Struktuurivõrrandite mudeli näide (Iaousse *et al.*, 2020)

Struktuurivõrrandite mudelis (SVM) määravad mõõdetavad tunnused koos mingi **latentse muutuja**, mida otse mõõta ei saa. Näiteks sissetulek, haridus ja töökoht määravad inimese sotsiaalmajandusliku staatuse.

SVM-is eristatakse kahte tüüpi muutujaid: **endogeensed muutujad**, mida mõjutab vähemalt üks mudeli muutuja (joonisel 1  $X_{11}, \dots, X_{22}, Y_{11}, \dots, Y_{22}, \eta_1, \eta_2$ ), ja **eksogeensed muutujad**, millele ükski teine mudeli muutuja mõju ei avalda, kuid mis mõjutavad ise endogeenseid muutujaid (joonisel  $\xi_1, \xi_2$ ). Struktuurivõrrandite mudelis võib latentne muutuja olla endogeenne (joonisel  $\eta_1, \eta_2$ ) või eksogeenne (joonisel  $\xi_1, \xi_2$ ).

SVM põhineb kahel alusmudelil: mõõtmismudelil ja struktuurimudelil. Mõõtmismudel (märgitud sinise joonega joonisel 1) kirjeldab vaadeldavate muutujate ja latentsete tunnuste vahelisi seoseid ehk kuidas mittemõõdetavad (abstraktsed) tunnused on mõõdetavate tunnuste kaudu esitatavad. Mõõtmismudeli defineerivad võrrandid:

$$\begin{aligned}x &= \Lambda_x \xi + \delta, \\y &= \Lambda_y \eta + \epsilon,\end{aligned}$$

kus  $x$  on eksogeensete ja  $y$  endogeensete latentsete muutujate mõõdetavad indikaatorid,  $\Lambda_x, \Lambda_y$  faktorlaadungite maatriksid,  $\xi$  eksogeensed ja  $\eta$  endogeensed latentsete muutujad ning  $\delta, \epsilon$  mõõtevead.

Struktuurimudel (märgitud roheline joonega joonisel 1) seevastu kirjeldab latentsete tunnuste omavahelisi seoseid. Struktuurimudeli võrrandi saab kirja panna kui

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta,$$

kus  $\eta$  on endogeensed latentsete muutujad,  $\xi$  eksogeensed latentsete muutujad,  $B$  endogeensete latentsete muutujate omavaheliste regressioonikordajate maatriks,  $\Gamma$  eksogeensete latentsete muutujate mõju endogeensetele latentsetele muutujatele ning  $\zeta$  struktuurimudeli viga.

### 2.3.1 Struktuurivõrrandite mudeli eeldused

Struktuurivõrrandite mudeli eeldusteks on mudeli teoreetiline põhjendus, vaatluste sõltumatus ning kasutatud hindamismeetodile vastavad jaotuse eeldused. Klassikalise ML-hindamismeetodi (suurima tõepära meetodi) korral eeldatakse pidevate vaadeldavate tunnuste mitmemõõtmelist normaaljaotust. Kui pidevate tunnuste normaaljaotuse eeldus pole täidetud, võib kasutada MLR-hindamismeetodit (robustset suurima tõepära meetodit), mis kasutab robustseid standardvigu ja skaleeritud teststatistikut. Järjestustunnuste või kategooriliste indikaatorite korral on sobivaim kasutada WLSMV-hindamismeetodit (robustset kaalutud vähimruutude meetodit). (Li, 2016)

Lisaks ei tohiks suured erindid mõjutada ebaproportsionaalselt tulemusi ning mõõtmisvead ja jääkliikmed eeldatakse sõltumatuks juhul, kui nendevahelisi seoseid ei ole mudelis eraldi määratud. Tavapärasel lineaarses SVM-is eeldatakse, et mudelis kirjeldatud seosed on lineaarsed. Põhjuslike seoste tõlgendamise eeldab lisaks, et olulised segavad tegurid ei ole mudelist välja jäetud. (Bollen ja Pearl, 2013)

Samuti peab mudel olema identifitseeritud, mis tähendab, et vaadeldud kovariatsioonimaatriksi sõltumatute elementide arv on vähemalt sama suur kui mudelis hinnatavate vabade parameetrite arv. SVM sobib kasutamiseks suure valimi korral, kuid täpne valimi suurus sõltub mudeli keerukusest, andmete jaotusest ning valitud hindamismeetodist. (Kenny, 2011)

### 2.3.2 Struktuurivõrrandite mudeli headuse näitajad

Struktuurivõrrandite mudeli headuse hindamiseks pole olemas üheselt kindlaksmääratud parameetrite väärtuseid. Sõltuvalt eesmärgist saab sobivuse hindamisel vaadata erinevaid indekseid ning vastavalt vajadusele piirvää-

tused ise paika panna. Siiski on kokku lepitud ligikaudsed väärtused, mida soovitatakse mudeli sobivuse hindamisel jälgida. Minimaalselt võiksid olla täidetud hii-ruut, RMSEA, CFI ja SRMR tingimused. Allolevas tabelis on toodud näited SVM-i headuse parameetritest ja nende soovituslikest väärtustest. (Easystats, [n.d.](#))

Tabel 1: Struktuurivõrrandite mudeli headuse näitajad

Näitaja	Selgitus	Soovituslik väärtus
Hii-ruut ( $\chi^2$ )	Mõõdab mudeli üldist sobivust, võrreldes valimi ja mudeli kovariatsioonimaatriksit; tundlik valimi suuruse suhtes.	$p > 0,05$
NFI / NNFI / TLI	Mõõdavad sobivuse parnemist, võrreldes nullmudeliga; NNFI/TLI sobivad väikeste valimite puhul paremini.	$> 0,90$ (hea), $> 0,95$ (väga hea)
CFI	Parandatud NFI, väiksema tundlikkusega valimi suuruse suhtes,	$> 0,90$ (hea), $> 0,96$ (väga hea)
RMSEA	Lähenduse ruutkeskmise viga; mida lähemal nullile, seda parem.	$< 0,08$ (hea), $< 0,05$ (väga hea)
RMR / SRMR	Mõõdavad jääkide erinevust valimi ja mudeli eeldatud kovariatsioonimaatriksi vahel.	$< 0,08$

### 3 Matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise seoste hindamine PISA testi 2022. aasta andmetel

Selles peatükis rakendatakse eelnevalt kirjeldatud seoste uurimise meetodeid PISA testi 2022. aasta andmestikul. Analüüsi eesmärk on leida matemaatika ja loovmõtlemise seoste kirjeldamiseks võimalikult sobiv struktuurivõrrandite mudel, et hinnata taustatunnustest moodustatud latentsete faktorite mõju PISA testi tulemustele. Seetõttu lähtutakse edasises andmetöötluses tingimustest, mis võimaldavad hiljem vastava mudeli koostamist.

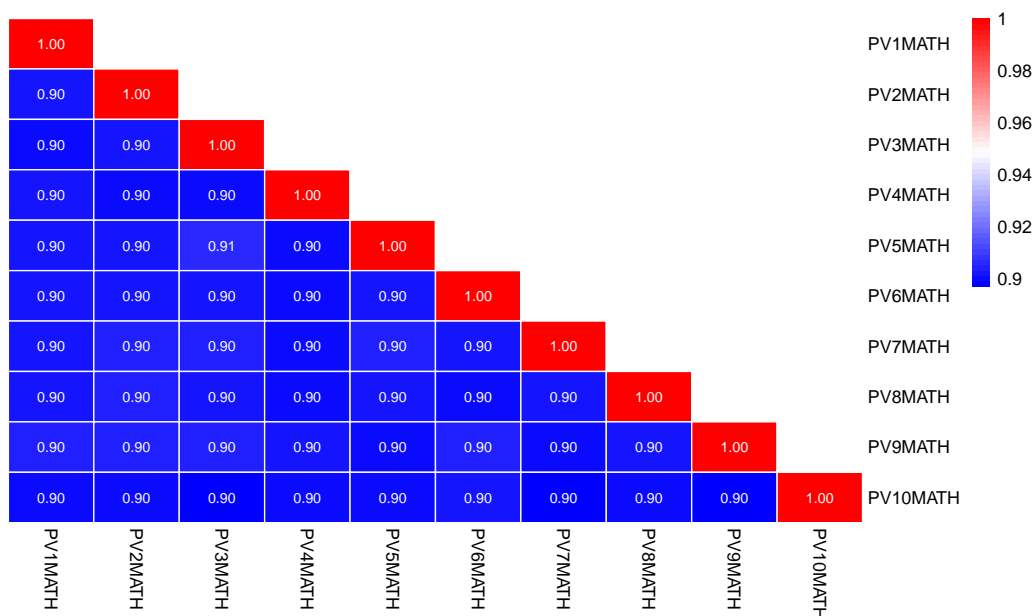
#### 3.1 Ülevaade andmestikust

Töö praktilises osas kasutatakse OECD PISA testi 2022. aasta andmestikku (OECD, 2022), milles osales ligikaudu 690 000 õpilast 81 riigist ja majanduspiirkonnast ning mis esindab 29 miljonit õpilast üle kogu maailma (OECD, 2023). Uurimuses keskendutakse asukohapõhiselt Eestile, seega rakendatakse kogu andmestikust 6 392 Eesti õpilase andmeid 196-st Eesti koolist.

Uurimuses kasutatakse Eesti õpilaste matemaatika ja loovmõtlemise testi tulemusi. PISA testis on igal õpilasel 10 matemaatika ja 10 loovmõtlemise testi tulemuse prognoositud väärtust, kõik need tunnused on normaaljaotusega. Lisaks kasutatakse taustatunnuseid, mis on arvutatud küsimustike vastuste põhjal, millele vastavad nii õpilased kui ka koolijuhid. Taustatunnuste hulgas on näiteks sellised tunnused, mis näitavad kooli suurust ja õpetajate haridustaset, kuid ka sellised, mis kirjeldavad õpilase vaba aja veetmist ja koduseid tingimusi (Lisa 1. Taustatunnuste kirjeldused).

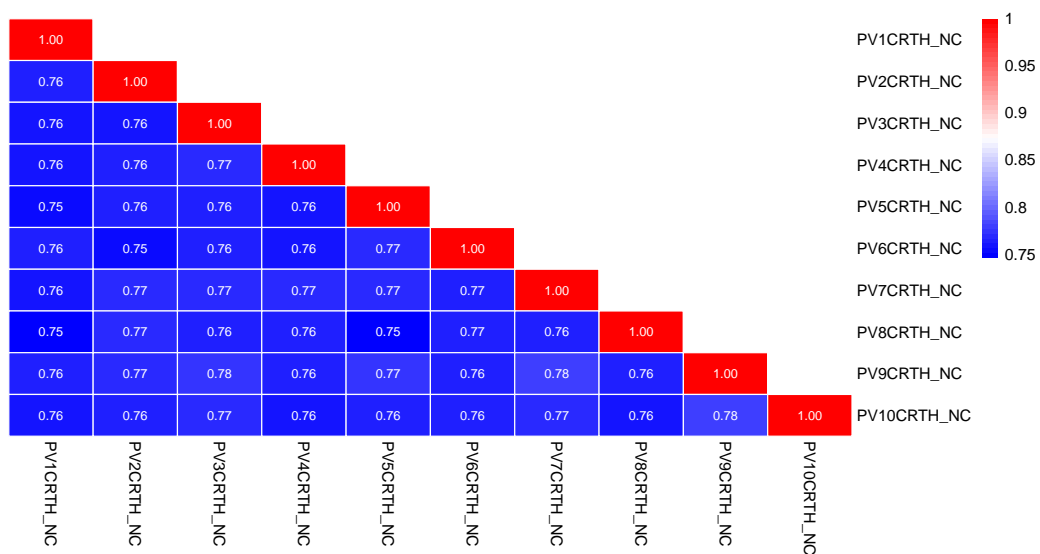
### 3.2 Andmete kirjeldav analüüs

Kirjeldava analüüsi lihtsustamiseks kasutatakse mõlema testi skoori puhul esimest prognoositud väärtust (matemaatika tulemuse jaoks PV1MATH ja loovmõtlemise tulemuse jaoks PV1\_CRTH\_NC). Selle kasutamine on õigustatud, sest PV-d on omavahel tugevalt korreleeritud (joonised 2, 3) ning kirjeldava analüüsi peamine eesmärk on tuvastada üldiseid trende ja seoseid, mitte teha lõplikke järeldusi.

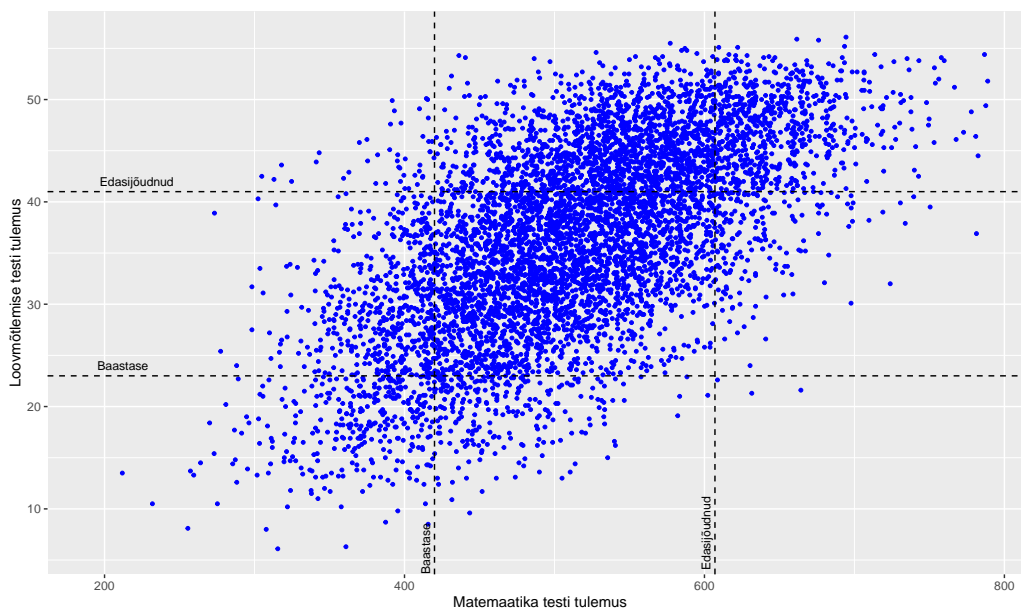


Joonis 2: Matemaatilise kirjaoskuse testi tulemuse prognoositud väärtuste korrelatsioonimaatriks

Esmalt kinnitatakse, et matemaatika ja loovmõtlemise testi tulemus on tõepoolest lineaarselt seotud. Selleks arvutatakse Pearsoni korrelatsioonikordaja  $r = 0,63$  ning luuakse hajuvusdiagramm (joonis 4). Nende põhjal saab öelda, et kõrgem matemaatika testi tulemus on üldjuhul seotud kõrgema loovmõtlemise testi tulemusega ning vastupidi.



Joonis 3: Loovmõtlemise testi tulemuse prognoositud väärtuste korrelatsioonimaatriks



Joonis 4: Matemaatika ja loovmõtlemise testi tulemuste hajuvusdiagramm

Kuna tavapärasel lineaarsel SVM-is modelleeritakse tunnustevahelisi seoseid lineaarsete võrranditena, kontrollitakse enne mudeli hindamist, kas mudelisse

kaasatavate taustatunnuste ja testi tulemuste vahelised seosed on ligikaudu lineaarsed.

Eemaldatakse nominaalsed tunnused, millel on rohkem kui kaks võimalikku väärtust ning puudub loogiline järjestus. Selliste tunnustega lineaarset seost kontrollida ei saa. Leitakse mõlema testi esimese prognoositud väärtuse ja alles jäänud taustatunnuste väärtuste vahel Pearsoni korrelatsioonikordajad usaldusvahemike ning  $p$ -väärtustega ([Lisa 2. Pearsoni korrelatsioonikordajad taustatunnuste ning matemaatika ja loovmõtlemise tulemuste vahel](#)).

Korrelatsioonikordajate põhjal on näha, et mõlema testi skooriga on tugevamalt seotud tunnused õpilaste vastatud küsimustikust. Need tunnused täidavad tugevamalt ligikaudse lineaarsuse eeldust ning annavad potentsiaalselt paremaid tulemusi. Sellest lähtudes keskendutakse analüüsis õpilastega seotud tunnustele ning koolijuhtide küsimustikku edaspidi ei käsitleta.

Lisaks on üldiselt näha tugevamat korrelatsiooni taustatunnuste ja matemaatika kui taustatunnuste ja loovmõtlemise vahel. Kuigi enamik seoseid on  $p$ -väärtuste põhjal statistiliselt olulised, on korrelatsioonid siiski valdavalt nõrgad. Seetõttu eemaldatakse edasisest analüüsist tunnused, mille Pearsoni korrelatsioonikordaja jääb mõlema testi skoori puhul alla 0,1.

Kuna väikese hajuvusega tunnused ei anna mudelile olulist lisainfot ning võivad põhjustada probleeme mudeli parameetrite hindamisel, eemaldatakse tunnused, mille väärtused kattuvad rohkem kui 90% juhtudest.

Samuti eemaldatakse tunnused, mille väärtustest on puudu enam kui 20%, sest suure puuduvuse määraga tunnuste kaasamine eeldaks ulatuslikku tugevate eeldustega väärtuste asendamist või vaatluste arvu olulist vähenemist. Ülejäänud tunnused jäetakse alles ([Lisa 3. Mudelisse sobivad tunnused](#)).

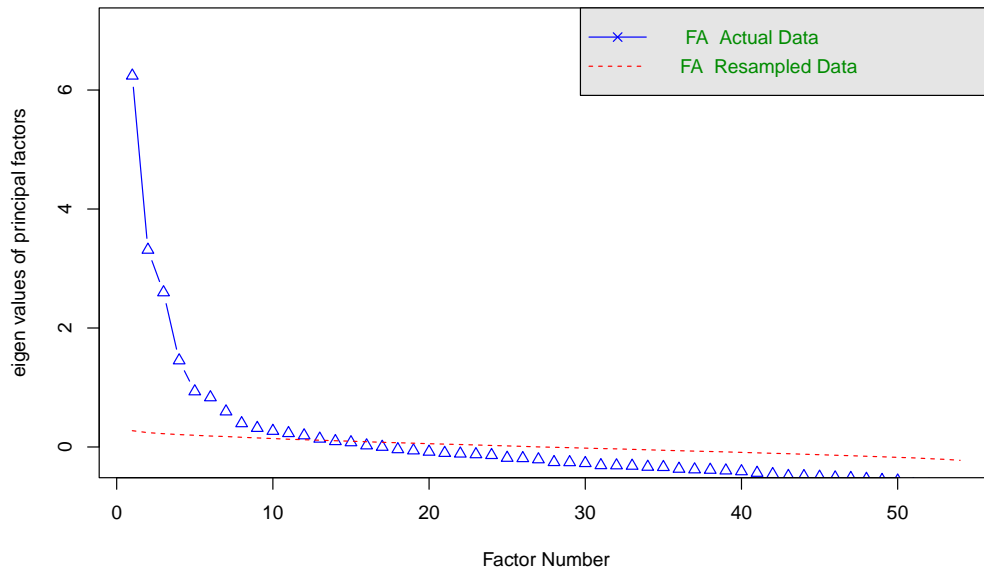
### 3.3 Taustatunnuste jagamine faktoritesse

Taustatunnused rühmitatakse faktoranalüüsi alusel. Selleks viiakse kõik tunnused samale skaalale. Faktoranalüüsi kasutamise mõistlikkuse hindamiseks viiakse läbi Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test, mis mõõdab valimi adekvaatsust nii üksiku tunnuse kui ka kogu mudeli puhul. KMO test hindab, kuivõrd tunnustevahelised korrelatsioonid on seletatavad ühiste latentsete faktoritega. Test tagastab väärtuse vahemikus 0 kuni 1 ning üldiselt loetakse valimit adekvaatseks, kui see väärtus on vähemalt 0,8. (Watkins, 2018)

Läbiviidud KMO test annab keskpärase tulemuse 0,77. Lisaks tagastab test adekvaatsuse näitaja iga üksiktunnuse korral. Kuna alla väärtuse 0,5 loetakse andmete kasutamist faktoranalüüsis vastuvõetamatuks, eemaldatakse tunnused HISEI, HOMEPOS ja ICTAVHOM, mille adekvaatsuse näitajad on alla selle väärtuse. Uuesti koostatud test annab seekord väärtuse 0,85 ning kõigi üksikute tunnuste näitajad on üle 0,5.

Edasi hinnatakse omaväärtuste graafiku abil, mitme faktori vahel tunnused jaotada. Joonise 5  $x$ -teljel on kujutatud faktorite arvu ja  $y$ -teljel faktorite omaväärtuseid. Sinise joonega on märgitud algandmete põhjal saadud faktorite omaväärtused, kus iga kolmnurk tähistab ühte lisandunud faktorit. Punase punktiirjoonega on tähistatud taasvaliku teel saadud andmete (ingl *resampled data*) omaväärtused.

Alles tuleks jätta need faktorid, mille algandmete omaväärtus on suurem taasvaliku teel saadud andmete omaväärtusest. Kui algandmete omaväärtus langeb alla selle, ei erista vastav faktor enam tegelikku struktuuri juhuslikust müra. (Ledesma ja Valero-Mora, 2007)



Joonis 5: Faktorite omaväärtuste graafik

Joonisel 5 on näha, et andmestikus võib eristada ligikaudu 14 faktorit, sest pärast seda langeb sinine joon alla punase. Samas langevad esimeste faktorite järel omaväärtused järsult.

Hinnatakse faktoranalüüs erineva arvu faktoritega kuni 14 faktorini. Väikese faktorite arvu korral on nende sisuline tõlgendamine keeruline ning mudel kirjeldab kogu hajuvusest suhteliselt väikese osa. Suurema faktorite arvu korral suureneb mudeli kirjeldusvõime, kuid üksikud faktorid muutuvad raskemini eristatavaks.

Parimaks kompromissiks faktorite eristatavuse ja mudeli kirjeldusvõime vahel valitakse 11-faktoriline jaotus, mille faktorilaadungid on tabelis 2. Esitatud on üksnes need tunnused, mille faktorilaadungi absoluutväärtus on vähemalt 0,3, et tagada tugeva seletusvõimega faktorid.

Kuna faktoris F4 on tunnused CREATSCH ja ICTQUAL, mis kumbki ülejäänud kahe tunnusega sisulist latentset faktorit ei moodusta, eemaldatak-

Tabel 2: Faktoranalüüsi tulemusel saadud tunnuste faktorlaadungid

Tunnus	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
HISCED	1,03										
MISCED	0,86										
PAREDINT	0,86										
FISCED	0,61										
BELONG									0,53		
COOPAGR									0,40		
ASSERAGR									0,36		
EMPATAGR									0,35		
FEELSAFE									0,31		
SKIPPING											0,38
TARDYSD											0,36
PERSEVAGR											-0,31
ESCS						0,90					
BMMJ1						0,81					
CREATSCH				0,65							
TEACHSUP				0,56							
RELATST				0,56							
ICTQUAL				0,44							
ICTWKEND					0,93						
ICTWKDY					0,83						
CREATOP		0,75									
OPENART		0,66									
IMAGINE		0,62									
CREATEFF		0,59									
CURIOAGR		0,47									
CREATOOS										0,84	
CREATAS										0,58	
MATHEFF			0,77								
MATHEF21			0,67								
ANXMAT			-0,54								
FAMCON			0,43								
MATHEASE			0,33								
MATHPREF			0,33								
STRESAGR							0,78				
EMOCOAGR							0,68				
STUDYHMW								0,65			
WORKHOME								0,59			
EXERPRAC								0,41			

se need kaks tunnust. Kui sellise faktorite jaotusega struktuurivõrrandite mudelit R-is hinnata, ilmneb mudeli sobitamisel hoiatus, et mõne tunnuse jääkhajuvus hinnatakse negatiivseks. Selle põhjuseks võib olla mudeli liigne keerukus: suur faktorite arv või liiga vähe tunnuseid faktoris. Negatiivse jääkhajuvusega tunnuste eemaldamise järel (tunnuste jaotus tabelis 3) hinnatakse mudel uuesti. Kuna mudel sisaldab järjestustunnuseid, kasutatakse WLSMV-hindamise meetodit ja lähtutakse skaleeritud sobivusindeksitest.

Tabel 3: Esialgne faktorite jaotus

<b>Faktor</b>	<b>Tunnused</b>	<b>Kirjeldus</b>
PAR_ED	MISCED, FISCED, PAREDINT	Vanemate hariduslik taust
SCH_CLM	BELONG, COOPAGR, ASSERAGR, EMPATAGR, FEELSAFE	Toetav koolikliima
SKIP	SKIPPING, TARDYSD	Ebaregulaarne kooliskäimine
TEACH	TEACHSUP, RELATST	Õpetaja toetus
ICT	ICTWKEND, ICTWKDY	Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutussagedus
CREAT_SELF	CREATOP, OPENART, IMAGINE, CREATEFF, CURIOAGR	Loovus ja uudishimu
CREAT_ACT	CREATAS, CREATOOS	Loovate tegevuste harrastamine
MATH	MATHEFF, MATHEF21, ANXMAT, FAMCON, MATHEASE, MATHPREF	Enesetõhusus matemaatikas
STRES_EMO	STRESAGR, EMOCOAGR	Stressitaluvus
WORK	STUDYHMW, WORKHOME, EXERPRAC	Õppimisharjumus

Hinnatud mudeli sobivusindeksid (tabel 4) viitavad sellele, et tehtud jaotus

loob eeldused hea mudeli koostamiseks, kuid vajab täiendavaid parandusi, et kõik näitajad vastaksid soovituslikele piirväärtustele (tabel 1).

Tabel 4: Esialse jaotuse kinnitava faktoranalüüsi headuse näitajad

Näitaja	Väärtus
CFI (skaleeritud)	0,770
TLI (skaleeritud)	0,728
RMSEA (skaleeritud)	0,072
SRMR	0,063
Hii-ruut (skaleeritud)	10074,218
$df$	419,000
$p$ -väärtus (skaleeritud)	< 0,001

Hinnatud mudeli faktoranalüüsi tulemustest (Lisa 4. Kinnitav faktoranalüüs, tabel 6) selgub, et kuigi kõik faktorites olevad tunnused on statistiliselt olulised ( $p < 0,05$ ), on mitmete tunnuste faktorlaadungid siiski pigem väikesed. Eemaldatakse tunnused, mille faktorlaadungi absoluutväärtus on alla 0,5, sest madala faktorlaadungiga tunnus ei kirjelda piisavalt hästi vastavat latentset faktorit. Lisaks eemaldatakse tunnused, mille jääkdispersioon on suurem kui 0,75, et parandada faktorite seletusvõimet. Et faktorid oleksid piisavalt hästi eristatavad, eemaldatakse ka sellised faktorid, mille korrelatsioon mõne teise faktoriga on suurem kui 0,5.

Tulemuseks saadakse jaotus tabelis 5. Sellise jaotuse tulemusena (Lisa 4. Kinnitav faktoranalüüs, tabel 7) on kõigi tunnuste faktorlaadungid üle 0,5, mis näitab tunnuste tugevat seost latentse faktoriga. Ainsaks negatiivse faktorlaadungiga tunnuseks on ANXMAT, mida tuleb hiljem tulemuste tõlgendamisel arvesse võtta. Kõigi tunnuste jääkdispersioonid on alla 0,75, st faktor kirjeldab iga temas sisalduva tunnuse hajuvusest vähemalt 25%. Faktorid on hästi eristatavad, sest nende omavahelised korrelatsioonid on madalad.

Tabel 5: Lõplik faktorite jaotus

<b>Faktor</b>	<b>Tunnused</b>	<b>Kirjeldus</b>
PAR_ED	MISCED, FISCED, PAREDINT	Vanemate hariduslik taust
ICT	ICTWKEND, ICTWKDY	Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutussagedus
CREAT_SELF	CREATOP, CREATEFF, CURIOAGR	Enesetõhusus loovuses ja uudishimu
CREAT_ACT	CREATAS, CREATOOS	Loovate tegevuste harrastamine
MATH	MATHEFF, MATHEF21, ANXMAT	Enesetõhusus matemaatikas

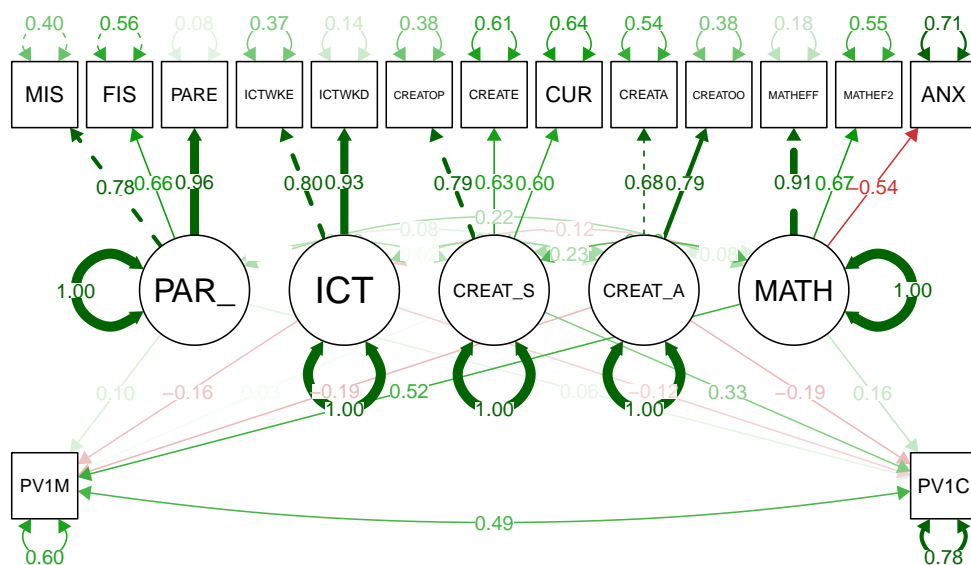
Lõpliku jaotuse faktoranalüüsi sobivusindeksid (tabel 6) CFI, TLI, RMSEA ja SRMR mahuvad soovituslikesse piiridesse ja kinnitavad mudeli headust. Ideaalis peaks olema hii-ruut  $p$ -väärtus suurem kui 0,05, kuid suure valimi korral muutub see tihti statistiliselt oluliseks ja võib näidata halba sobivust ka tegelikult headele mudelitele. Seetõttu keskendutakse edasises analüüsis muudele näitajatele.

Tabel 6: Lõpliku jaotuse kinnitava faktoranalüüsi headuse näitajad

<b>Näitaja</b>	<b>Väärtus</b>
CFI (skaleeritud)	0,950
TLI (skaleeritud)	0,928
RMSEA (skaleeritud)	0,058
SRMR	0,032
Hii-ruut (skaleeritud)	901,353
$df$	55,000
$p$ -väärtus (skaleeritud)	< 0,001

### 3.4 Struktuurivõrrandite mudeli koostamine

Lisaks moodustatud faktoritele kaasatakse mudelisse matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise testi tulemuste 1. prognoositud väärtused ning saadakse mudel joonisel 6.



Joonis 6: Struktuurivõrrandite mudel 1. prognoositud väärtuste paariga

See mudel koosneb kahest osast. Ülemine osa kirjeldab mõõtemudelit, kus on esitatud latentsete faktorite ja taustatunnuste vahelised seosed. Faktoritest vaadeldud tunnustesse viivad nooled kujutavad faktorilaadungite tugevust. Nool tunnuse endaga tähistab selle tunnuse jääkdispersiooni.

Alumine osa moodustab struktuurimudeli, kus on esitatud latentsete faktorite omavahelised korrelatsioonid ja regressiooniseosed matemaatika ja loovmõtlemise tulemustega. Faktoritest testi tulemustesse suunduvad nooled kujutavad regressiooni tugevust. Nool matemaatika ja loovmõtlemise tulemuse vahel kirjeldab nende omavahelist jääkkovariatsiooni, mis näitab, et pärast mudelis sisalduvate seletavate tegurite mõju arvestamist jäävad nende ka-

he tulemuse seletamata komponendid siiski positiivselt seotuks. Täpsemad tulemused on tabelis 8 (Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga).

Matemaatika ja loovmõtlemise tulemuste lisamisel langevad sobivusindeksite CFI ja TLI väärtused (tabel 7). See on ootuspärane, sest testi skooride lisamisel laieneb mudel keerukamaks struktuurimudeliks ning peab seletama suuremat hulka seoseid. Piiripealne TLI võib viidata väheste tunnuste juures mudeli liigsele keerukusele: mitmed faktorid koosnevad vaid kahest tunnusest. See näitab pigem piiripealset mudeli keerukuse ja seletusvõime tasakaalu kui sobimatust.

Tabel 7: Struktuurivõrrandite mudeli headuse näitajad 1. prognoositud väärtuste paariga

Näitaja	Väärtus
CFI (skaleeritud)	0,936
TLI (skaleeritud)	0,906
RMSEA (skaleeritud)	0,062
SRMR	0,035

Kuna mudelis on kõik faktorid statistiliselt olulises seoses vähemalt ühe testi tulemusega, jäetakse alles kõik faktorid ja neis sisalduvad tunnused. Kuigi mudeli sobivusindeksid viitavad üldjoontes heale sobivusele, näitavad Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga (illustreeriv joonis 6), et matemaatika ja loovmõtlemise testi tulemuste jääkdispersioonid on vastavalt 0,60 ja 0,78 ehk latentsed faktorid kirjeldavad matemaatika tulemuse varieeruvusest 40% ja loovuse varieeruvusest 22%. Seetõttu ei käsitleta mudelit täieliku ennustusmudelina, vaid seoseid kirjeldava mudelina, mille abil hinnatakse valitud latentsete faktorite rolli matemaatika ja loovmõtlemise tulemuste selgitamisel.

### 3.5 Mudeli eelduste kontroll

Erindite mõju hindamiseks sobitati mudel esmalt kõigi vaatlustega ning seejärel korrati analüüsi erinditega vaatlusi eemaldades. Erinditena käsitleti vaatlusi, mille väärtus jäi väljapoole intervalli

$$[Q_1 - 1,5 \cdot IQR, Q_3 + 1,5 \cdot IQR],$$

kus  $Q_1$  tähistab tunnuse 1. kvartiili,  $Q_3$  tähistab 3. kvartiili ning  $IQR = Q_3 - Q_1$ . Erindid leiti standardiseeritud väärtuste põhjal, sest samu väärtusi kasutatakse ka mudeli hindamisel.

Originaalmudeli ja erinditeta mudeli tulemusi võrreldakse faktorlaadungite, regressioonikordajate, standardvigade ja mudeli sobivusnäitajate alusel. Kuna parameetrite märgid ja suurusjärgud ei muutu ning sobivusindeksite erinevused on väikesed, ei mõjuta erindid olulisel määral tulemusi.

Kuna uuringusse kaasati 15-aastased õpilased, ei tohiks vanus segavaks faktoriks osutada. Samas on PISA andmestikus esitatud vanus pideva tunnusena, mistõttu lisatakse see täiendavaks kontrolliks mudelisse eksogeense tunnusena ning mudel hinnatakse uuesti.

Tabel 8: Struktuurivõrrandite mudeli headuse näitajad 1. prognoositud väärtuste paariga, lisatud õpilase vanus

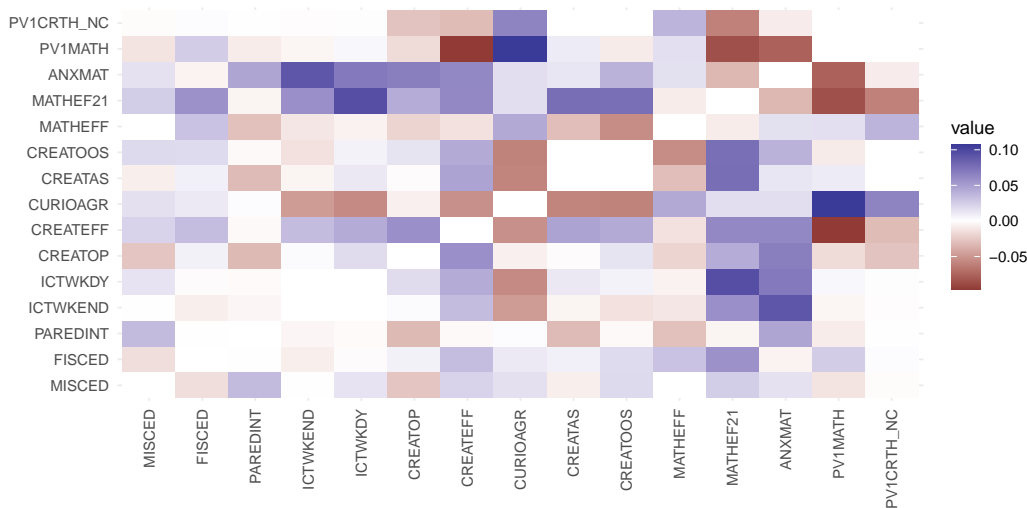
Näitaja	Väärtus
CFI (skaleeritud)	0,945
TLI (skaleeritud)	0,932
RMSEA (skaleeritud)	0,053
SRMR	0,035

Vanuse lisamisel faktorite mõju oluliselt ei muutu, kuid paranevad mudeli headuse näitajad (tabel 8), mispärast otsustatakse mudelisse kaasata ka

vanus.

Analoogne kontroll viiakse läbi tunnusega sugu. Kuigi uus hinnatud mudel näitab, et loovuse kõrgem skoor on enam seotud tüdrukutega, ei mõjuta see latentsete faktorite hinnanguid. Seepärast võib sugu käsitleda kui üht loovmõtlemise võimalikku seletavat tunnust, kuid mitte segavat tegurit.

Mudeli identifitseerimise tarvilikku tingimust saab hinnata vabadusastmete kaudu:  $df = \text{andmetest saadud momentide arv} - \text{hinnatavate parameetrite arv}$ . Kui  $df < 0$ , ei ole võimalik mudelit usaldusväärselt hinnata. Kui  $df = 0$ , on mudel täpselt identifitseeritud, mis tähendab, et mudelit saab hinnata, kuid mitte testida sobivust. Kui  $df > 0$ , on võrrandeid rohkem kui parameetreid ning on võimalik hinnata mudeli sobivust. Loodud mudeli vabadusastmete arv on 84, seega on mudel üleidentifitseeritud. (SAS Institute Inc., 2015)



Joonis 7: Tunnuste standardiseeritud jääkkorrelatsioonide maatriks

Mudeli sobivust võib hinnata veel standardiseeritud jääkkorrelatsioonide maatriksi kaudu. Jääkkorrelatsiooni absoluutväärtus üle 0,1 tähendab, et mudel jätab tunnusepaari seosest kirjeldamata vähemalt 0,1 korrelatsiooniühi-

kut. Üldiselt on joonisel 7 olevad jääkkorrelatsioonid väikesed. Eristub paar PV1MATH-CURIOAGR, mille omavaheline seos ei pruugi olla mudelis täielikult kirjeldatud.

Vaatluste sõltumatuse eeldus ei pruugi PISA andmestikus täielikult kehtida, sest sama kooli õpilaste vastused võivad olla omavahel seotud. Seetõttu käsitletakse seda töö ühe piiranguna.

### 3.6 Rubini reeglite rakendamine

Kõik eelnevad mudelid on koostatud kasutades matemaatika ja loovmõtlemise testi tulemuste 1. prognoositud väärtuste paari. Et mudeli parameetreid korrektselt tõlgendada, tuleb prognoositud väärtustele rakendada Rubini reegleid. Selleks hinnatakse sama mudel 10 korda iga PV paariga eraldi ning leitakse iga sobitatud mudeli jaoks parameetrihinnangud, standardvead ja  $p$ -väärtused ([Lisa 6. Rubini reeglite rakendamine](#)).

Seejärel ühendatakse saadud väärtused Rubini reeglite abil. Siinjuures tuleb olla tähelepanelik Waldi teststatistiku (valem 1) leidmisel, kus kasutatakse parameetri väärtust nullhüpoteesi kehtides. Faktorlaadungite ja regressioonikordajate nullhüpoteesi väärtuseks on 0, kuid kovariatsiooni puhul tuleb nullhüpoteesi väärtus määrata vastavalt testitavale väitele. Seega ei saa kõigi hinnangute jaoks rakendada täpselt sama valemit.

Kuna uurimuses huvitatakse latentsete faktorite mõjust matemaatika ja loovmõtlemise tulemustele, piisab ühendada 10 mudeli regressioonikordajad ja faktorlaadungid ([Lisa 7. Ühendatud mudeli tulemused](#)), kovariatsioone saab ligikaudselt hinnata 1. prognoositud väärtuste paariga mudelist ([Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga](#)).

Tabel 9: Ühendatud mudeli headuse näitajad

Näitaja	Väärtus
CFI	0,946
TLI	0,932
RMSEA	0,053
SRMR	0,035

Headuse näitajatele Rubini reegleid rakendama ei pea, nende puhul võib leida lihtsalt 10 mudeli keskmised. Ühendatud mudeli sobivusindeksid (tabel 9) on kõik soovituslikes piirides ning kinnitavad mudeli headust.

### 3.7 Tulemuste tõlgendamine

Ühendatud mudeli standardiseeritud regressioonikordajad (tabel 10) näitavad, et loovmõtlemise tulemusega (PVCRTN\_NC) on statistiliselt oluliselt seotud kõik latentsed faktorid. Matemaatika tulemuse (PVMATH) puhul ei osutu statistiliselt oluliseks õpilase enesetõhusus loovmõtlemises (faktor CREAT\_SELF). Kuna mudeli hindamisel selgus, et mudel ei sobi täpselt individuaalseks ennustamiseks (ptk 3.4), tõlgendatakse tulemusi tunnustevaheliste seoste suuna ja tugevuse kaudu.

Loovmõtlemise tulemuse tugevaim positiivne seos ilmneb loovate isikuomadustega ehk faktoriga CREAT\_SELF ( $\beta = 0,323$ ). See tulemus on sisuliselt ootuspärane, kuna loovmõtlemise testi eduka lahendamise aluseks on loovate ideede genereerimine ja avatus uutele lahendusviisidele. Matemaatika tulemusel selle faktoriga oluline seos puudub.

Matemaatilise kirjaoskuse tulemusega on tugevaimalt seotud enesetõhusus matemaatikas ehk faktor MATH ( $\beta = 0,519$ ). See on ühtlasi kogu mudeli suurim standardiseeritud regressioonikordaja. Seega, mida enesekindlam on

õpilane erinevate matemaatika ülesannete lahendamisel ja vähem ärev matemaatika ees, seda paremaid tulemusi ta matemaatikas saavutab.

Tabel 10: Ühendatud mudeli standardiseeritud regressioonikordajad koos  $p$ -väärtustega

Testi tulemuse tunnus	Faktor	Regressioonikordaja $\beta$	$p$ -väärtus
PVCRTH_NC	~ AGE	0,071	0,001
PVCRTH_NC	~ CREAT_ACT	-0,176	< 0,001
PVCRTH_NC	~ CREAT_SELF	0,323	< 0,001
PVCRTH_NC	~ ICT	-0,117	< 0,001
PVCRTH_NC	~ MATH	0,159	< 0,001
PVCRTH_NC	~ PAR_ED	0,049	0,025
PVMATH	~ AGE	0,103	< 0,001
PVMATH	~ CREAT_ACT	-0,203	< 0,001
PVMATH	~ CREAT_SELF	0,016	0,461
PVMATH	~ ICT	-0,151	< 0,001
PVMATH	~ MATH	0,519	< 0,001
PVMATH	~ PAR_ED	0,109	< 0,001

Ka loovmõtlemisel on tugev seos enesetõhususega matemaatikas ( $\beta = 0,159$ ). Seetõttu võib faktorit MATH pidada mudelis üheks olulisemaks latentseks tunnuseks, sest on selgelt seotud nii matemaatika kui ka loovmõtlemise testi tulemusega. See on haridusmaastiku jaoks oluline teadmine, kuna enesetõhususe tugevdamisega matemaatikas võib samaaegselt aidata kaasa nii matemaatilise kirjaoskuse kui ka loovmõtlemisega seotud oskuste arengule.

Ootamatult osutub mõlema testi tulemuse suurimaks negatiivseks seoseks loovate tegevuste harrastamine ehk faktor CREAT\_ACT (matemaatika tulemuse korral  $\beta = -0,203$ , loovmõtlemise puhul  $\beta = -0,176$ ). Samas toetavad seda ka algselt leitud Pearsoni korrelatsioonikordajad tunnustega CREATAS ja CREATOOS eraldi, mis olid samuti negatiivsed ([Lisa 2. Pearsoni korrelatsioonikordajad taustatunnuste ning matemaatika ja loovmõtlemise tulemuste vahel](#), tabel 3).

Ühe võimaliku selgitusena võib tuua faktori liigse üldistatuse. Loovate hobide hulka kuuluvad näiteks osalemine kooliteatris, kooliajalehes, kunstiringis või programmeerimisringis. Seega koondab faktor väga erineva iseloomuga tegevusi, mille mõju testitulemustele võib olla erinev või isegi vastassuunaline ning mis võib kokkuvõttes avalduda negatiivse seosena.

Pea sama tugevas negatiivses seoses mõlema testi skooriga on info- ja kommunikatsioonitehnoloogia kasutussagedus ehk faktor ICT (matemaatika tulemuse puhul  $\beta = -0,151$ , loovmõtlemise korral  $\beta = -0,117$ ). See näitab, et nii matemaatikaalased kui ka loovad oskused võivad sagedase info- ja kommunikatsioonitehnoloogia (IKT) kasutamisel langeda. Samas koosneb ka see faktor paljudest erinevatest tegevustest. IKT alla kuuluvad nii arvuti kasutamine tunnis, tagasiside õpetajalt digikeskkonnas kui ka interneti ja sotsiaalmeedia kasutamine kodus. Seetõttu tasuks edasiarendusena uurida neid seoseid eraldiseisvatena.

Mõlema testi tulemusega on statistiliselt olulises positiivses seoses veel vanemate hariduslik taust (matemaatika korral  $\beta = 0,109$ , loovmõtlemise puhul  $\beta = 0,049$ ). Matemaatika seos selle faktoriga on pea kaks korda suurem kui loovusel. Regressioonikordajate tugevuse põhjal pole vanemate kõrgem haridustase põhiline tegur õpilase testi sooritusel, kuid avaldab siiski positiivset mõju.

Kuigi ka vanus on hinnatud mudeli põhjal oluline, erineb see õpilaste seas vaid kuude lõikes ja mõju reaalseks tõlgendamiseks varieerub tunnus liiga vähe.

Tuleb tähele panna, et kuigi seosed on statistiliselt olulised, on paljud regressioonikordajad liiga väikesed, et näidata latentsete faktorite olulist mõju reaalses elus.

## Kokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärk oli hinnata matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise vahelisi seoseid ning uurida, kuidas need seosed avalduvad õpilaste erinevate taustatunnuste kaudu. Analüüsis kasutati OECD PISA testi 2022. aasta Eesti andmeid. Seoste hindamiseks koostati struktuurivõrrandite mudel ning prognoositud väärtuste põhjal saadud tulemuste ühendamiseks rakendati Rubini reegleid. Taustatunnustena kaasati õpilaste matemaatika ja loovusega seotud oskuseid ning kooli- ja kodukeskkonda.

Uurimistulemused kinnitasid, et matemaatiline kirjaoskus ja loovmõtlemine on positiivselt seotud: kõrgem tulemus ühes valdkonnas oli üldjuhul seotud kõrgema tulemusega ka teises valdkonnas. Mudeli põhjal osutus üheks olulisemaks teguriks enesetõhusus matemaatikas, mis mängis olulist rolli nii matemaatika kui ka loovmõtlemise testi kõrgema tulemuse saavutamisel.

Kui loovust peetakse üheks oluliseks 21. sajandi oskuseks ning samal ajal on matemaatikapädevuse arendamine jätkuvalt hariduses keskne väljakutse, siis osutab töö ühele võimalikule sekkumiskohale: enesetõhususe tõstmisele matemaatikas. Selle tugevdamine võib aidata samaaegselt kaasa nii parematele matemaatikatumustele kui ka loovusega seotud oskuste arengule. Seetõttu võiks enesetõhususe teadlik arendamine matemaatikas olla üks esimesi samme hariduse tõenduspõhisel parandamisel.

Kuna enesetõhusus matemaatikas koosneb mitmetest erinevatest tunnustest, võiks selle arendamise eesmärgil uurida põhjalikumalt enesetõhususe kujunemisel olulist rolli mängivaid tegureid. Lisaks võiks edasistes analüüsid käsitleda täpsemalt loovate hobide ning info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate kasutamise mõju matemaatika ja loovmõtlemise tulemustele, sest mudelis kasutatud faktorid olid suuresti üldistatud.

## Kasutatud allikad

- Bollen, K. A. ja J. Pearl (2013). “Eight Myths About Causality and Structural Equation Models”. Teoses: *Handbook of Causal Analysis for Social Research*. Toim. Stephen L. Morgan. Handbooks of Sociology and Social Research. Dordrecht: Springer, lk. 301–328. URL: [https://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat\\_ser/r393-reprint.pdf](https://ftp.cs.ucla.edu/pub/stat_ser/r393-reprint.pdf).
- Davier, M. von, E. Gonzalez ja R. J. Mislevy (2009). “What are plausible values and why are they useful?” Teoses: *IERI Monograph Series: Issues and Methodologies in Large-Scale Assessments*. Toim. M. von Davier ja D. Hastedt. Kõide 2. IEA-ETS Research Institute, lk. 9–36. URL: [https://ierinstitute.org/fileadmin/Documents/IERI\\_Monograph/Volume\\_2/IERI\\_Monograph\\_Volume\\_02\\_Chapter\\_01.pdf](https://ierinstitute.org/fileadmin/Documents/IERI_Monograph/Volume_2/IERI_Monograph_Volume_02_Chapter_01.pdf) (vaadatud 30.03.2026).
- Easystats (n.d.). *Interpret of CFA / SEM Indices of Goodness of Fit*. URL: [https://easystats.github.io/effectsize/reference/interpret\\_gfi.html](https://easystats.github.io/effectsize/reference/interpret_gfi.html) (vaadatud 30.03.2026).
- Heymans, M. W. ja I. Eekhout (2019). “Rubin’s rules”. Teoses: *Applied Missing Data Analysis With SPSS and (R)Studio*. Self-publishing. Ptk 9. URL: <https://bookdown.org/mwheyman/bookmi/rubins-rules.html> (vaadatud 30.03.2026).
- Iaousse, M., A. Hmimou, Z. El Hadri ja Y. El Kettani (2020). “A Modified Algorithm for the Computation of the Covariance Matrix Implied by a Structural Recursive Model with Latent Variables Using the Finite Iterative Method”. *Statistics, Optimization & Information Computing* 8.2, lk. 359–373. DOI: [10.19139/soic-2310-5070-937](https://doi.org/10.19139/soic-2310-5070-937).
- Kenny, D. A. (2011). *Terminology and Basics of SEM*. URL: <https://davidakenny.net/cm/basics.htm> (vaadatud 09.04.2026).

- Kraav, T. (2023). *PISA 2022 loovmõtlemine*. Tallinn: Haridus- ja Noorteamet. URL: [https://hm.ee/sites/default/files/documents/2024-06/PISA22\\_loovm%C3%B5tlemine\\_Eesti%20raport\\_0.pdf](https://hm.ee/sites/default/files/documents/2024-06/PISA22_loovm%C3%B5tlemine_Eesti%20raport_0.pdf) (vaadatud 25.04.2026).
- Ledesma, R. D. ja P. Valero-Mora (2007). “Determining the number of factors to retain in EFA: An easy-to-use computer program for carrying out parallel analysis”. *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 12.1, 2, lk. 1–11. DOI: [10.7275/wjnc-nm63](https://doi.org/10.7275/wjnc-nm63).
- Li, C.-H. (2016). “Confirmatory Factor Analysis with Ordinal Data: Comparing Robust Maximum Likelihood and Diagonally Weighted Least Squares”. *Behavior Research Methods* 48.3, lk. 936–949. DOI: [10.3758/s13428-015-0619-7](https://doi.org/10.3758/s13428-015-0619-7).
- OECD (2022). *PISA 2022 Database*. Data set. URL: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/pisa-2022-database.html> (vaadatud 25.04.2026).
- OECD (2023). *PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption*. PISA. Paris: OECD Publishing. DOI: [10.1787/a97db61c-en](https://doi.org/10.1787/a97db61c-en).
- OECD (n.d.). *How to prepare and analyse the PISA database*. URL: <https://www.oecd.org/en/about/programmes/pisa/how-to-prepare-and-analyse-the-pisa-database.html> (vaadatud 30.03.2026).
- SAS Institute Inc. (2015). *SAS/STAT<sup>®</sup> 14.1 User’s Guide*. SAS Institute Inc. Cary, NC. URL: <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/141/introcalis.pdf> (vaadatud 11.03.2026).
- Tire, G., H. Puksand, T. Kraav, H. Jukk, I. Henno, K. Lindemann, K. Täht, K. Konstabel, B. Lorenz ja M. Kitsing (2023). *PISA 2022 Eesti tulemused: Eesti 15-aastaste õpilaste teadmised ja oskused matemaatikas, funktsionaalses lugemises ja loodusteadustes*. Tallinn: Haridus- ja Noorteamet.

URL: [https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa\\_tulemused\\_2022\\_veebi.pdf](https://harno.ee/sites/default/files/documents/2023-12/Pisa_tulemused_2022_veebi.pdf) (vaadatud 25.04.2026).

Watkins, M. W. (2018). "Exploratory factor analysis: A guide to best practice". *Journal of Black Psychology* 44.3, lk. 219–246. DOI: [10.1177/0095798418771807](https://doi.org/10.1177/0095798418771807).

# Lisa 1. Taustatunnuste kirjeldused

Tabel 1: Koolijuhtide küsimustiku taustatunnuste kirjeldused

Tunnus	Kirjeldus
PRIVATESCH	School type derived from sampling information; values = public 0, private 1
SCHSIZE	School size (Sum)
TOTAT	Total number of all teachers at school (Sum)
PROATCE	Proportion of all teachers fully certified
PROPAT6	Proportion of all teachers with at least ISCED level 6 Bachelor qualification
PROPAT7	Proportion of all teachers with at least ISCED level 7 Master qualification
PROPAT8	Proportion of all teachers with ISCED level 8 Doctoral qualification
STRATIO	Student-teacher ratio
TOTMATH	Total number of mathematics teachers at school (Sum)
PROPMATH	Proportion of mathematics teachers at school
SMRATIO	Student-mathematics teacher ratio
TOTSTAFF	Total number of non-teaching staff at school
PROPSUPP	Proportion of personnel for pedagogical support
PROADMIN	Proportion of school administrative personnel
PROMGMT	Proportion of school management personnel
PROOSTAF	Proportion of other non-teaching staff
SCHSEL	School selectivity
TCHPART	Teacher participation (WLE)
SRESPCUR	School responsibility for curriculum
SRESPRES	School responsibility for resources
EDULEAD	Educational leadership (WLE)
INSTLEAD	Instructional leadership (WLE)
ENCOURPG	School encouragement of parent or guardian involvement (WLE)
RATCMP1	Availability of computers
RATCMP2	Computers connected to the Internet
RATTAB	Availability of tablet devices
TEAFDBK	Feedback to teachers (WLE)
MTTRAIN	Mathematics teacher training (WLE)
DMCVIEWS	School diversity and multi-cultural views (WLE)
NEGSCCLIM	Negative school climate (WLE)
EDUSHORT	Shortage of educational material (WLE)
STUBEHA	Student-related factors affecting school climate (WLE)
TEACHBEHA	Teacher-related factors affecting school climate (WLE)
MCLSIZE	Math class size
CLSIZE	Class size (test language class)

Tunnus	Kirjeldus
STDTEST	Use of standardized tests (WLE)
TDTEST	Use of teacher-developed tests (WLE)
CREACTIV	Creative extra-curricular activities (3 activities)
MACTIV	Mathematics-related extra-curricular activities at school
MATHEXC	Mathematics extension courses offered at school
ABGMATH	Ability grouping for mathematics classes
BCREATSC	Beliefs about creativity (WLE)
CREENVSC	Creative school environment (WLE)
ACTCRESC	Creative school activities offered (WLE)
OPENCUL	Openness culture/climate (WLE)
SCSUPRTED	School Closure Support from Education Authorities
SCSUPRT	School Closure Support from Other Sources
PROBSCRI	Problems with Schools' Capacity to Provide Remote Instruction (WLE)
SCPREPBP	School Preparation for Remote Instruction, Before Pandemic (WLE)
DIGPREP	Preparedness for Digital Learning (WLE)

Tabel 2: Õpilaste küsimustiku taustatunnuste kirjeldused

Tunnus	Kirjeldus
GRADE	Grade compared to modal grade in country
ISCEDP	Levels of education programmes (ISCED 2011)
IMMIG	Index on immigrant background (OECD definition)
REPEAT	Grade repetition
MISSSC	Missing school for more than 3 months
SKIPPING	Skipping classes or days of school
TARDYSD	Arriving late for school stricter definition
EXERPRAC	Exercise or practice a sport before or after school
STUDYHMW	Studying for school or homework before or after school
WORKPAY	Working for pay before or after school
WORKHOME	Working in household/take care of family members before or after school
EXPECEDU	Highest expected educational level
MATHPREF	Preference of Math over other core subjects
MATHEASE	Perception of Mathematics as easier than other subjects
MATHMOT	Motivation to do well in mathematics
DURECEC	Duration in early childhood education and care
BSMJ	Expected occupation status (free response)- 4 digits
RELATST	Quality of student-teacher relationships (WLE)
BELONG	Sense of belonging (WLE)

Tunnus	Kirjeldus
BULLIED	Being bullied (WLE)
FEELSAFE	Feeling safe (WLE)
SCHRISK	School safety risks (WLE)
PERSEVAGR	Perseverance (agreement) (WLE)
CURIOAGR	Curiosity (agreement) (WLE)
COOPAGR	Cooperation (agreement) (WLE)
EMPATAGR	Empathy (agreement) (WLE)
ASSERAGR	Assertiveness (agreement) (WLE)
STRESAGR	Stress resistance (agreement) (WLE)
EMOCOAGR	Emotional control (agreement) (WLE)
INFOSEEK	Information seeking about future careers (WLE)
FAMSUP	Family support (WLE)
DISCLIM	Disciplinary climate in mathematics (WLE)
TEACHSUP	Mathematics Teacher Support (WLE)
COGACRCO	Cognitive activation in mathematics: Foster reasoning (WLE)
COGACMCO	Cognitive activation in mathematics: Encourage mathematical thinking (WLE)
EXPOFA	Exposure to Formal and Applied Mathematics Tasks (WLE)
EXPO21ST	Exposure to Mathematical Reasoning and 21st century mathematics tasks (WLE)
MATHEFF	Mathematics self-efficacy: formal and applied mathematics (WLE)
MATHEF21	Mathematics self-efficacy: mathematical reasoning and 21st century skills (WLE)
FAMCON	Subjective familiarity with mathematics concepts (WLE)
ANXMAT	Mathematics Anxiety (WLE)
MATHPERS	Effort and Persistence in Mathematics (WLE)
CREATEFF	Creative self-efficacy (WLE)
CREATSCH	Creative school and class environment (WLE)
CREATFAM	Creative peers and family environment (WLE)
CREATAS	Creative Activities at school (WLE)
CREATOOS	Creative Activities outside of school (WLE)
CREATOP	Creativity and Openness to Intellect TBD (WLE)
OPENART	Openness to Art and Reflection TBD (WLE)
IMAGINE	Imagination and Adventurousness TBD (WLE)
SCHSUST	School actions/activities to sustain learning (WLE)
PROBSELF	Problems with self-directed learning (WLE)
FAMSUPSL	Family support for self-directed learning (WLE)
FEELLAH	Feelings about learning at home (WLE)
SDLEFF	Self-directed learning self-efficacy (WLE)
MISCED	Mother's level of education (ISCED)
FISCED	Father's level of education (ISCED)
HISCED	Highest level of education of parents (ISCED)

Tunnus	Kirjeldus
PAREDINT	Index highest parental education (international years of schooling scale)
BMMJ1	Mother's occupational status (ISEI) based on 4-digit human coded ISCO
BFMJ2	Father's occupational status (ISEI) based on 4-digit human coded ISCO
HISEI	Highest parental occupational status (ISEI) based on 4-digit human coded ISCO
HOMEPOS	Home possessions (WLE)
ESCS	Index of economic, social and cultural status
ICTSCH	ICT availability at school (WLE)
ICTAVSCH	Availability and Usage of ICT at School
ICTHOME	ICT availability outside of school (WLE)
ICTAVHOM	Availability and Usage of ICT at Home
ICTQUAL	Quality of access to ICT (WLE)
ICTENQ	Use of ICT in enquiry-based learning activities (WLE)
ICTFEED	Support or feedback via ICT (WLE)
ICTOUT	Use of ICT for school activities outside of the classroom (WLE)
ICTWKDY	Frequency of ICT activity (weekday) (WLE)
ICTWKEND	Frequency of ICT activity (weekend) (WLE)
ICTREG	Views of regulated ICT use in school (WLE)
ICTINFO	Students' practices regarding online information (WLE)
ICTDISTR	Distress from online content and cyberbullying
ICTEFFIC	Self-efficacy in digital competencies (WLE)
SISCO	Clear idea about future job

## Lisa 2. Pearsoni korrelatsioonikordajad taustatunnuste ning matemaatika ja loovmõtlemise tulemuste vahel

Tabelites 3 ja 4 on veergudes `cor_m` ja `cor_c` taustatunnuste Pearsoni korrelatsioonikordajad vastavalt matemaatika ja loovmõtlemise tulemustega. Pearsoni korrelatsioonikordaja on vahemikus  $-1$  kuni  $1$ , mida lähemal on absoluutväärtus  $1$ -le, seda tugevam on seos. Veergudes `p_m` ja `p_c` on korrelatsioonikordaja  $p$ -väärtus ning veerud `ci_m_low`, `ci_c_low` tähistavad korrelatsiooni alumist ja `ci_m_high`, `ci_c_high` ülemist 95% usalduspiiri. Täht „m“ tähistab nendes lühendites matemaatika tulemust ning täht „c“ loovmõtlemise tulemust.

Tabel 3: Pearsoni korrelatsioonikordajad õpilaste vastatud küsimustiku tunnustega, järjestatud matemaatika tulemuste korrelatsioonikordajate järgi kahanevalt

Tunnus	<code>cor_m</code>	<code>p_m</code>	<code>ci_m_low</code>	<code>ci_m_high</code>	<code>cor_c</code>	<code>p_c</code>	<code>ci_c_low</code>	<code>ci_c_high</code>
MATHEFF	0,515	<0,001	0,496	0,533	0,320	<0,001	0,298	0,343
ESCS	0,352	<0,001	0,330	0,374	0,250	<0,001	0,226	0,273
HOMEPOS	0,314	<0,001	0,291	0,336	0,230	<0,001	0,207	0,254
HISEI	0,301	<0,001	0,278	0,324	0,202	<0,001	0,177	0,226
MATHEF21	0,293	<0,001	0,270	0,316	0,157	<0,001	0,132	0,181
BFMJ2	0,264	<0,001	0,237	0,290	0,183	<0,001	0,156	0,210
BMMJ1	0,261	<0,001	0,236	0,286	0,171	<0,001	0,145	0,198
CURIOAGR	0,258	<0,001	0,234	0,281	0,285	<0,001	0,262	0,308
EXPECEDU	0,237	<0,001	0,212	0,262	0,208	<0,001	0,183	0,233
FAMCON	0,227	<0,001	0,203	0,251	0,153	<0,001	0,128	0,177
PERSEVAGR	0,217	<0,001	0,193	0,241	0,210	<0,001	0,187	0,234
MATHPERS	0,215	<0,001	0,191	0,239	0,222	<0,001	0,197	0,245
SDLEFF	0,199	<0,001	0,173	0,226	0,207	<0,001	0,180	0,233
FEELSAFE	0,191	<0,001	0,167	0,215	0,085	<0,001	0,061	0,110
PAREDINT	0,190	<0,001	0,166	0,214	0,140	<0,001	0,115	0,164
CREATOP	0,179	<0,001	0,154	0,203	0,263	<0,001	0,239	0,286

Tunnus	cor_m	p_m	ci_m_low	ci_m_high	cor_c	p_c	ci_c_low	ci_c_high
HISCED	0,176	<0,001	0,152	0,200	0,124	<0,001	0,100	0,149
RELATST	0,174	<0,001	0,150	0,198	0,170	<0,001	0,146	0,194
MATHPREF	0,169	<0,001	0,144	0,193	0,083	<0,001	0,058	0,108
MISCED	0,168	<0,001	0,144	0,192	0,129	<0,001	0,104	0,153
GRADE	0,165	<0,001	0,141	0,189	0,090	<0,001	0,066	0,114
SCHSUST	0,162	<0,001	0,136	0,188	0,197	<0,001	0,171	0,222
FISCED	0,158	<0,001	0,133	0,182	0,100	<0,001	0,075	0,125
MATHEASE	0,157	<0,001	0,132	0,181	0,048	<0,001	0,023	0,073
DISCLIM	0,147	<0,001	0,122	0,171	0,118	<0,001	0,093	0,142
IMAGINE	0,144	<0,001	0,119	0,169	0,250	<0,001	0,226	0,274
EMOCOAGR	0,138	<0,001	0,113	0,162	0,089	<0,001	0,064	0,114
ICTAVSCH	0,132	<0,001	0,107	0,156	0,122	<0,001	0,097	0,147
STRESAGR	0,129	<0,001	0,104	0,154	0,021	0,097	-0,004	0,046
TEACHSUP	0,113	<0,001	0,089	0,138	0,093	<0,001	0,068	0,118
BELONG	0,108	<0,001	0,083	0,132	0,086	<0,001	0,061	0,110
EXPOFA	0,107	<0,001	0,083	0,132	0,081	<0,001	0,056	0,106
CREATSCH	0,101	<0,001	0,076	0,126	0,130	<0,001	0,105	0,155
ASSERAGR	0,100	<0,001	0,075	0,124	0,107	<0,001	0,082	0,132
OPENART	0,092	<0,001	0,067	0,118	0,213	<0,001	0,188	0,237
AGE	0,091	<0,001	0,067	0,115	0,055	<0,001	0,030	0,079
ICTSCH	0,088	<0,001	0,063	0,113	0,090	<0,001	0,065	0,115
CREATFAM	0,088	<0,001	0,062	0,113	0,190	<0,001	0,166	0,215
ICTINFO	0,083	<0,001	0,057	0,109	0,105	<0,001	0,079	0,130
ICTAVHOM	0,081	<0,001	0,056	0,106	0,112	<0,001	0,087	0,137
ICTQUAL	0,079	<0,001	0,054	0,104	0,109	<0,001	0,084	0,134
ICTEFFIC	0,078	<0,001	0,052	0,104	0,097	<0,001	0,071	0,123
ICTOUT	0,077	<0,001	0,051	0,103	0,169	<0,001	0,144	0,194
FEELLAH	0,072	<0,001	0,040	0,104	0,090	<0,001	0,058	0,121
COGACRCO	0,065	<0,001	0,040	0,090	0,087	<0,001	0,062	0,112
EMPATAGR	0,063	<0,001	0,039	0,088	0,180	<0,001	0,155	0,204
CREATEFF	0,055	<0,001	0,030	0,081	0,189	<0,001	0,164	0,213
DURECEC	0,054	<0,001	0,024	0,083	0,036	0,016	0,007	0,065
COOPAGR	0,049	<0,001	0,024	0,074	0,107	<0,001	0,082	0,132
SISCO	0,038	0,005	0,011	0,065	0,063	<0,001	0,036	0,090
FAMSUP	0,037	0,005	0,012	0,063	0,054	<0,001	0,028	0,080
ICTHOME	0,031	0,018	0,005	0,056	0,074	<0,001	0,048	0,099
MATHMOT	0,022	0,093	-0,004	0,047	-0,030	0,019	-0,055	-0,005
INFOSEEK	-0,002	0,888	-0,028	0,024	0,066	<0,001	0,040	0,091
EXPO21ST	-0,010	0,438	-0,035	0,015	-0,034	0,009	-0,059	-0,008

Tunnus	cor_m	p_m	ci_m_low	ci_m_high	cor_c	p_c	ci_c_low	ci_c_high
ICTREG	-0,011	0,391	-0,037	0,015	-0,003	0,795	-0,029	0,022
COGACMCO	-0,011	0,373	-0,037	0,014	-0,010	0,427	-0,035	0,015
ICTDISTR	-0,027	0,055	-0,054	0,001	0,036	0,011	0,008	0,063
ICTENQ	-0,049	<0,001	-0,075	-0,023	-0,013	0,312	-0,039	0,012
BULLIED	-0,074	<0,001	-0,099	-0,050	-0,074	<0,001	-0,099	-0,050
SCHRISK	-0,097	<0,001	-0,121	-0,072	-0,089	<0,001	-0,113	-0,064
ICTFEED	-0,106	<0,001	-0,131	-0,080	-0,044	0,001	-0,070	-0,018
CREATAS	-0,107	<0,001	-0,132	-0,081	-0,080	<0,001	-0,106	-0,054
EXERPRAC	-0,116	<0,001	-0,141	-0,092	-0,113	<0,001	-0,137	-0,088
STUDYHMW	-0,118	<0,001	-0,143	-0,094	-0,029	0,020	-0,054	-0,005
MISSSC	-0,126	<0,001	-0,150	-0,101	-0,092	<0,001	-0,116	-0,067
PROBSELF	-0,127	<0,001	-0,154	-0,100	-0,075	<0,001	-0,102	-0,048
REPEAT	-0,129	<0,001	-0,153	-0,104	-0,123	<0,001	-0,147	-0,099
CREATOOS	-0,142	<0,001	-0,168	-0,116	-0,094	<0,001	-0,120	-0,068
WORKHOME	-0,179	<0,001	-0,203	-0,155	-0,082	<0,001	-0,106	-0,057
TARDYSD	-0,187	<0,001	-0,210	-0,163	-0,165	<0,001	-0,188	-0,140
ICTWKEND	-0,201	<0,001	-0,226	-0,176	-0,128	<0,001	-0,153	-0,102
FAMSUPSL	-0,205	<0,001	-0,230	-0,178	-0,148	<0,001	-0,175	-0,122
SKIPPING	-0,217	<0,001	-0,241	-0,193	-0,168	<0,001	-0,192	-0,144
ICTWKDY	-0,229	<0,001	-0,254	-0,205	-0,150	<0,001	-0,176	-0,125
WORKPAY	-0,242	<0,001	-0,265	-0,218	-0,168	<0,001	-0,192	-0,144
ANXMAT	-0,362	<0,001	-0,384	-0,340	-0,174	<0,001	-0,198	-0,149

Tabel 4: Pearsoni korrelatsioonikordajad koolijuhtide vastatud küsimustiku tunnustega, järjestatud matemaatika tulemuse korrelatsioonikordajate järgi kahanevalt

Tunnus	cor_m	p_m	ci_m_low	ci_m_high	cor_c	p_c	ci_c_low	ci_c_high
SCHSIZE	0,135	<0,001	0,110	0,159	0,129	<0,001	0,105	0,153
PRIVATE SCH	0,106	<0,001	0,081	0,130	0,075	<0,001	0,050	0,099
OPENCUL	0,102	<0,001	0,077	0,126	0,082	<0,001	0,058	0,106
PROPAT8	0,082	<0,001	0,058	0,107	0,037	0,003	0,012	0,061
CREENVSC	0,081	<0,001	0,057	0,106	0,061	<0,001	0,036	0,085
CLSIZE	0,081	<0,001	0,057	0,106	0,089	<0,001	0,064	0,113
TOTAT	0,077	<0,001	0,052	0,101	0,084	<0,001	0,060	0,108
MCLSIZE	0,075	<0,001	0,051	0,100	0,067	<0,001	0,043	0,091
SCHSEL	0,075	<0,001	0,050	0,099	0,054	<0,001	0,029	0,078
SRESPRES	0,059	<0,001	0,034	0,083	0,060	<0,001	0,036	0,085

Tunnus	cor_m	p_m	ci_m_low	ci_m_high	cor_c	p_c	ci_c_low	ci_c_high
ACTCRESC	0,053	<0,001	0,029	0,078	0,040	0,001	0,016	0,065
SCSUPRT	0,053	<0,001	0,029	0,078	0,018	0,156	-0,007	0,042
SCPREPBP	0,053	<0,001	0,028	0,077	0,039	0,002	0,015	0,064
STRATIO	0,039	0,002	0,014	0,063	0,056	<0,001	0,032	0,080
TOTMATH	0,034	0,007	0,009	0,058	0,051	<0,001	0,026	0,075
CREACTIV	0,024	0,058	-0,001	0,048	0,013	0,313	-0,012	0,037
PROADMIN	0,023	0,070	-0,002	0,047	0,023	0,069	-0,002	0,047
PROPAT7	0,019	0,130	-0,006	0,043	0,034	0,007	0,009	0,058
SCSUPRTED	0,015	0,230	-0,009	0,040	0,019	0,126	-0,005	0,044
RATCMP1	0,014	0,261	-0,010	0,039	0,032	0,011	0,007	0,056
PROMGMT	0,013	0,304	-0,012	0,037	0,006	0,605	-0,018	0,031
MACTIV	0,013	0,316	-0,012	0,037	-0,002	0,849	-0,027	0,022
RATTAB	0,006	0,654	-0,019	0,030	-0,021	0,090	-0,046	0,003
SRESPCUR	0,002	0,880	-0,023	0,026	0,008	0,514	-0,016	0,033
MTTRAIN	0,002	0,898	-0,023	0,026	0,009	0,489	-0,016	0,033
EDUSHORT	-0,002	0,842	-0,027	0,022	-0,016	0,209	-0,040	0,009
ABGMATH	-0,003	0,834	-0,027	0,022	-0,007	0,572	-0,032	0,017
RATCMP2	-0,003	0,785	-0,028	0,021	0,015	0,241	-0,010	0,039
TOTSTAFF	-0,004	0,765	-0,028	0,021	0,011	0,399	-0,014	0,035
PROPAT6	-0,005	0,670	-0,030	0,019	0,017	0,179	-0,008	0,041
MATHEXC	-0,009	0,468	-0,034	0,015	-0,012	0,321	-0,037	0,012
TCHPART	-0,010	0,445	-0,034	0,015	-0,012	0,353	-0,036	0,013
PROPSUPP	-0,010	0,417	-0,035	0,014	0,019	0,128	-0,005	0,044
PROATCE	-0,020	0,115	-0,044	0,005	0,022	0,083	-0,003	0,046
SMRATIO	-0,021	0,099	-0,045	0,004	0,001	0,927	-0,023	0,026
DMCVIEWS	-0,028	0,024	-0,053	-0,004	-0,012	0,318	-0,037	0,012
EDULEAD	-0,031	0,014	-0,055	-0,006	-0,042	0,001	-0,066	-0,017
INSTLEAD	-0,034	0,006	-0,059	-0,010	-0,039	0,002	-0,063	-0,014
PROBSCRI	-0,035	0,005	-0,060	-0,011	-0,024	0,057	-0,048	0,001
TEACHBEHA	-0,039	0,002	-0,063	-0,014	-0,036	0,004	-0,061	-0,012
BCREATSC	-0,042	0,001	-0,067	-0,018	-0,027	0,029	-0,052	-0,003
DIGPREP	-0,053	<0,001	-0,077	-0,028	-0,033	0,008	-0,058	-0,009
PROOSTAF	-0,054	<0,001	-0,078	-0,029	-0,054	<0,001	-0,078	-0,029
ENCOURPG	-0,055	<0,001	-0,079	-0,030	-0,056	<0,001	-0,080	-0,031
PROPMATH	-0,056	<0,001	-0,081	-0,032	-0,053	<0,001	-0,078	-0,029
TDTEST	-0,062	<0,001	-0,087	-0,038	-0,053	<0,001	-0,077	-0,028
STDTEST	-0,075	<0,001	-0,099	-0,050	-0,054	<0,001	-0,079	-0,030
TEAFDBK	-0,078	<0,001	-0,102	-0,053	-0,047	<0,001	-0,071	-0,022
STUBEHA	-0,089	<0,001	-0,114	-0,065	-0,087	<0,001	-0,111	-0,063

Tunnus	cor_m	p_m	ci_m_low	ci_m_high	cor_c	p_c	ci_c_low	ci_c_high
NEGSCLIM	-0,132	<0,001	-0,156	-0,108	-0,107	<0,001	-0,131	-0,082

## Lisa 3. Mudelisse sobivad tunnused

Tabel 5: Mudelisse sobivad tunnused

Tunnus	Kirjeldus
GRADE	Grade compared to modal grade in country
SKIPPING	Skipping classes or days of school
TARDYSD	Arriving late for school stricter definition
EXERPRAC	Exercise or practice a sport before or after school
STUDYHMW	Studying for school or homework before or after school
WORKPAY	Working for pay before or after school
WORKHOME	Working in household/take care of family members before or after school
EXPECEDU	Highest expected educational level
MATHPREF	Preference of Math over other core subjects
MATHEASE	Perception of Mathematics as easier than other subjects
RELATST	Quality of student-teacher relationships (WLE)
BELONG	Sense of belonging (WLE)
FEELSAFE	Feeling safe (WLE)
PERSEVAGR	Perseverance (agreement) (WLE)
CURIOAGR	Curiosity (agreement) (WLE)
COOPAGR	Cooperation (agreement) (WLE)
EMPATAGR	Empathy (agreement) (WLE)
ASSERAGR	Assertiveness (agreement) (WLE)
STRESAGR	Stress resistance (agreement) (WLE)
EMOCOAGR	Emotional control (agreement) (WLE)
DISCLIM	Disciplinary climate in mathematics (WLE)
TEACHSUP	Mathematics Teacher Support (WLE)
EXPOFA	Exposure to Formal and Applied Mathematics Tasks (WLE)
MATHEFF	Mathematics self-efficacy: formal and applied mathematics (WLE)
MATHEF21	Mathematics self-efficacy: mathematical reasoning and 21st century skills (WLE)
FAMCON	Subjective familiarity with mathematics concepts (WLE)
ANXMAT	Mathematics Anxiety (WLE)
MATHPERS	Effort and Persistence in Mathematics (WLE)
CREATEFF	Creative self-efficacy (WLE)
CREATSCH	Creative school and class environment (WLE)
CREATFAM	Creative peers and family environment (WLE)
CREATAS	Creative Activities at school (WLE)
CREATOOS	Creative Activities outside of school (WLE)
CREATOP	Creativity and Openness to Intellect TBD (WLE)
OPENART	Openness to Art and Reflection TBD (WLE)

Tunnus	Kirjeldus
IMAGINE	Imagination and Adventurousness TBD (WLE)
SCHSUST	School actions/activities to sustain learning (WLE)
PROBSELF	Problems with self-directed learning (WLE)
FAMSUPSL	Family support for self-directed learning (WLE)
SDLEFF	Self-directed learning self-efficacy (WLE)
MISCED	Mother's level of education (ISCED)
FISCED	Father's level of education (ISCED)
HISCED	Highest level of education of parents (ISCED)
PAREDINT	Index highest parental education (international years of schooling scale)
BMMJ1	Mother's occupational status (ISEI) based on 4-digit human coded ISCO
HISEI	Highest parental occupational status (ISEI) based on 4-digit human coded ISCO
HOMEPOS	Home possessions (WLE)
ESCS	Index of economic, social and cultural status
ICTAVSCH	Availability and Usage of ICT at School
ICTAVHOM	Availability and Usage of ICT at Home
ICTQUAL	Quality of access to ICT (WLE)
ICTFEED	Support or feedback via ICT (WLE)
ICTOUT	Use of ICT for school activities outside of the classroom (WLE)
ICTWKDY	Frequency of ICT activity (weekday) (WLE)
ICTWKEND	Frequency of ICT activity (weekend) (WLE)
ICTINFO	Students' practices regarding online information (WLE)

## Lisa 4. Kinnitav faktoranalüüs

Tabelites 6 ja 7 on antud faktoranalüüsi erinevad hinnangud. Operaatoriga  $= \sim$  on tähistatud latentse faktori ja taustatunnuse standardiseeritud faktorlaadung, mida võib tõlgendada kui korrelatsiooni moodsed tunnuse ja faktori vahel. Väärtused varieeruvad vahemikus  $-1$  kuni  $1$ . Mida lähemal on absoluutväärtus  $1$ -le, seda tugevam on seos.

Operaator  $\sim\sim$  tähistab standardiseeritud jääkide kovariatsiooni. Kahe sama muutuja vahel kirjeldab see tunnuse standardiseeritud jääkdispersiooni. Vastav hinnang näitab, kui suur osa ei ole seletatav latentse faktoriga ehk osa, mida faktor indikaatorist selgitab on  $1$ –jääkdispersioon. Väärtus alla  $0,5$  näitab head faktori seletusvõimet, väärtust alla  $0,75$  võib lugeda rahuldavaks.

Sama operaator latentsete tunnuste vahel näitab faktoritevahelist korrelatsiooni, omades väärtuseid  $-1$  kuni  $1$ . Suure absoluutväärtuse korral ( $nt > 0,8$ ) pole faktorid enam hästi eristatavad. Veerus `est_std` on hinnangu standardiseeritud väärtus, veerus `se` hinnangu standardviga, veerus `z` on  $z$ -statistiku väärtus, veerus `p_value` hinnangu  $p$ -väärtus ning viimases kahes veerus hinnangu  $95\%$  usaldusintervalli alumine ja ülemine piir.

Tabel 6: Esialgse faktorite jaotuse kinnitav faktoranalüüs

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
PAR_ED	= $\sim$	MISCED	0,782	0,012	65,393	<0,001	0,758	0,805
PAR_ED	= $\sim$	FISCED	0,667	0,012	56,405	<0,001	0,644	0,690
PAR_ED	= $\sim$	PAREDINT	0,935	0,012	78,172	<0,001	0,911	0,958
SCH_CLM	= $\sim$	BELONG	0,558	0,012	46,945	<0,001	0,535	0,582
SCH_CLM	= $\sim$	COOPAGR	0,524	0,010	52,427	<0,001	0,505	0,544
SCH_CLM	= $\sim$	ASSERAGR	0,462	0,012	39,134	<0,001	0,439	0,485
SCH_CLM	= $\sim$	EMPATAGR	0,416	0,012	33,645	<0,001	0,391	0,440
SCH_CLM	= $\sim$	FEELSAFE	0,415	0,017	25,175	<0,001	0,383	0,448
SKIP	= $\sim$	SKIPPING	0,812	0,038	21,516	<0,001	0,738	0,886
SKIP	= $\sim$	TARDYSD	0,474	0,025	18,614	<0,001	0,424	0,524

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
TEACH	=~	TEACHSUP	0,475	0,016	30,247	<0,001	0,444	0,506
TEACH	=~	RELATST	0,787	0,020	39,475	<0,001	0,748	0,826
ICT	=~	ICTWKEND	0,815	0,014	58,033	<0,001	0,787	0,842
ICT	=~	ICTWKDY	0,908	0,015	59,599	<0,001	0,878	0,937
CREAT_SELF	=~	CREATOP	0,816	0,008	108,143	<0,001	0,801	0,831
CREAT_SELF	=~	OPENART	0,469	0,011	41,131	<0,001	0,447	0,492
CREAT_SELF	=~	IMAGINE	0,550	0,010	52,874	<0,001	0,530	0,570
CREAT_SELF	=~	CREATEFF	0,722	0,009	82,500	<0,001	0,705	0,739
CREAT_SELF	=~	CURIOAGR	0,627	0,010	61,373	<0,001	0,607	0,647
CREAT_ACT	=~	CREATAS	0,669	0,018	38,099	<0,001	0,635	0,704
CREAT_ACT	=~	CREATOOS	0,779	0,019	40,794	<0,001	0,741	0,816
MATH	=~	MATHEFF	0,830	0,009	95,746	<0,001	0,813	0,847
MATH	=~	MATHEF21	0,715	0,010	74,520	<0,001	0,697	0,734
MATH	=~	ANXMAT	-0,594	0,012	-49,069	<0,001	-0,618	-0,570
MATH	=~	FAMCON	0,484	0,012	39,102	<0,001	0,460	0,509
MATH	=~	MATHEASE	0,337	0,026	13,004	<0,001	0,286	0,388
MATH	=~	MATHPREF	0,310	0,025	12,447	<0,001	0,261	0,359
STRES_EMO	=~	STRESAGR	0,762	0,012	62,725	<0,001	0,738	0,786
STRES_EMO	=~	EMOCOAGR	0,757	0,012	64,775	<0,001	0,734	0,779
WORK	=~	STUDYHMW	0,529	0,019	27,951	<0,001	0,492	0,566
WORK	=~	WORKHOME	0,589	0,019	30,878	<0,001	0,552	0,626
WORK	=~	EXERPRAC	0,588	0,021	28,608	<0,001	0,548	0,629
MISCED	~~	MISCED	0,389	0,019	20,797	<0,001	0,352	0,425
FISCED	~~	FISCED	0,555	0,016	35,201	<0,001	0,524	0,586
PAREDINT	~~	PAREDINT	0,127	0,022	5,670	<0,001	0,083	0,170
BELONG	~~	BELONG	0,688	0,013	51,799	<0,001	0,662	0,714
COOPAGR	~~	COOPAGR	0,725	0,010	69,161	<0,001	0,705	0,746
ASSERAGR	~~	ASSERAGR	0,787	0,011	72,227	<0,001	0,765	0,808
EMPATAGR	~~	EMPATAGR	0,827	0,010	80,553	<0,001	0,807	0,847
FEELSAFE	~~	FEELSAFE	0,827	0,014	60,341	<0,001	0,801	0,854
SKIPPING	~~	SKIPPING	0,341	0,061	5,575	<0,001	0,221	0,461
TARDYSD	~~	TARDYSD	0,775	0,024	32,087	<0,001	0,728	0,823
TEACHSUP	~~	TEACHSUP	0,775	0,015	51,959	<0,001	0,745	0,804
RELATST	~~	RELATST	0,380	0,031	12,104	<0,001	0,319	0,442
ICTWKEND	~~	ICTWKEND	0,336	0,023	14,680	<0,001	0,291	0,381
ICTWKDY	~~	ICTWKDY	0,176	0,028	6,378	<0,001	0,122	0,230
CREATOP	~~	CREATOP	0,334	0,012	27,091	<0,001	0,310	0,358
OPENART	~~	OPENART	0,780	0,011	72,769	<0,001	0,759	0,801
IMAGINE	~~	IMAGINE	0,698	0,011	60,983	<0,001	0,675	0,720

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
CREATEFF	~~	CREATEFF	0,478	0,013	37,818	<0,001	0,454	0,503
CURIOAGR	~~	CURIOAGR	0,607	0,013	47,445	<0,001	0,582	0,632
CREATAS	~~	CREATAS	0,552	0,024	23,462	<0,001	0,506	0,598
CREATOOS	~~	CREATOOS	0,394	0,030	13,251	<0,001	0,336	0,452
MATHEFF	~~	MATHEFF	0,311	0,014	21,628	<0,001	0,283	0,339
MATHEF21	~~	MATHEF21	0,488	0,014	35,524	<0,001	0,461	0,515
ANXMAT	~~	ANXMAT	0,647	0,014	45,014	<0,001	0,619	0,675
FAMCON	~~	FAMCON	0,765	0,012	63,743	<0,001	0,742	0,789
MATHEASE	~~	MATHEASE	0,886	0,017	50,656	<0,001	0,852	0,921
MATHPREF	~~	MATHPREF	0,904	0,015	58,574	<0,001	0,874	0,934
STRESAGR	~~	STRESAGR	0,419	0,019	22,613	<0,001	0,383	0,455
EMOCOAGR	~~	EMOCOAGR	0,428	0,018	24,202	<0,001	0,393	0,462
STUDYHMW	~~	STUDYHMW	0,720	0,020	36,003	<0,001	0,681	0,760
WORKHOME	~~	WORKHOME	0,653	0,022	29,064	<0,001	0,609	0,697
EXERPRAC	~~	EXERPRAC	0,654	0,024	27,038	<0,001	0,607	0,701
PAR_ED	~~	SCH_CLM	0,182	0,020	9,110	<0,001	0,143	0,221
PAR_ED	~~	SKIP	-0,071	0,024	-3,003	0,003	-0,117	-0,025
PAR_ED	~~	TEACH	0,082	0,020	4,105	<0,001	0,043	0,121
PAR_ED	~~	ICT	-0,013	0,016	-0,793	0,428	-0,045	0,019
PAR_ED	~~	CREAT_SELF	0,176	0,018	9,882	<0,001	0,141	0,211
PAR_ED	~~	CREAT_ACT	0,073	0,019	3,906	<0,001	0,036	0,109
PAR_ED	~~	MATH	0,243	0,017	14,133	<0,001	0,209	0,276
PAR_ED	~~	STRES_EMO	0,113	0,019	6,004	<0,001	0,076	0,150
PAR_ED	~~	WORK	0,128	0,020	6,300	<0,001	0,088	0,168
SCH_CLM	~~	SKIP	-0,234	0,028	-8,498	<0,001	-0,288	-0,180
SCH_CLM	~~	TEACH	0,522	0,019	26,778	<0,001	0,483	0,560
SCH_CLM	~~	ICT	-0,073	0,019	-3,856	<0,001	-0,111	-0,036
SCH_CLM	~~	CREAT_SELF	0,617	0,013	48,713	<0,001	0,592	0,642
SCH_CLM	~~	CREAT_ACT	0,060	0,022	2,714	0,007	0,017	0,104
SCH_CLM	~~	MATH	0,387	0,018	22,053	<0,001	0,352	0,421
SCH_CLM	~~	STRES_EMO	0,462	0,015	30,345	<0,001	0,432	0,492
SCH_CLM	~~	WORK	0,256	0,022	11,420	<0,001	0,212	0,300
SKIP	~~	TEACH	-0,397	0,029	-13,823	<0,001	-0,453	-0,341
SKIP	~~	ICT	0,286	0,023	12,617	<0,001	0,242	0,331
SKIP	~~	CREAT_SELF	-0,146	0,024	-6,050	<0,001	-0,193	-0,099
SKIP	~~	CREAT_ACT	0,089	0,027	3,364	0,001	0,037	0,141
SKIP	~~	MATH	-0,259	0,025	-10,402	<0,001	-0,308	-0,211
SKIP	~~	STRES_EMO	-0,237	0,025	-9,349	<0,001	-0,287	-0,188
SKIP	~~	WORK	-0,076	0,028	-2,715	0,007	-0,131	-0,021

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
TEACH	~~	ICT	-0,125	0,017	-7,256	<0,001	-0,159	-0,092
TEACH	~~	CREAT_SELF	0,323	0,018	17,642	<0,001	0,287	0,358
TEACH	~~	CREAT_ACT	0,013	0,021	0,614	0,539	-0,028	0,054
TEACH	~~	MATH	0,410	0,019	22,092	<0,001	0,374	0,447
TEACH	~~	STRES_EMO	0,315	0,019	16,437	<0,001	0,277	0,352
TEACH	~~	WORK	0,115	0,024	4,838	<0,001	0,068	0,161
ICT	~~	CREAT_SELF	0,043	0,016	2,788	0,005	0,013	0,074
ICT	~~	CREAT_ACT	0,230	0,014	16,083	<0,001	0,202	0,258
ICT	~~	MATH	-0,118	0,015	-7,947	<0,001	-0,147	-0,089
ICT	~~	STRES_EMO	-0,157	0,017	-9,238	<0,001	-0,190	-0,123
ICT	~~	WORK	0,110	0,018	5,992	<0,001	0,074	0,146
CREAT_SELF	~~	CREAT_ACT	0,239	0,018	13,187	<0,001	0,204	0,275
CREAT_SELF	~~	MATH	0,362	0,015	24,832	<0,001	0,333	0,390
CREAT_SELF	~~	STRES_EMO	0,124	0,017	7,288	<0,001	0,091	0,157
CREAT_SELF	~~	WORK	0,192	0,020	9,632	<0,001	0,153	0,231
CREAT_ACT	~~	MATH	0,121	0,019	6,393	<0,001	0,084	0,158
CREAT_ACT	~~	STRES_EMO	0,030	0,020	1,543	0,123	-0,008	0,068
CREAT_ACT	~~	WORK	0,263	0,022	11,986	<0,001	0,220	0,306
MATH	~~	STRES_EMO	0,441	0,015	30,200	<0,001	0,412	0,470
MATH	~~	WORK	0,097	0,020	4,753	<0,001	0,057	0,137
STRES_EMO	~~	WORK	0,171	0,020	8,579	<0,001	0,132	0,211

Tabel 7: Lõpliku faktorite jaotuse kinnitav faktoranalüüs

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
PAR_ED	=~	MISCED	0,781	0,009	83,832	<0,001	0,762	0,799
PAR_ED	=~	FISCED	0,654	0,009	69,734	<0,001	0,636	0,672
PAR_ED	=~	PAREDINT	0,960	0,010	92,211	<0,001	0,939	0,980
ICT	=~	ICTWKEND	0,781	0,015	51,313	<0,001	0,751	0,811
ICT	=~	ICTWKDY	0,945	0,018	52,949	<0,001	0,910	0,980
CREAT_SELF	=~	CREATOP	0,806	0,010	81,868	<0,001	0,786	0,825
CREAT_SELF	=~	CREATEFF	0,653	0,010	68,211	<0,001	0,634	0,672
CREAT_SELF	=~	CURIOAGR	0,560	0,012	48,713	<0,001	0,538	0,583
CREAT_ACT	=~	CREATAS	0,686	0,016	42,044	<0,001	0,654	0,718
CREAT_ACT	=~	CREATOOS	0,780	0,018	44,062	<0,001	0,745	0,815
MATH	=~	MATHEFF	0,871	0,009	95,189	<0,001	0,853	0,889
MATH	=~	MATHEF21	0,730	0,009	83,665	<0,001	0,713	0,747
MATH	=~	ANXMAT	-0,517	0,012	-44,413	<0,001	-0,540	-0,495

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
MISCED	^^	MISCED	0,391	0,015	26,857	<0,001	0,362	0,419
FISCED	^^	FISCED	0,572	0,012	46,637	<0,001	0,548	0,596
PAREDINT	^^	PAREDINT	0,079	0,020	3,953	<0,001	0,040	0,118
ICTWKEND	^^	ICTWKEND	0,390	0,024	16,436	<0,001	0,344	0,437
ICTWKDY	^^	ICTWKDY	0,107	0,034	3,176	0,001	0,041	0,173
CREATOP	^^	CREATOP	0,351	0,016	22,127	<0,001	0,320	0,382
CREATEFF	^^	CREATEFF	0,574	0,013	45,889	<0,001	0,549	0,598
CURIOAGR	^^	CURIOAGR	0,686	0,013	53,237	<0,001	0,661	0,711
CREATAS	^^	CREATAS	0,529	0,022	23,597	<0,001	0,485	0,573
CREATOOS	^^	CREATOOS	0,391	0,028	14,172	<0,001	0,337	0,446
MATHEFF	^^	MATHEFF	0,242	0,016	15,166	<0,001	0,210	0,273
MATHEF21	^^	MATHEF21	0,467	0,013	36,679	<0,001	0,442	0,492
ANXMAT	^^	ANXMAT	0,732	0,012	60,745	<0,001	0,709	0,756
PAR_ED	^^	ICT	-0,005	0,016	-0,320	0,749	-0,036	0,026
PAR_ED	^^	CREAT_SELF	0,187	0,018	10,427	<0,001	0,152	0,222
PAR_ED	^^	CREAT_ACT	0,078	0,018	4,314	<0,001	0,043	0,113
PAR_ED	^^	MATH	0,224	0,016	13,574	<0,001	0,192	0,256
ICT	^^	CREAT_SELF	0,023	0,015	1,532	0,126	-0,006	0,052
ICT	^^	CREAT_ACT	0,243	0,014	17,043	<0,001	0,215	0,271
ICT	^^	MATH	-0,114	0,014	-8,231	<0,001	-0,141	-0,087
CREAT_SELF	^^	CREAT_ACT	0,231	0,018	12,772	<0,001	0,196	0,266
CREAT_SELF	^^	MATH	0,461	0,013	35,421	<0,001	0,436	0,487
CREAT_ACT	^^	MATH	0,090	0,018	5,137	<0,001	0,056	0,125

## Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga

Siin lisas oleva tabeli tõlgendus on sarnane [Lisa 4. Kinnitav faktoranalüüs](#) esitatud tabelitega. Lisandunud on operaator  $\sim$ , mis tähistab regressiooni-seost testi tulemuse ja latentse faktori vahel. Regressioonikordaja omandab väärtuseid  $-1$  kuni  $1$ , mida lähemal on absoluutväärtus  $1$ -le, seda tugevam on seos. Matemaatika tulemust tähistab PV1MATH ja loovmõtlemise tulemust PV1CRTH\_NC

Tabel 8: SVM tulemused 1. PV paariga

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
PAR_ED	= $\sim$	MISCED	0,775	0,010	77,875	<0,001	0,756	0,795
PAR_ED	= $\sim$	FISCED	0,660	0,010	65,360	<0,001	0,640	0,680
PAR_ED	= $\sim$	PAREDINT	0,958	0,011	87,234	<0,001	0,937	0,980
ICT	= $\sim$	ICTWKEND	0,796	0,012	67,318	<0,001	0,773	0,819
ICT	= $\sim$	ICTWKDY	0,927	0,013	69,730	<0,001	0,901	0,953
CREAT_SELF	= $\sim$	CREATOP	0,788	0,010	79,227	<0,001	0,768	0,807
CREAT_SELF	= $\sim$	CREATEFF	0,625	0,010	62,328	<0,001	0,606	0,645
CREAT_SELF	= $\sim$	CURIOAGR	0,599	0,012	51,438	<0,001	0,576	0,621
CREAT_ACT	= $\sim$	CREATAS	0,680	0,014	47,035	<0,001	0,652	0,709
CREAT_ACT	= $\sim$	CREATOOS	0,787	0,016	48,612	<0,001	0,755	0,819
MATH	= $\sim$	MATHEFF	0,907	0,008	106,846	<0,001	0,890	0,924
MATH	= $\sim$	MATHEF21	0,673	0,009	75,229	<0,001	0,655	0,690
MATH	= $\sim$	ANXMAT	-0,543	0,012	-46,829	<0,001	-0,565	-0,520
PV1MATH	$\sim$	PAR_ED	0,101	0,013	7,562	<0,001	0,075	0,128
PV1MATH	$\sim$	ICT	-0,164	0,010	-16,027	<0,001	-0,184	-0,144
PV1MATH	$\sim$	CREAT_SELF	0,027	0,017	1,583	0,114	-0,006	0,061
PV1MATH	$\sim$	CREAT_ACT	-0,187	0,015	-12,323	<0,001	-0,217	-0,157
PV1MATH	$\sim$	MATH	0,521	0,014	36,115	<0,001	0,493	0,550
PV1CRTH_NC	$\sim$	PAR_ED	0,065	0,015	4,449	<0,001	0,036	0,093
PV1CRTH_NC	$\sim$	ICT	-0,118	0,013	-8,732	<0,001	-0,144	-0,091
PV1CRTH_NC	$\sim$	CREAT_SELF	0,327	0,018	17,718	<0,001	0,291	0,363
PV1CRTH_NC	$\sim$	CREAT_ACT	-0,187	0,017	-11,281	<0,001	-0,219	-0,154
PV1CRTH_NC	$\sim$	MATH	0,158	0,018	8,864	<0,001	0,123	0,193
PV1MATH	$\sim\sim$	PV1CRTH_NC	0,489	0,013	38,675	<0,001	0,464	0,514
MISCED	$\sim\sim$	MISCED	0,399	0,015	25,830	<0,001	0,369	0,429
FISCED	$\sim\sim$	FISCED	0,565	0,013	42,370	<0,001	0,538	0,591

			est_std	se	z	p_value	ci_lower	ci_upper
PAREDINT	~~	PAREDINT	0,081	0,021	3,866	<0,001	0,040	0,123
ICTWKEND	~~	ICTWKEND	0,367	0,019	19,479	<0,001	0,330	0,403
ICTWKDY	~~	ICTWKDY	0,141	0,025	5,714	<0,001	0,093	0,189
CREATOP	~~	CREATOP	0,380	0,016	24,246	<0,001	0,349	0,410
CREATEFF	~~	CREATEFF	0,609	0,013	48,518	<0,001	0,584	0,633
CURIOAGR	~~	CURIOAGR	0,642	0,014	46,038	<0,001	0,614	0,669
CREATAS	~~	CREATAS	0,537	0,020	27,306	<0,001	0,499	0,576
CREATOOS	~~	CREATOOS	0,380	0,025	14,922	<0,001	0,330	0,430
MATHEFF	~~	MATHEFF	0,178	0,015	11,531	<0,001	0,147	0,208
MATHEF21	~~	MATHEF21	0,548	0,012	45,525	<0,001	0,524	0,571
ANXMAT	~~	ANXMAT	0,705	0,013	56,088	<0,001	0,681	0,730
PV1MATH	~~	PV1MATH	0,604	0,013	47,204	<0,001	0,579	0,629
PV1CRTH_NC	~~	PV1CRTH_NC	0,776	0,013	60,941	<0,001	0,751	0,801
PAR_ED	~~	ICT	-0,005	0,016	-0,327	0,744	-0,036	0,026
PAR_ED	~~	CREAT_SELF	0,189	0,018	10,444	<0,001	0,154	0,224
PAR_ED	~~	CREAT_ACT	0,078	0,018	4,328	<0,001	0,043	0,113
PAR_ED	~~	MATH	0,222	0,016	13,524	<0,001	0,190	0,254
ICT	~~	CREAT_SELF	0,020	0,015	1,339	0,181	-0,009	0,049
ICT	~~	CREAT_ACT	0,243	0,014	17,186	<0,001	0,216	0,271
ICT	~~	MATH	-0,119	0,014	-8,634	<0,001	-0,146	-0,092
CREAT_SELF	~~	CREAT_ACT	0,230	0,018	12,583	<0,001	0,194	0,265
CREAT_SELF	~~	MATH	0,462	0,013	35,354	<0,001	0,436	0,487
CREAT_ACT	~~	MATH	0,084	0,017	4,817	<0,001	0,050	0,118

## Lisa 6. Rubini reeglite rakendamine

### R-kood Rubini reeglite rakendamiseks

```
1 ordinal = c("MISCED", "FISCED") # Defineeritakse järjestustunnused
2
3 run_model <- function(pv_math, pv_crt, data) {
4   # Funktsioon koostab ja hindab SVM-i ühe matemaatika ja ühe loovmõtlemise PV-paari
5     jaoks
6   sem_model <- paste0('
7
8   # Mõõtemudel: defineeritakse latentsete tunnuste faktorstruktuur
9   PAR_ED =~ MISCED + FISCED + PAREDINT
10  ICT =~ ICTWKEND + ICTWKDY
11  CREAT_SELF =~ CREATOP + CREATEFF + CURIOAGR
12  CREAT_ACT =~ CREATAS + CREATOOS
13  MATH =~ MATHEFF + MATHEF21 + ANXMAT
14
15  # Struktuurimudel: PV-tunnuseid prognoositakse latentsete tunnuste abil
16  ', pv_math, ' ~ PAR_ED+ICT+CREAT_SELF+CREAT_ACT+MATH+AGE
17  ', pv_crt, ' ~ PAR_ED+ICT+CREAT_SELF+CREAT_ACT+MATH+AGE
18
19  # Matemaatika ja loovmõtlemise PV-tunnuste vaheline kovariatsioon
20  ', pv_math, ' ~~ ', pv_crt, '
21  ')
22  # Kasutatakse WLSMV-hindamismeetodit
23  sem(sem_model, data = data, ordered = ordinaalsed, estimator = "WLSMV")
24 }
25
26 # Mudel hinnatakse eraldi iga matemaatika ja loovmõtlemise PV paari jaoks
27 fits <- vector("list", 10)
28 for (i in 1:10) {
29   pv_math <- paste0("PV", i, "MATH")
30   pv_crt <- paste0("PV", i, "CRTH_NC")
31   df_PV <- data_kool %>% # Valitakse vastavad PV-tunnused ja skaleeritakse need
32     select(all_of(c(pv_math, pv_crt))) %>%
33     mutate(across(everything(), ~ as.numeric(scale(.))))
34   df_merged <- cbind(df_PV, df_scaled) # PV-tunnused ühendatakse eelnevalt
35     skaleeritud taustatunnustega
36   fits[[i]] <- run_model(pv_math, pv_crt, df_merged) # Hinnatud mudel salvestatakse
37     loendisse
```

```

35
36 # Asendatakse PV-de nimed ühtsete nimetustega, et eri mudelite parameetreid oleks võ
    imalik ühendada
37 norm_pv <- function(x) {
38   x %>%
39     str_replace("^PV\\d+MATH$", "PVMATH") %>%
40     str_replace("^PV\\d+CRTH_NC$", "PVCRTTH_NC")
41 }
42
43 # Võetakse standardiseeritud lahendused igast mudelist
44 std_estimates <- map2(fits, 1:10, function(fit, i) {
45   standardizedSolution(
46     fit,
47     type = "std.all",
48     se = TRUE,
49     zstat = TRUE,
50     pvalue = TRUE,
51     ci = TRUE
52   ) %>%
53   mutate(
54     PV = i,
55     lhs_id = norm_pv(lhs),
56     rhs_id = norm_pv(rhs),
57     param_id = paste(lhs_id, op, rhs_id, sep = " | ")
58   ) %>%
59   select(PV, lhs_id, op, rhs_id, param_id, est.std, se)
60 })
61
62 # Leitakse ühendatud hinnangud huvipakkuvatele parameetritele
63 pooled_std <- bind_rows(std_estimates) %>%
64   group_by(param_id, lhs_id, op, rhs_id) %>%
65   summarise(
66     m = n(),
67     est_std = mean(est.std, na.rm = TRUE), # Ühendatud parameetrihinnang leitakse 10
        hinnangu keskmisena
68     V_W = mean(se^2, na.rm = TRUE), # Valimisisene dispersioon
69     V_B = var(est.std, na.rm = TRUE), # Valimitevaheline dispersioon: hinnangute
        varieeruvus PV-de vahel
70     total_var = V_W + (1 + 1/m) * V_B, # Kogu valimi dispersioon
71     se = sqrt(total_var), # Ühendatud standardviga
72     df = ifelse( # Vabadusastmed

```

```

73     V_B > 0,
74     (m - 1) * (1 + V_W / ((1 + 1/m) * V_B))^2,
75     Inf
76   ),
77   t = est_std / se, #Teststatistik eeldusel, et nullhüpoteesi väärtus on 0
78   p_value = 2 * (1 - pt(abs(t), df)),
79   ci_lower = est_std - qt(0.975, df) * se, # 95% usaldusvahemik
80   ci_upper = est_std + qt(0.975, df) * se,
81   .groups = "drop"
82 ) %>%
83 select(
84   lhs = lhs_id,
85   op,
86   rhs = rhs_id,
87   est_std,
88   se,
89   df,
90   t,
91   p_value,
92   ci_lower,
93   ci_upper
94 )
95
96 pooled_std<- pooled_std %>%
97   filter(op %in% c("~=", "~")) # Valitakse vaid faktorlaadungid ja regressioonid

```

## Lisa 7. Ühendatud mudeli tulemused

Siinse tabeli selgitused on analoogsed [Lisa 5. SVM tulemused 1. PV paariga](#) selgitustega,  $z$ -statistiku asemel on kasutatud  $t$ -statistikut.

Tabel 9: Ühendatud mudeli tulemused

			est_std	se	t	p_value	ci_lower	ci_upper
CREAT_ACT	=~	CREATAS	0,680	0,015	46,785	<0,001	0,651	0,708
CREAT_ACT	=~	CREATOOS	0,788	0,016	48,325	<0,001	0,756	0,820
CREAT_SELF	=~	CREATEFF	0,629	0,010	62,010	<0,001	0,609	0,649
CREAT_SELF	=~	CREATOP	0,788	0,010	77,744	<0,001	0,768	0,808
CREAT_SELF	=~	CURIOAGR	0,595	0,012	50,063	<0,001	0,571	0,618
ICT	=~	ICTWKDY	0,932	0,014	65,445	<0,001	0,905	0,960
ICT	=~	ICTWKEND	0,791	0,012	63,353	<0,001	0,767	0,816
MATH	=~	ANXMAT	-0,544	0,012	-46,055	<0,001	-0,567	-0,521
MATH	=~	MATHEF21	0,675	0,009	75,424	<0,001	0,657	0,692
MATH	=~	MATHEFF	0,904	0,009	103,908	<0,001	0,887	0,921
PAR_ED	=~	FISCED	0,660	0,010	65,307	<0,001	0,640	0,680
PAR_ED	=~	MISCED	0,776	0,010	77,571	<0,001	0,756	0,795
PAR_ED	=~	PAREDINT	0,958	0,011	86,782	<0,001	0,936	0,979
PVCRTH_NC	~	AGE	0,071	0,021	3,451	0,001	0,029	0,113
PVCRTH_NC	~	CREAT_ACT	-0,176	0,021	-8,491	<0,001	-0,217	-0,134
PVCRTH_NC	~	CREAT_SELF	0,323	0,030	10,925	<0,001	0,262	0,384
PVCRTH_NC	~	ICT	-0,117	0,019	-6,022	<0,001	-0,156	-0,077
PVCRTH_NC	~	MATH	0,159	0,029	5,530	<0,001	0,100	0,218
PVCRTH_NC	~	PAR_ED	0,049	0,021	2,351	0,025	0,007	0,092
PVMATH	~	AGE	0,103	0,015	6,818	<0,001	0,073	0,132
PVMATH	~	CREAT_ACT	-0,203	0,020	-10,189	<0,001	-0,242	-0,163
PVMATH	~	CREAT_SELF	0,016	0,021	0,742	0,461	-0,027	0,058
PVMATH	~	ICT	-0,151	0,013	-11,807	<0,001	-0,177	-0,126
PVMATH	~	MATH	0,519	0,017	30,091	<0,001	0,484	0,553
PVMATH	~	PAR_ED	0,109	0,015	7,397	<0,001	0,080	0,138

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

Mina, Emma Vahelaan,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Matemaatilise kirjaoskuse ja loovmõtlemise seosed PISA testi 2022. aasta Eesti andmetel“, mille juhendajad on Anne-Mai Kaljuste ja Mart Kals, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Emma Vahelaan

12.05.2026