

Tartu Ülikool
Sotsiaal- ja haridusteaduskond
Haridusteaduste instituut
Eripedagoogika õppekava

Eike Mürsepp

PEASTARVUTAMISE JA TÖÖMÄLU KOMPONENTIDE VAHELISED SEOSSED

5. KLASSI ÕPILASTEL

Magistritöö

Juhendaja: MsC Kaili Palts

Kaasjuhendaja: PhD Anu Palu

Läbiv pealkiri: peastarvutamine ja töömälu komponendid

KAITSMISELE LUBATUD

Juhendaja: Kaili Palts, MsC

.....
(allkiri ja kuupäev)

Kaasjuhendaja: Anu Palu, PhD

.....
(allkiri ja kuupäev)

Kaitsemiskomisjoni esimees: Marika Padrik, PhD

.....
(allkiri ja kuupäev)

Osakonnas registreeritud

.....
(allkiri)

.....
(kuupäev)

Tartu 2012

Resüme

Peastarvutamine on oskus leida kiiresti ja ratsionaalselt ülesande vastus võrduste abil, vajamata selleks pliiatsi-paberi või arvuti abi. Kolmel töömälu komponendil on oma kindel roll peastarvutamisel, kuid see, milline komponent lahendamisse haaratakse, sõltub konkreetsest ülesandest. Käesoleva töö eesmärgiks oli välja tuua seosed peastarvutamise ja töömälu komponentide vahel 5. klassi õpilastel. Töö tulemused näitasid erinevusi hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega õpilaste töömälu komponentide osas, kuid arvutamiskustega õpilaste grupis kolme töömälu komponendi soorituse vahel olulisi erinevusi ei ilmnunud. Selgus, et peamised matemaatilised tehted naturaalarvudega ja kümnendmurdudega on seotud kõigi kolme töömälu komponendiga, kuid kümnendmuru korrutamine ja jagamine naturaalarvuga ainult kesktäidesaatva ja visuaalruumilise komponendiga. Järelikult on peastarvutamise ja töömälu komponentide seoste puhul tegemist spetsiifilise probleemide valdkonnaga, mis vajab edasisi uuringuid.

Abstract

Mental arithmetic is the skill to produce the solution to computational problems quickly and rationally without the aid of paper-pencil or calculators. All three components of the working memory system play a role in mental arithmetic, but which component are activated will depend upon a concurrent task. The goal of current study was to exposure relationship between mental arithmetics and working memory components of 5 grade students. Results of present study show discrepancies between working memory components of good arithmetical solvers and students with mathematical difficulties, but there was`nt differences between three working memory components inside the group of students with mathematical difficulties. There was evidence that essential mathematical operations with natural numbers and decimals correlated with all the three working memory components, but multiplication and division using both decimals and natural numbers are connected only with central executive and visuo-spatial component of working memory. Consequently the relationship between mathematical operations and working memory need further studies.

Sisukord

Resümee ja abstract	2
Sissejuhatus	4
Arvutamisoskusest	4
Mälu ja erinevad mäluliigid	6
Töömälu	9
Töömälu komponendid	11
Kesktäidesaatev komponent ja tähelepanu	12
Fonoloogiline silmus	14
Visuaal-ruumiline komponent.....	16
Episoodiline puhver.....	17
Millest veel sõltub arvutamisoskus.....	17
Kokkuvõte	19
Metoodika.....	21
Valim.....	21
Mõõtvahendid.....	22
Protseduur	25
Tulemused	26
Arutelu	32
Soovitusi käesoleva töö tulemuste kasutamiseks igapäevases õppetöös.....	35
Tänu sõnad	37
Kasutatud kirjandus	38

LISAD

Sissejuhatus

Kaasaegses ühiskonnas osalemiseks vajavad inimesed võimet tunda numbreid, loendada ja arvutada. Vaatamata infotehnoloogia kiirele arengule tuleb igapäev elus ette olukordi, kus on vaja arvutada aega, poes kulutatud ja kassas tagasi saadud raha hulka, toiduainete koguseid toidu valmistamisel vms. Uurijate sõnul tuleb seetõttu kõigile kasuks oskus lahendada kiiresti peast matemaatilisi tehteid, vajamata selleks arvuti või pliiatsi-paberi abi (DeStefano, LeFevre, 2004; Berg, Hutchinson, 2010).

Viimaste aastate uuringute väitel on peastarvutamine seotud mitmete teiste aspektide hulgas hästi funktsioneeriva töömäluga. DeStefano ja LeFevre (2004) sõnul on peastarvutamine kasulik valdkond töömälu alusüsteemide vaheliste seoste uurimiseks, sest matemaatikaülesannetes on erinevate tehete sooritamisel vaja rakendada kõiki töömälu komponente. Mitmed autorid on uurinud töömälukomponentide seoseid üksikute matemaatiliste tehetega, kuid täpsemad seisukohad selle kohta, kuidas on seotud peastarvutamine ja töömälu komponendid, puuduvad. Seetõttu vaadeldakse käesolevas magistritöös töömälu komponentide seoseid aritmeetiliste põhitehetega.

Arvutamisoskusest

Koolimatemaatika on aine, mis nõuab õppimisel järjepidevust ja mille omandamine mõjutab suurel määral õpilase edasijõudmist ka teistes õppeainetes. Matemaatika on üles ehitatud hierarhiliselt, st erinevatest teemadest ja alateemadest on loodud kindla järjestusega süsteem, milles kõik teadmised ja oskused toetuvad eelnevalt omandatud oskustele. Tihedas, järjest raskemaks muutuv õppekavas tähendab see eelkõige seda, et varasematel etappidel tekkinud lüngad võivad saada õpilasele takistuseks kooliastme lõpus ettenähtud pädevuste saavutamisel (Mutso, 2009). Teisest küljest on teada, et kuigi erinevad oskused on sageli omavahel seotud, võivad raskused ühe oskuse valdamises tekkida sõltumata teiste oskustega toimetulemisest.

Arvutamisoskuse kujundamine kuulub põhikooli aritmeetika teemade hulka ja suurema osa sellest omandavad õpilased 6.klassi lõpuks. Arvutamise alustatakse 1.klassis naturaalarvude liitmise ja lahutamise õppimisega 0-10 piires, laiendades teema käsitlust järgmisesse klassi liikudes üleminekuga ühest kümnest teise ja kasutades õpitud oskusi suuremate

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 5 naturaalarvude liitmisel ja lahutamisel (Oja, 2010). II kooliastme lõpuks peavad õpilased omandama arvude lugemis-, kirjutamis- ja võrdlemisoskuse, kusjuures igas klassis on arvud järgu või klassi võrra suuremad. Hea arvutamisoskuse omandamiseks ei piisa ainult teemaga tutvumisest. Nii Ü. Reinsoni kui E. Noore sõnul omandab laps hea arvutamisoskuse ainult pideva, intensiivse ja vaheldusrikka harjutamise ja treeningu kaudu (Noor, 1998; Reinson, 2010). Põhikooli aritmeetikavaldkond hõlmab järgmised teemad: arvutamine, mõõtmine, tekstülesanded ja protsent. Käesolevas töös käsitletakse arvutamisoskust, mis põhineb algoritmide õpetamisel vastavate aritmeetiliste tehete sooritamiseks.

Riiklikud tasemetööd lubavad väita, et I kooliastme matemaatika õpitulemused omandatakse suhteliselt hästi. 3.klassi õpilaste edukus 2011.a matemaatika tasemetöö sooritamisel oli 97,6 % , keskmine sooritus 84,9 %. II kooliastme lõpus näitavad 6.klassi õpilaste tasemetööde tulemused matemaatikas aga olulist langust, tuues välja edukusena 81,5 % ja keskmise tulemusena ainult 63,8 % (Üleriigiliste tasemetööde tulemused 2011.a.). Nende tulemuste põhjal võib järeldada, et II kooliastmes tekivad matemaatikas õpilastel esimesed tõsisemad raskused.

Autorite väitel tekitavad algkooliealisele lapsele erilisi raskusi aritmeetika kaks aspekti- murrud ja mitmekohalised arvud. Murrud tekitavad probleeme sellepärast, et lapsed toetuvad liitmisel ja lahutamisel esialgu loendamisele. Loendamisel kasutatakse aga alati täisarve ning luuakse arvude ja objektide vahel vastastikune suhe – s.t arv 1 vastab ühele objektile ja arv 2 kahele objektile. Lastel on raskusi ka murdude lõpmatuse mõistmise, järjestamise, nulli kasutamisega aritmeetilistes tehetes ja suurema arvu väiksemast lahutamisega (Butterworth, Harris, 1994; Dowker, 2005). Paljudel õpilastel on probleeme 1st väiksemate murdude mõistest arusaamisel ja omandamisel. Õppimise käigus, arvutamisel mitmekohaliste arvudega tekivad vead liitmisel ja lahutamisel peamiselt valesti teostatud protseduuridest, nt. vahetulemuste säilitamisel ja järkude ületamisel (Butterworth, Harris, 1994; DeStefano, LeFevre, 2004, Värv, 2009).

Teadaolevalt on mõned aritmeetilised tehted raskemad kui teised. Näiteks valmistavad enamikule õpilastest rohkem probleeme korrutamise ja jagamise kui liitmine ja lahutamine. Lahutamine on mõnede õpilaste jaoks omakorda raskem kui liitmine (Dowker, 2005). Korrutamise õpetamine põhineb arvulise info meeldejätmisel. Seega on selle tehte õppimisel olulisel kohal õpilaste individuaalsed erinevused ülesandes sisalduva informatsiooni mällu salvestamises ja selle meenutamises ülesande lahendamise ajal (Dowker, 2005).

Arvutamisoskus sisaldab lisaks arvutamistehete sooritamisele võimet rakendada pikaajalisse mällu salvestatud aritmeetilisi teadmisi ja mõisteid, võimet järgida õpitud reegleid, mis on vajalikud antud tehete sooritamiseks (nt liitmine, lahutamine, korrutamine, jagamine) (Lucangeli, jt 2003; DeStefano, LeFevre, 2004; Dowker, 2009). Nt. ühekohaliste arvudega ülesannetes, nt 3×4 või $6 + 9$ on arvutamine seotud otsese ligipääsuga pikaajalises mälus salvestatud faktide juurde ja neid teadmisi kasutusele võttes ülesande lahendamise. Samas mitmekohaliste arvudega ülesannetes, nagu $34 + 96$ või 15×23 , hõlmab arvutamine lisaks põhilistele faktiteadmistele järguületamise või laenamise operatsioone vastavalt järguühikule (sajalised, kümnelised, ühelised) (DeStefano, LeFevre, 2004). Valdonna seisukohast on arvutamisprotsessid aeglasemad ja vigaderohkemad raskemates ülesannetes ja nendes ülesannetes, mis nõuavad järguületamisoperatsiooni (nt $34 + 96$), võrreldes ülesannetega, kus järguületamist ei nõuta (nt $34 + 52$) (DeStefano, LeFevre, 2004).

Teisest lähtekohast on arvulise info tootmine põhjustatud 3 funktsionaalse süsteemi aktiivsusest: arvude võrdlemine, produtseerimine ja arvutamine (Lucangeli, jt, 2003). *Võrdlemise* abil muudetakse arvu pinnapealne struktuur (esitatud kas sõna või numbrilise kujul) abstraktseks kujutluseks arvu suurusest, millega saavad opereerida teised süsteemid. *Produtseerimise* abil kantakse abstraktne informatsioon spetsiifilisse sõnalisse või numbrilisse koodi, andes vastuse matemaatilisele ülesandele (Lucangeli, jt, 2003). *Arvutamine* opereerib abstraktsete kujutlustega arvu suurustest, kasutades aritmeetiliste faktide leidmist mälust ning teadmisi aritmeetilistest mõistetest ja arvutamisest (Lucangeli, jt, 2003).

Eelpooltoodu põhjal nõustun DeStefano, LeFevre (2004) väitega, et peastarvutamine on kasulik valdkond töömälu alakomponentide uurimiseks, kuna arvutamine ja töömälu on tihedalt üksteisega seotud .

Mälu ja erinevad mäluliigid

Arusaamine mälust ja selle talitlusest on kesksel kohal nii mõtlemise kui õppimise mõistmisel. Mälus säilitatavad teadmised ja oskused ümbritsevast maailmast on erinevad, mistõttu ei ole raske mõista, miks inimeste kujutlused ühe ja sama informatsiooni tajumisel on sageli nii erinevad (Krull, 2000).

Mälu on elusa organismi võime omandada ja säilitada kasulikke oskusi, teadmisi ja harjumusi (Allik, Rauk, 2006). Seega võib järeldada, et mälu ja õppimine on omavahel

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 7 tihedalt seotud. Mälu põhjal tekivad kogemused, mis on aluseks uute teadmiste-oskuste omandamisele. Ehk teiste sõnadega: minevikus olnud on võimalik kasutada tulevikus (Nienstedt, jt., 2001; Bachmann, Maruste, 2002). Mäluprotsesside hulka kuuluvad meeldejätmise, meespidamise ja meeldetuletamise (Rumberg, Uljas, 2002; Bachmann, Maruste, 2003; Allik, Rauk, 2006).

Väidetavalt on mälu on mitmene süsteem, kus on võimalik eristada alasüsteeme ehk eri mäluliike (Allik, Rauk, 2006; Tulving, 2007). Informatsioon salvestub **sensoorsesse** mällu erinevate meelte abil, mille alusel eristatakse kuulmis-, nägemis-, lõhna- ja liigutusmälu (Allik, Rauk, 2006). Järelikult on sensoorse mäluta mõeldamatu ümbritseva maailma tajumine ja sealt info omandamine (Bachmann, Maruste, 2002). Sensoorses mälus sorteeritakse ja kodeeritakse info lühiajalise salvestuse jaoks vähem kui sekundi jooksul ning kohe pärast info vastuvõtmist algab unustamine (Uljas, Rumberg, 2002). Väike osa informatsioonist liigub edasi lühimällu.

Lühimälus salvestatakse sõnaliselt kodeeritud materjal, kuid kuna pidevalt lisandub uus info, kestab lühimälu vaid niikaua, kuni sealolevale informatsioonile tähelepanu pööratakse. Lühimälule on iseloomulikud neli tunnust: 1. *väike kestus* – iga asi püsib töödeldavana ainult mõned sekundid, nt kasutab inimene lühimälu siis, kui ta peab telefoninumbrit just nii kaua meeles, kui on vaja selle valimiseks (Nienstedt, jt, 2001). 2. *piiratud maht*- lühimälu mahutab keskmiselt 7 infoühikut. Teadaolevalt on võimalik suurendada ühe mäluühiku mahtu, kuid mitte ühikute arvu (Allik, Rauk, 2006). Nt pika numbri (v koodi) meeldejätmisel on võimalik materjal organiseerida lihtsamateks tuttavateks ühikuteks. Sellist info kokkupakkimist mälus nimetatakse *känkimiseks* ja neid suuremaid ühikuid e. *känke* suudab inimene meelde jätta 5-9 tk. 3. lühiajaline mälu on *tahtlikult juhitav*- kordamise abil on võimalik pikendada aega, mille jooksul informatsioon lühiajalises mälus püsib. 4. Lühiajaline mälu on *tundlik* kahte erinevat tüüpi *sekkumisele* (interferentsile) - st lühiajalisse mällu ei mahu korraga mitut informatsiooni (Toomela, 1999). Proaktiivse sekkumise korral on uut informatsiooni raske meelde jätta, sest varem meeldejäetu segab. Retroaktiivse sekkumise korral kustub vana informatsioon uue lisandumisel (Toomela, 1999). Info säilib lühimälus mehhaanilise kordamise teel. Lühimälu perioodi tähtsus seisneb info omandamise, püsimällu jõudmise rollis.

Visuaalset lühimälu võib jagada **visuaalseks** ja **ruumiliseks mäluks**. Ruumilise asukoha mälu näib ununevat sekundite jooksul, samal ajal kui mälu visuaalsete objektide jaoks mitte. Visuaalne ja ruumiline mälu kuuluvad visuaalruumilise komponendi hulka. Viimane on üks

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 8 kolmest töömälu komponendist, mis on fonoloogilise silmusega analoogne süsteem visuaalruumilise info säilitamiseks (Baddeley, jt, 2010).

Pikaajalises mälus säilib informatsioon väga pikka aega (Toomela, 1999; Nienstedt, jt, 2001; Bachmann, Maruste, 2003). Samas ka mahutab pikaajaline mälu väga palju informatsiooni, kuid osa sellest ei pruugi olla kättesaadav (Toomela, 1999). Lühimälust aitavad informatsiooni pikaajalisse mällu viia verbaalne kordamine, info mõtestamine, seostamine varasemaga või tugevad elamused (Bachmann, Maruste, 2003). Unustamine toimub pikaajalise mälus interferentsi (so kahe või enama psüühilise protsessi vastastikuse mõju) tõttu.

Mälus olevaid süsteeme eristatakse veel mällu salvestatud erinevate teadmiste poolest, nende kasutamise teadvustatuse poolest ja selle poolest, mil viisil toimub informatsiooni omandamine. Sellest tulenevalt eristatakse **protseduurilist**, **semantilist** ja **episoodilist** mälu.

1.) *Protseduurilises mälus* on teadmised selle kohta, kuidas mingit eesmärki saavutada, st selgeks õpitud tegevused, liigutused (Toomela, 1999; Uljas, Rumberg, 2002). Samas on inimesel tavaliselt raske teisele kirjeldada kuidas ta (vilununa) antud oskust sooritab, nt kingapaelte sidumine. Protseduurilisse mällu kuuluv teadmine omandatakse praktilise tegevuse käigus.

2.) *Semantilises mälus* on teadmised ja faktid ümbritseva maailma kohta. Semantilisele mälule on iseloomulik, et info talletatakse jälgimise ja õppimise teel (nt koolis õpitud teadmised). Semantiline mälu on püsiv, kuigi suur osa semantilisest mälust on igal hetkel mitteaktiivne (Bachmann, Maruste, 2003).

3.) *Episoodilises mälus* ununeb olemasolev info seda kiiremini, mida rohkem uut infot peale tuleb. Info on seotud inimese endaga ja nõuab teadvustamist (Toomela, 1999; Uljas, Rumberg, 2002).

Kõige uuem mälusüsteemide käsitus eristab **eksplitsiitset** ja **implitsiitset** mälu. Eksplitsiitne mälu eeldab meenutavate sündmuste ja õpitud faktide teadvustatust, samal ajal kui implitsiitne mälu viitab kergendatud juurdepääsule olemasolevatele teadmistele, kuid ei teadvusta seda kergendatust või selle põhjusti (Allik, Rauk, 2006; Tulving, 2007).

Teatud juhul võib tajutud informatsioon mällu salvestuda iseenesest sihipärase omandamiseta, so **tahtmatult**. Kuid sellisel kujul omandatud materjal on tihti juhuslikku laadi

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 9 ja ebatäpne. Süsteemse pingutuse ja tähelepanu teadliku suunamise abil omandatakse informatsioon **tahtlikult** (Uljas, Rumberg, 2002). Kõik mälu protsessid ja enamik mälu liike on tahtliku ja tahtmatu meeldejätmise kombinatsioonid.

Eelnevat kokku võttes mängib omandamises olulist osa see, millised teadmised inimesel juba olemas on, kui ta hakkab midagi uut õppima. Varasemad teadmised võetakse appi uute omandamisel. Meeldejätmise ja meenutamise vahel võib Tulvingu (2007) sõnul salvestatud info kas muutuda või hävida.

Töömälu

Töömälu on tööruum mälusüsteemis, kus hoitakse infot selle töötlemise ajal. Tänapäeval on teada, et töömälu kasutab nii välismaailmast hetkel vastuvõetud kui ka pikaajalises mälus salvestatud infot. Uurijate sõnul leitakse matemaatilise ülesande vastus sageli just otse pikaajalisest mälust. Nt Bergi ja Hutchinsoni (2010) sõnul kasutavad normaalse töömälu funktsiooniga lapsed arvutamisel otsest mälust vastuse leidmist ülesandele sagedamini kui arvutamiskustega lapsed ja suudavad seega kiiremini lahendada matemaatilisi ülesandeid. Uue ülesande saamisel tekib kõigepealt kognitiivne kujutlus matemaatilisest ülesandest mälu salvestatud elementide organiseerimisel ja struktureerimisel. Oluline roll meelte poolt sisendatud informatsiooni töötlemisel on seejuures minevikus salvestatud kogemustel, mis aitavad taju mõtestada. Lastel, kellel esineb õppimisel probleeme, ei ole piisavat mineviku kogemuste pagasit, mis aitaks neil uut informatsiooni tõlgendada ja tajutavate stiimulite vahel seoseid leida (Sharron ja Coulter, 2011). Kuna sellistel lastel puudub võime või vajadus kehtestada informatsiooni töötlemise järjekord, on neil ka raske tegeleda korraga mitme informatsiooniallikaga (Sharron, Coulter, 2011).

Niisiis kogume ülesannet lahendama asudes mälust informatsiooni, mida on vaja ülesande lahendamiseks, ja kui me tajume, et seda ei ole piisavalt, pöördume uute andmete saamiseks ülesande juurde tagasi. Sharroni ja Coulteri (2011) sõnul võib see aspekt olla madalamate võimetega laste ja täiskasvanute jaoks väga raske.

Töömälu vahendab informatsiooni liikumist pika- ja lühiajalise mälu vahel mõlemas suunas ja võimaldab kontrollida käesolevat tegevust. Kuigi mõned autorid väidavad, et töö- ja lühimälu on üks ja seesama mälu osa (Nienstedt, jt, 2001), eristatakse enamuses uuringutes lühimälu töömälust. Töömälu funktsioneerib vaimse hoidlana (*store*) keeruliste ülesannete

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 10 sooritamisel ja selle ülesandeks on kombineerida informatsiooni salvestamist (*storage*) ja töötlust (*processing*) (Baddeley, jt., 2010). Ometi kasutatakse lühimälu mõistet tänapäeval juhtudel, kui on vaja vahetult meenutada vähesel hulgal informatsiooni ja töömälu mõiste viitab laiemale süsteemile, mis haarab tähelepanu kontrolli ja lubab manipuleerida infoga, mida hoitakse lühimälus (Allik, Rauk, 2006; Baddeley, 2007; Geary, jt, 2007).

Olemas on mitmeid töömälu mudeleid. Mõnedes neist vaadeldakse töömälu unikaalse piiratud võimega süsteemina, kus töötlus- ja salvestamisprotsessid võistlevad oma osapoole ressursside eest ja need, mis üldistavad töömälu kui mitmekomponendilist süsteemi, mis hõlmab spetsialiseerunud alasüsteeme. Baddeley ja Hitchi poolt (1974, viidatud Holmes, Adams, 2007) välja pakutud töömälu mudel on vaieldamatult kõige enam rakendatud mudel. Selle mudeli alusel hõlmab töömälu nelja alakomponenti: fonoloogilist silmust, kesktäidesaatvat komponenti, visuaalruumilist hoidlat ja episoodilist puhvrit. Käesolevas töös käsitletakse täpsemalt kolme olulisemat töömälukomponenti: *kesktäidesaatev komponent*, mis koosneb tähelepanu kontrollivast süsteemist ja kaks lisasüsteemi, *fonoloogiline silmus* ja *visuaalruumiline komponent*. Teadaolevalt on kõik eelpool nimetatud süsteemid piiratud salvestusvõimega.

Teoreetiliselt eristatakse kahte erinevat töömälu käsitlust. Üldise käsitluse alusel, koosneb töömälu üldisest kesksest kontrollisüsteemist, mida toetavad iseseisvad valdkonnaspetsiifilised (verbaalse ja visuaalse info) komponendid. Teise, valdkonnaspetsiifilise käsitluse alusel, koosneb töömälu kahest eraldi ressursist, mis vastutavad vastavalt visuaal-ruumilise või verbaalse informatsiooni kontrollimise, töötamise ja säilitamise eest (Andersson, Lyxell, 2007). Valdkonnaspetsiifilist lähenemist on kasutatud uuringutes täiskasvanute ja vanemate lastega. Üldine lähenemine on haaratud erinevate populatsioonide, nt täiskasvanud, lapsed või neuropsühholoogiliste probleemidega patsiendid, uuringutesse (Andersson, Lyxell, 2007).

Töömälus toimuvad lapse arendes suured muutused. Väidetavalt suureneb töömälu maht eelkoolieast algkooli lõpuni. Nt suudavad lasteaia lapsed säilitada töömälus 3-4 infoühikut (v. numbrit), samal ajal kui tüüpiline 4.klassi laps suudab mälu hoida 5-6 ühikut (Kail, 1990, viidatud Geary, jt, 2004). Arengulised muutused mälu mahus on seotud strateegiate kasutamise paranemisega, kordamisega, info töömälus aktiivsena hoidmise ja vanusega seotud muutustega töömälu mahus (Geary, jt, 2004). Nt sõnalise info hoidmiseks töömälus on vaja seda korrata, et see ei kustuks. Kui sõnade kordamise kiirus on väiksem, on ka töömälu

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 11 maht väiksem. Teisest küljest teadmised, mis on esitatud mälus selgemalt ja täpsemalt, aktiveeruvad kiiremini ja seetõttu saab laps kätte rohkem infot enne, kui jõutakse mälu mahu piirideni. Näiteks kinnitas Swansoni (2004) uuring, et kõrgema töömälumahuga lastel on ülesande saamisel rohkem ressursse andmete säilitamiseks, kui madalama töömälumahuga lastel. Järelikult on töömälu kaudu võimalik aidata lastel kooliajal omandada puuduolevad teadmised (Geary, D., Hoard, M., 2008; Meyer, jt, 2010). Tänapäeval on teada, et koolieelses eas suureneb sõnalise töömälu maht meeldejäetavate ühikute arvu kasvamise näol. Alates 7a vanusest hakkab mälu maht suurenema ühikute tihendamise arvel. Viimast on võimalik teha seoste leidmisega olemasoleva info erinevate osade vahel, info süstematiseerimisega ja nn kokkupakkimisega (Kikas, 2008).

Töömälu kontseptsioon on algusest peale olnud aluseks paljudele uuringutele ja annab teadlastele ja õpetajatele väärtuslikku teavet laste õppimise kohta. Näiteks uurisid Jackson ja Coney (2007) üliõpilastel automaatset mälust vastuse leidmist liitmis- ja korrutamisesannetele ja avastasid erinevate tehete puhul üliõpilaste individuaalsed erinevused. Autorid leidsid, et peast arvutamine on ülesanne, mis nõuab mitmete kognitiivsete funktsioonide kaasamist. Järelikult on aritmeetiline tehe ja töömälu alaosüsteemid seotud spetsiifilisel, tehete omasel viisil, nagu väitsid ka Lee ja Kang (2002).

Eeltoodu põhjal nõustun Kyttälä, jt (2010) väitega, et töömälu on üks kõige tähtsamatest kognitiivsetest ressurrssidest, mis kuulub matemaatilise pädevuse hulka.

Töömälu komponendid.

Töömälu komponentide seotust matemaatikaga lapse kooliajal on kinnitanud mitmed uuringud (DeSefano, LeFevre, 2004; Holmes, Adams, 2006; Geary, jt, 2007; Kyttälä, Aunio, Hautamäki, 2010; Meyer, jt, 2010). Väidetavalt on matemaatiliste õpiraskustega kooliealistele lastele iseloomulikud kesktäidesaatva komponendi, fonoloogilise silmuse ja visuaalruumilise komponendi häired. Uuringute põhjal on selgunud, et igal töömälu komponendil on oma roll matemaatilises kognitsioonis, mis varieerub sõltuvalt lapse kogemustest ja arengust (Meyer, jt, 2010). Näiteks osalevad kesktäidesaatev komponent ja fonoloogiline silmus ülesannete lahendamisel õppimise varastes etappides (so 7-8a vanuses), kuid nende roll väheneb neile järgnevate õpiaastate jooksul (Meyer, jt, 2010). Samas sõltub see, milline komponent

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 12 ülesande lahendamisel aktiveeritakse nii käesolevast ülesandest, kui ka mitmetest teistest teguritest (DeStefano, LeFevre, 2004; Kytälä, Lehto, 2008; Passolunghi, Cornoldi, 2008).

Järgmistes alapeatükkides tuleb veidi lähemalt juttu igast töömälu kolmest komponendist ja nende iseloomulikest tunnustest. Kõige esimesena kirjeldan kesktäidesaatvat komponenti.

Kesktäidesaatev komponent ja tähelepanu

Kolmekomponendilise töömälu kõige tähtsam alaosüsteem on kesktäidesaatev komponent, mis on otseses kontaktis nii fonoloogilise silmuse kui visuaalruumilise komponendiga. Kesktäidesaatev komponent tegeleb kirjanduse väitel tähelepanu kontrollimise, visuaalruumilise komponendi ja fonoloogilise silmuse vahelise koostöö ning töömälu ja teiste mäluosade vahelise koostöö reguleerimisega. Baddeley, jt, (2010) sõnul on kesktäidesaatev komponent tähelepanu poolt piiratud süsteem, mis valib ja manipuleerib materjaliga kahes alaosüsteemis, kontrollides samal ajal kogu töömälusüsteemi tööd.

Kesktäidesaatva komponendi seost peastarvutamisega on kinnitanud mitmed uurijad (DeStefano, LeFevre, 2004; Imbo, Vandierendonck, DeRammaelaere, 2007). Teadaolevalt mängib kesktäidesaatev komponent rolli nii ühekohaliste, kui mitmekohaliste arvudega ülesannete lahendamisel (DeStefano, LeFevre, 2004; Imbo, Vandierendonck, 2007). Arvutamisel on kesktäidesaatva komponendi ressursse vaja vahetulemuste säilitamiseks, tehete ja matemaatiliste operatsioonide järjestamiseks, info liikumise ja vastuse arvutamise koordineerimiseks. Seega jälgib kesktäidesaatev komponent arvutamisel nii tehete komponente kui tehete sooritamist.

Suurim kesktäidesaatva komponendi funktsioon on keskendumine tähelepanule, täpsemalt võimele juhtida tähelepanu käesolevale ülesandele (Baddeley, 2007). Nt võib ette kujutada olukorda, kus autojuht vestleb oma kaassõitjaga ja juhib samal ajal autot. See on olukord, milles kesktäidesaatvat komponenti läheb vaja tähelepanu tuleb ümber lülitamiseks kahe või enama ülesande vahel. Tähelepanu kontrollimise abil aitab kesktäidesaatev komponent märgata ka vigu ülesande lahendamise ajal. Kesktäidesaatva komponendiga on seotud *pärssivad protsessid (inhibitory processes)*, millega seostatakse töömälu kahjustust matemaatiliste raskustega õpilastel. Näiteks peast arvutamisel ei ole ka kõige lihtsama tehete vastus lihtsalt kahe tehteliikme vahelise seose tulemus. Ülesannet lahendama asudes

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 13 aktiveeritakse ajus kõik konkureerivad lahendused ja laste ülesandeks on pärssida nende hulgast valed variandid (Passolunghi, Siegel, 2004).

Eelneva põhjal selgub, et kesktäidesaatva komponendi peamiseks ülesandeks on tähelepanu juhtimine. Tähelepanu näol on tegemist nii tunnetusprotsessi kui ka tegevuse regulatsioonimehhanismiga (Bachmann, Maruste, 2003; Aru, Bachmann, 2009). Tähelepanu ülesandeks on valida teadvuse keskmesse osa võimalikest signaalidest. Isik suunab ja kontsentreerib psüühilise tegevuse objektile, millel on tema jaoks püsiv või olukorrast lähtuv tähtsus. Tähelepanu aitab tegevust koordineerida selliselt, et igal ajahetkel on võimalik tajuda, kujutleda ja analüüsida kõige vajalikumat või tähtsamat sellel hetkel ja alles siis pöörduda järgmise õige töötlusoperatsiooni juurde (Bachmann, Aru, 2009). Tähelepanu osaleb tegevuse õigel ja teadlikul suunamisel, kontrollib tegevuse vahetulemusi, suunab toiminguid, planeerib mõttetegevust ja suhtlust, püstitab ja saavutab eesmärged.

Tähelepanu võib tahteliste protsesside osalemise põhjal olla kas *tahteline* või *tahtmatu*. *Tahtelist* tähelepanu juhib inimene ise lähtuvalt oma hetkeplaanidest, strateegiast ja eesmärkidest, *tahtmatu* tähelepanu hakkab tööle teiste hulgast esilepääseva, silmatorkava välisstiimuli mõjul. Tahtmatu tähelepanu on osaliselt teadlikult mittekontrollitav ja automaatne. Samas on teada, et tahtlik ja tahtmatu tähelepanu funktsioneerivad peaaegu alati korraga. Lisaks neile kahele eristatakse ka *fokuseeritud tähelepanu*, kus tähelepanu on suunatud ühele objektile ja *jagatud tähelepanu*, kus infoallikaid on mitu ja tähelepanu jagatakse nende vahel. Tähelepanu omaduste hulka kuuluvad: valivus, maht, püsivus, jaotuvus ja ümberlülituvus, mis aitavad teadlikult planeerida ja läbi mõelda praktilisi igapäevaseid küsimusi erinevatel elualadel. Igapäevase õppetöö seisukohast on oluline teadmine, et tähelepanu ja -keskendumisvõime kujutavad endast sedavõrd seotud ja vastastikku sõltuvaid nähtusi, et kui neist kahest üks on häiritud, siis juhtub see paratamatult ka teisega (Martinson, 2010).

Kesktäidesaatva komponendi ülesannetest kasutatakse uuringutes sageli lausete meenutamise ülesannet (*the Listening recall task*). Ülesandes on lapsel vaja kuulata lauseid, millest mõned on valed ja mõned õiged ning otsustada seejärel kas lause oli õige või vale. Ülesande lõpus tuleb lapsel nimetada kõikide lausete viimased sõnad kuuldu järjekorras. Kesktäidesaatva komponendi uurimiseks kasutatakse ka loendamise meenutamise ülesannet (*Counting recall*), milles laps loendab 4-7 täppi kaardil ja nimetab loendatud täppide arvu kaardiseeria lõpus. Kõnealuse komponendi funktsioneerimise kohta annab informatsiooni ka

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 14 tagurpidi loendamise ülesanne (*Backward digit recall*), kus lapsele loetakse ette arvujada, mida tal tuleb korrata kohe peale kuulamist tagurpidises järjestuses.

Kokkuvõttes kuuluvad kesktäidesaatva komponendi funktsioonide hulka: 1. Kahe või enama tehte soorituse koordineerimine (sh simultaanne info salvestamine ja töötlus) ülesande lahendamisel 2. tähelepanu ümber lülitamine ühelt ülesandelt teisele 3. pöördumine valikuliselt salvestatud info juurde ja mittevajaliku informatsiooni pärssimine selles 4. pikaajalisest mälust info aktiveerimine ja ammutamine (Andersson, Lyxell, 2007).

Fonoloogiline silmus

Fonoloogiline silmus moodustab töömälust ühe suhteliselt väikese osa, kuid on tõenäoliselt kõige paremini eristatav aspekt töömälu mitmekomponendilises mudelis. Fonoloogiline silmuse ülesandeks on säilitada ajutiselt kõnepõhist ja akustilist (so verbaalset) informatsiooni (Holmes, Adams, 2006; Baddeley, 2007). Hoidla tegeleb mälujälgede säilitamisega, mis säilivad fonoloogiliste koodidena väga lühiajaliselt ja võivad kaduda sekundite jooksul, vaatamata õpitu kordamisele (Swanson, 2004; Baddeley, 2007). Mälujälgi aitab värskendada subvokaalne (so hääleta) artikulatsioon, mille abil on võimalik näiteks visuaalselt esitatud materjali verbaalseks ümber kodeerida ja seejärel fonoloogilises hoidlas salvestada (Baddeley, 2007). Baddeley (2007) sõnul on fonoloogilise silmuse võimsus piiratud mõne objektini ja seda kasutatakse ainult kindlates olukordades. Fonoloogilise silmuse sees eristatakse erinevaid fenomene:

1. Artikulatsiooni mahasurumine (*articulatory suppression*). See hoiab ära hääleta kordamise ja visuaalselt esitatud materjali registreerimise fonoloogilises hoidlas. Arvatakse, et artikulaatorne suppressioon lõhub fonoloogilise silmuse töö ülesande lahendamisel, nt kui ülesande lahendamist saadab mõni mitteverbaalne tegevus, nt sõrmega koputamine. Nt on uuringutes leitud, et artikulaatorne suppressioon kahjustas mitmekohaliste arvudega liitmisülesannete lahendamist (Heathcote, 1994; viidatud DeStefano, LeFevre, 2004).
2. Ebasobiv helieffekt – situatsiooni mittesobiv heli võib lõhkuda fonoloogiliste koodide järjestikuse meenutamise. Tegelikuses võib iga käesolev tegevus potentsiaalselt takistada ülesande lahendamist, kuna esitab oma nõuded meie piiratud tähelepanuvõimele.

3. Fonoloogilises silmuses on eristatavad kaks komponenti: kõnepõhine fonoloogiline hoidla ja artikulaatorne kordamis (*rehearsal*) mehhanism

Fonoloogiline silmus on spetsialiseerunud valdkonnaspetsiifilisele informatsioonile, st see on haaratud andmete kodeerimisse ja aritmeetiliste tehteliikmete säilitamisse arvutamise ajal (Hecht, 2002; Passolunghi, Cornoldi, 2008; Meyer, 2010). Näiteks on leitud seos fonoloogilise silmuse testitulemuste ja peastarvutamisoskuste vahel, mis oli tugevam vanematel (9-10a) lastel võrreldes 8-9a vanuste lastega (Holmes, Adams, 2006). Koolilastega on uuringuid läbi viinud ka Swanson (2004), kelle sõnul nooremad (8a) lapsed kordavad vähem ja ei suuda seetõttu informatsiooni omandamisel säilitada lühimälu nii hästi kui vanemad (11a) lapsed. Järelikult kasutavad nooremad lapsed ebaefektiivselt fonoloogilisi kordamisprotsesse (Swanson, 2004). Töömälu mitmekomponendilise mudeli abil on leitud, et fonoloogiliste koodide kaudu esitatud ülesanded (õeldud numbrid, kirjutatud arvsõnad), nõuavad fonoloogilise silmuse kasutamist rohkem, kui need, mis on esitatud visuaalsete koodide kaudu (nt Araabia numbrid) (DeStefano, LeFevre, 2004). Fonoloogiliste või visuaalsete koodide kasutamine matemaatikaülesande lahendamata asumisel mõjutab hilisemaid peastarvutamise etappe (DeStefano, LeFevre, 2004).

Fonoloogilisi kordamisprotsesse läheb vaja klassikalises lühimälu uurimiseks kasutatavas ülesandes *digit span*. Selles ülesandes tuleb inimesel jätta lühikeseks ajaks meelde kuuldud/nähtud järjestuses väikesel hulgal arve (objekte). *Span* väljendab kõige suuremat meeldejäetud objektide arvu. Enamik inimestest suudab mälu lühiajaliselt säilitada 6-7 arvu, kuid mõnedel õnnestub salvestada 10 või enamgi arvu. Swanson (2004) sõnul on nooremate laste (8a) *span* väiksem kui vanematel (11a) lastel, mistõttu on võimalik, et nende põhilised probleemid on seotud fonoloogilise sisendi salvestamisega mällu. Seega mängib fonoloogiline töötlus olulist rolli vanusega seotud muutustes ülesannete lahendamisel, kuid teisest küljest ei ole töömälu vanuse suurenemine otseselt seotud fonoloogiliste protsesside paranemisega (lühimälu, nimetamise kiirus) (Swanson, 2004). Arvutamiskustega laste võime arve meelde jätta (*digit span*) on Mabbott ja Bisanz (2008) sõnul väiksem kui keskmise arvutamisoskusega eakaaslastel.

Fonoloogilise silmuse seotust arvutamisega on uurinud Lee ja Kang (2002), kes lasid üliõpilastel lahendada lihtsaid lahutamise- ja korrutamises ülesandeid ja leidsid, et korrutamises ülesannete lahendamine oli kahjustatud ainult fonoloogilise koormamise kahekordses (*dual-task*) ülesandes. Lee ja Kang (2002) leidsid, et fonoloogilise koormamise

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 16 ülesanne ei pikendanud lahutamisülesannetes latentsiaega ülesandele vastamisel neil uuritavatel, kes leidsid ülesandele vastuse otse pikaajalisest mälust. Järelikult on fonoloogiline silmus seotud lihtsate matemaatikaülesannetega ainult siis, kui õpilased kasutavad ülesande lahendamiseks vastuse arvutamise strateegiat.

Visuaalruumiline komponent

Teine töömälu alasüsteem, visuaal-ruumiline komponent täidab fonoloogilisele silmusele sarnast funktsiooni visuaalselt ja/või ruumiliselt kodeeritud objektide ja muustrite (*arrays*) jaoks (Baddeley, jt, 2010). Uuringud kinnitavad, et informatsiooni lühiajalisel salvestamisel on võimalik eristada objektide visuaalseid tunnuseid ja nende ruumilist asukohta. Visuaalruumiline komponent salvestab mällu visuaalsetest, taktilistest ja kinesteetilistest allikatest pärineva info ja integreerib selle omavahel. Visuaalne mälu suudab korraga hoida rohkem kui neli objekti, millest igaüks võib hõlmata omakorda mitmeid tunnuseid. Salvestamine toimub lühikese ajavahemiku jooksul ja mängib võtmerolli visuaalruumiliste kujutluste loomises ning nendega manipuleerimises. Visuaalse ja ruumilise info salvestamisega pannakse alus ülesande kognitiivsele töötlusele.

Kirjanduse väitel säilitab visuaalruumiline komponent tekkinud kujutlusi ebaspetsiifilise kordamise kujul. Logie (1995, viidatud Baddeley, 2007) tõi välja detailse visuaalruumilise komponendi mudeli, milles ta eristas passiivset visuaalset salvestussüsteemi (*visual cache*) ja aktiivset ruumilist komponenti (*inner scribe*), mis on analoogne fonoloogilise silmuse jagunemisega fonoloogiliseks hoidlaks ja artikulatorseks kordamismehanismiks. Logie (1995, viidatud Baddeley, jt, 2010) mudeli tunnuseks oli väide, et informatsioon väljub visuaalruumilisest hoidlast pikaajalise mälu kaudu, mitte otse sensoorsest sisendist. Visuaalruumilise komponendi roll tõuseb oluliselt hilisemates (9-10a lastel) õppimise etappides, viidates visuaalruumiliste kujutluste suurenevale osale matemaatiliste ülesannete lahendamisel (Meyer, jt., 2010). Visuaalruumilist komponenti võib kasutada vahetulemuste säilitamiseks, kui õpilasi julgustatakse kasutama ülesande visuaalset esitlust (Logie, et al 1994, viidatud Kyttälä, Lehto, 2008).

Visuaalruumilise mälu rollile matemaatiliste ülesannete lahendamisel on pööratud vähe tähelepanu, vaatamata asjaolule, et osaliselt on matemaatika oma olemuselt väga visuaal-ruumiline (Kyttälä, Lehto, 2008). Selleks, et mõista numbriga tähistatud arvu väärtust ja selle

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 17 seost teiste arvudega, on oluline tajuda arvu visuaalruumilist asukohta (*location*). Lisaks arvatakse visuaalruumiline töömälu vastutavat visuaalse ja ruumilise informatsiooni töötluste (*processing*) ja lühiajalise salvestamise (*short-term storage*) eest (Kyttälä, Lehto, 2008).

Visuaalse töömälu võimekust mõõdetakse nt visuaalse maatriksi (*Visual matrix span*) meenutamise ülesandega, kus uuritavatele esitatakse teatud arv märgistatud ruute ruudustikus. Uuritava isiku ülesandeks on jätta meelde märgistatud ruutude asukoht ja märkida see mälu toel sarnasesse ruudustikku. Sageli kasutatakse visuaalse töömälu testimiseks nn blokkide meenutamise ülesannet (*Block recall*), kus stiimuliks on 9 kasvavas suuruses blokki, mida laps näeb juhuslikus järjestuses. Blokkidel on ühel pool numbrid, mida näeb ainult katse läbiviija, kes märgistab blokiseeria, mida laps peab seejärel jäljendama samas järjestuses. Visuaalse mälu uurimiseks on uuringutes kasutatud ka lühikest seeriat erinevatest kujunditest (*The nonsense shapes task*), milles laps peab otsustama, kas kujund oli eelnevaga sarnane või mitte.

Episoodiline puhver

Episoodiline puhver võimaldab siduda tajutava informatsiooni, info alasüsteemidest ja pikaajalisest mälust piiratud arvul episoodideks. Informatsiooni integreerimine on oma olemuselt ajutine, kuid mälu alasüsteemide vaheline seos võimaldab pikaajalisel mälu pääseda nii õppimise kui kordamise juurde. Episoodiline puhver arvatakse olevat salvestussüsteem, mis suudab hoida umbes neli infoühikut mitmemõõtmelise koodina. Kuna ta suudab hoida mitmeid dimensioone, on ta võimeline funktsioneerima seosena töömälu erinevate alasüsteemide vahel, samas ka ühendades neid süsteeme sisendiga pikaajalisest mälust ja tajust.

Millest veel sõltub arvutamisoskus

Taju on esemete ja nähtuste tervikliku meelelise tunnetamise protsess (Bachmann, Aru, 2003). Teiste sõnadega kannab tajutav energia endas informatsiooni objektide ja sündmuste omaduste kohta. Taju ülesandeks on selle informatsiooni alusel objektide ja sündmuste omaduste taastamine (Rüütli, M., 2010). Taju abil liidetakse meeleorganitelt saadud info ja luuakse vahetult objektidest üldpilt. Selle abil saame otsustada esemete ja keskkonna omaduste üle.

Iga organism tajub ainult seda osa ümbritsevast keskkonnast, mis on talle endale toimetulekuks vajalik. Tajumiseks vajame kogu võimalikust informatsioonist ainult väikest osa. Tajumise protsess algab objekti äratundmisest temaga kokku puutumisel, mille käigus inimene võrdleb antud objekti tajutavaid tunnuseid mälus säilitatava infoga. Kui tajul on inimese jaoks mõte, tähendus ja sisu, kategoriseeritakse säilitatav informatsioon ja valitakse tajutava tunnuse või kategooria esindaja. Tajuprotsess lõpeb informatsiooni säilitamises mälujäljena ehk mõtestatud arusaama tekkimises vastuvõetud energiast.

Tajuprotsesside kujunemisel on suur mõju lapse edasisele arengule. Tajulisi kategooriaid on võimelised looma juba 3-kuused lapsed, kuigi nende võimed veel piiratud. Siiski oskavad juba päris väikesed lapsed märgata enda ümber olevaid sarnasusi ja erisusi. Tajulisteks omadusteks on kiirus, mõtestatus ja diferentseeritus.

Tajukujundi tekkimise aeg inimesel on väga lühike, kuid võib olla olulise tähtsusega lapse igapäevases õppimises. Tajul võimaldab lapsel juba koolieelses eas esemete tunnuseid eristada ja nimetada (värv, vorm, suurus), esemeid teatud omaduste järgi võrrelda, sarnasteks hulkadeks koondada ning saadud hulkadega ka praktiliselt opereerida. Hulga- ja ruumisuhete tajumine paneb aluse matemaatilistest üldmõistetest arusaamisele (Martinson, 2010).

Selleks, et paigutada tajutud objektid tuttavate kategooriate alla, leiab inimene objektile mõtte, tähenduse ja sisu. Tajul mõtestatus tähendab tajutava teadlikustamist, mis saavutatakse tajulise esindatud esemete ja nähtuste tähenduse ja/või otstarbe mõistmisega (Bachmann, Maruste, 2003). Kui inimesel ei ole vastavaid teadmisi ja kogemusi, ei oska ta paigutada tajutavat objekti tal olemasolevate kategooriate alla ega seda ka oma tegevuses kasutada. Sellest järeldub, et kui lapsed ei ole õppetöös järjepidevalt omandanud õpitavat materjali, ei suuda nad tajuda ka keerulisemaid seoseid nähtuste/oskuste vahel.

Arengu käigus paraneb lapse võime eristada objektide/nähtuste vahelisi erinevusi. Tajul diferentseeritus näitab seega oskust teha vahet objektidel, sümbolitel, helidel ja rütmidel, milles esinevad teatud väikesed erinevused (Rüütli, M., 2010). See võimaldab lapsel juba koolieelses eas esemete tunnuseid eristada ja nimetada (värv, vorm, suurus), esemeid teatud omaduste järgi võrrelda, sarnasteks hulkadeks koondada ning saadud hulkadega ka praktiliselt opereerida. Hulga- ja ruumisuhete tajumine paneb aluse matemaatilistest üldmõistetest arusaamisele.

Kokkuvõttes on tajumisprotsess olulise tähtsusega matemaatiliste oskuste omandamisel. Nt on arvutamishäirega lapsed on vaatamata harjutamisele, hädas matemaatiliste oskuste automatiseerumise ning faktide omandamisega (Pruulmann, 2010). Päheõppimine kindlustab

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 19 õpetajate sõnul algoritmi lühiajalise säilimise mälus, kuid selle mittemõistmine hakkab segama meeldetuletamist. Seega võib väita, et tajul põhineb matemaatilistest teadmistest arusaamine, õpilase võime mõtestada õpitavat ja seostada seda varasemate kogemustega ja kujundada eakohaseid teadmisi. Seega õppimisel tekkivad seosed aitavad meil omandatud materjali püsimälust kiiremini üles leida (Leppik, 2006).

Kokkuvõte

Eelnevat kokku võttes võib tõdeda, et arvutamisoskus kuulub kõige olulisemate igapäevaste oskuste hulka, mille lapsed koolis omandavad, kuid vaatamata sellele on teadmised matemaatika õppimist toetavate kognitiivsete funktsioonide kohta piiratud (Mazzocco, 2008, viidatud Meyer, jt., 2010; Rebane, 2010). Uurijad kinnitavad üksmeelselt, et matemaatiliste raskustega lastel on töömäluhäired (Geary, 2004; DeStefano, LeFevre, 2004; Andersson, Lyxell, 2006; Kyttälä, Aunio, Hautamäki, 2010).

Uuringutest on selgunud, et igal töömälu komponendil on oma kindel roll arvutamisprotsessis (DeStefano, LeFevre, 2004; Meyer, jt., 2010), kuid see, milline komponent aktiveeritakse, sõltub mitmete tegurite hulgas nt matemaatilisest tehtest (DeStefano, LeFevre, 2004). Teadaolevalt aitab töömälu säilitada mitmeosalistes liitmisülesannetes vahepealseid tulemusi ja järjestada lahenduse erinevaid etappe, kuid iga ülesandes sooritatav tehe võib vajada töömäluressursse (Imbo, Vandierendonck, DeRammelaere, 2007). Töömälu uuringutes kasutatud kahe ülesande korraga lahendamisel (*dual-task*) avaldus mõlemapoolselt eristatav mõju korrutamise- ja lahutamistehetele, millest järeldub, et aritmeetilised põhitehete ja töömälu alaosüsteemid on seotud tehtespetsiifiliselt (Lee, Kang, 2002),

Eelpool toodu põhjal tuleb tõdeda, et olemasolev kirjandus töömälu osalemisest peastarvutamisel ei ole süstemaatiline. Matemaatiliste põhitehete ja töömälu komponentide seost on käsitletud mõnes uuringus, kuid nende uuringute tulemused on erinevad ja kohati vasturääkivad. Seetõttu on **käesoleva töö eesmärgiks** tuua välja töömälu komponentide seosed peastarvutamise oskusega 5.klassi õpilastel ja töö **ülesandeks** koostada peastarvutamise test, mille alusel selekteerida välja hea arvutamisoskusega ja arvutamiskõhustega õpilased.

Minu **töö hüpoteesid** keskenduvad peastarvutamise seostele töömälu komponentidega.

1. Arvutamiskõrgemad õpilaste tulemused töömälu testides on nõrgemad kui hea arvutamiskõrgemad õpilaste tulemused.
2. Arvutamiskõrgemad õpilased saavutavad töömälu komponentide testimisel kõige paremaid tulemusi visuaal-ruumilistes testides ja nõrgemad tulemused keskäidesaatva komponendi ja fonoloogilise silmuse testides.

Selleks, et täpsemalt uurida peastarvutamise ülesannete seoseid töömälu komponentidega, püstitasin lisaks kahele eelpool nimetatud hüpoteesile ka ühe **uurimisküsimuse**:

- Kuidas on peastarvutamise ülesanded ja nende lahendamiseks vajalikud alaoskused seotud töömäluga? Oletatavasti on peastarvutamise ülesannetes vajalik rakendada matemaatiliste operatsioonide sooritamiseks ja ülesandele vastuse leidmiseks erinevaid töömälu komponente.

Metoodika

Uuringus osales 200 õpilast 7-st Eesti üldhariduskoolist. Koolid valiti uuringusse juhuvaliku alusel. Esialgne plaan kaasata uuringusse õpilasi Eesti erinevatest regioonidest, selleks, et kujuneks n-õ ülevaatlik ja võimalikult tõepärane pilt vabariigi 5.klassi õpilaste peastarvutamisoskusest, ei teostunud, sest realselt nõustus 2011.a kevadel uuringus osalema valitud 28st koolist 7 tavakooli erinevatest Kesk- ja Lõuna-Eesti linnadest ja alevitest.

Selleks, et kontrollida testi jõukohasust ja sobivust 5.klassi õpilaste peastarvutamisoskuse uurimiseks, viisin läbi 2011.a kevadel pilootkatse ühes Tartu gümnaasiumi 5.klassis. Matemaatikaülesannete testi sooritas 22 õpilast, kes tulid valitud ülesannetega ootuspäraselt toime. Testi läbiviinud matemaatikaõpetaja tagasiside õpilaste soorituse kohta aitas mul läbi mõelda juhised uuringus osalevate koolide õpetajatele.

Valim

Uuringu esimeses etapis, matemaatikatesti sooritamises, osales 200 7 tavakooli (5 gümnaasiumi, 1 keskkool ja 1 põhikool) 5.klassi õpilast, vanuses 10 -11a, neist 99 poissi ja 101 tüdrukut. Peale uuringutulemuste esmast analüüsi, matemaatikatestide hindamist, jaotasin lapsed keskmist testitulemust aluseks võttes kolme gruppi. Õpilaste jagamisel gruppideks võtsin aluseks peastarvutamise testitulemuste keskmise väärtuse $M = 0,70$ ja standardhälbe $SD = 0,17$. Keskmisest 1 SD võrra parema tulemuse saanud õpilastest moodustus nn **hea arvutamisoskusega** õpilaste grupp ja analoogiliselt keskmisest 1 SD võrra väiksema tulemuse saanud õpilastest nn **arvutamiskustega** õpilaste grupp. Edaspidiselt nimetangi oma töös esimesse gruppi kuuluvaid lapsi hea arvutamisoskusega (e *heaAO*) lasteks ja kolmandasse gruppi kuuluvaid lapsi arvutamiskustega (e *AR*) lasteks. Keskmise grupi õpilaste jaoks, kelle tulemus oli keskmisele tulemusele lähemal, oli uuring peastarvutamise testi sooritamisega lõppenud.

Esimesse uuringugruppi kuulus algselt 30 õpilast, keskmisse 132 ja kolmandasse gruppi 38 õpilast. Uuringu jätkamiseks valisin kaks gruppi, kõrge ja madala tulemuse saanud õpilased, kelle vanematelt palusin nõusolekut lapse töömälu testide sooritamiseks. Töömälutestid sooritasid realselt 28 hea peastarvutamisoskusega õpilast, 15 poissi ja 13 tüdrukut, kelle keskmine peastarvutamise testisooritus oli 94 % ja 27 nõrga peastarvutamise

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 22 testi tulemuse saanud õpilast, 15 poissi ja 12 tüdrukut, kelle keskmine peastarvutamise testi sooritus oli 40,4 %. Ülejäänud lapsed kas puudusid uuringupäeval koolist või andsid vanemad eitava vastuse lapse uuringus osalemiseks.

Mõõtvahendid

1. Matemaatika test.

Uuringu alguses koostasid peastarvutamise testi 5.klassi õpilastele (vt lisa 1). Testis kasutatud ülesanded valisid matemaatikaõpetajate poolt koostatud ülesannete kogumikest, võttes arvesse õpilastel olemasolevaid oskusi. Ülesannete valimisel arvestasin põhikooli valdkonnaraamatus „Matemaatika“ esitatud nõudeid 5.klassi õpilastele. Aritmeetiliste oskuste osas peavad 5.klassi õpilased kasutama naturaalarvudega arvutamisel liitmise ja korrutamise seadusi, tundma tehete järjekorda (liitmine/lahutamine, korrutamine/jagamine, sulud ja oskama arvutada kuni neljatehteliste arvavaldiste väärtusi) (Oja, 2010). Kümneendmurdudega arvutamisel peavad õpilased olema omandanud peast kümneendmurdude korrutamise ja jagamise järguühikutega 10, 100, 1000, 10 000 ja 0,1; 0,01 ja 0,001. Samuti on nõutava õpitud oskusena nimetatud, et õpilane tunneb tehete järjekorda ja sooritab mitme tehete ülesandeid kümneendmurdudega (Oja, 2010).

Matemaatikatest koosnes 37st ülesandest. Ülesanded valisid testi jaoks raskusastme kasvamise järjekorras, jaotatuna neljaks suuremaks plokiks, tähistatuna vastavalt tähtedega A-D. Esimesse, A plokki, kuulus 12 ülesannet, kus õpilased pidid lahendama naturaalarvudega ühetehtelisi ülesandeid nelja erineva matemaatika põhitehete. Teise, B plokki, kuulus 6 ülesannet, mis sisaldasid samuti põhilisi arvutamisoperatsioone, kuid tegemist oli kõigi ülesannete puhul kahtehteliste liitülesannetega. Kaks esimest plokki haarasid nelja esimese õppeaasta jooksul õpitud arvutamisoskusi.

Kolmas, C plokk, haaras 5.klassis õpitud arvutamist kümneendmurdudega. Sellesse testiosasse kuulus 12 ülesannet, mille hulgas oli 10 lihtülesannet ja 2 liitülesannet. Õpilaste jaoks lihtsamad, liitmis- ja lahutamises ülesanded olid esitatud plokki algul, raskemad korrutamise- ja jagamises ülesanded, plokki lõpus.

Testi neljandasse, D plokki, kuulus 7 liitülesannet. Ülesannetes esinesid kõik matemaatilised põhitehete ja oli kasutatud nii naturaalarve, kümneendmurdude või mõlemaid

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 23 korraga ühes-samas ülesandes. Õpilastel oli lisaks nelja aritmeetilise põhitehte sooritamisele vaja teada õpitud reegleid, nt tehete järjekorra, sulgude avamise reeglid.

2. Töömälutestid.

Individuaalseid mäluteste oli kokku 6. Iga töömälu komponendi -kesktäidesaatva komponendi, fonoloogilise silmuse ja visuaalruumilise komponendi - uurimiseks 2 testi. Testidena kasutasin eripedagoogika osakonnas varasemalt tehtud lõputöodes kasutatud mäluteste ja koostasin ise eelnevates uuringutes kasutatud kesktäidesaatva ja visuaalruumilise komponendi testide alusel käesoleva uuringu jaoks kesktäidesaatva komponendi uurimiseks väikseimate arvude testi, visuaalruumilise mälu uurimiseks ruutude meenutamise ja kujundite eristamise testi.

1. Kesktäidesaatva komponendi testide hulka kuulusid *väikseimate arvude* ja *tagurpidi arvude loendamise* test (vt.lisa 2).

Väikseimad arvud. Selles ülesandes näidati õpilasele kaarti, millele oli trükitud 3 erinevat ühe- või kahekohalist arvu. Õpilase ülesanne oli arvud nimetada ja öelda, milline neist on kõige väiksem ja jätta see meelde. Järgmise kaardiga samamoodi. Märkuande peale pidi õpilane nimetama õiges järjekorras kõik kõige väiksemad arvud. Ülesannet alustati kahe kaardiga, kasvatades iga korruga kaartide arvu. Kui õpilane eksis väikseimate numbrite kordamisel, esitati uuesti sama arv kaarte. Õpilase *span* haaras pikimat õigesti korratud väikseimate arvude seeriat.

Tagurpidi arvude loendamine. Selles ülesandes korrati õpilasele arve, mida oli koheselt vaja korrata tagurpidises järjekorras. Ülesande raskusaste kasvas arvude hulga suurenemisega reas. Ühesuguse arvude hulgaga esitati kaks rida. Kui õpilane rea kordamisel eksis, loeti ette teine sama pikkusega rida. Arvesse läks viimane tagurpidi õiges järjestuses korratud arvude hulk.

2. Fonoloogilise silmuse testide hulka kuulusid *sõnade kordamise* test ja *lausete kordamise* test (vt. lisa 3).

Sõnade kordamine. Õpilasele loeti ette sõnade ridu, mida tuli meelde jätta ja märkuande peale korrata. Sõnad olid semantiliselt mitteseotud, 1-2 silbilised ja neis esines kordamööda fonoloogiliselt eristatav konsonant – täishäälik - konsonant. Sõnade arv ridades kasvas pidevalt, kuid oli kahes järjestikus reas võrdne. Kahes esimeses reas oli kaks sõna. Edasi

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 24 kasvas sõnade arv ühe sõna võrra kuni 8 sõnani. Arvesse läks ainult etteloetud järjestuses sõnade järelekordamine. Kui õpilane eksis sõnade kordamisel, esitasin talle järgmise rea. Kui ka selle kordamine ebaõnnestus, oli ülesande sooritamine lõppenud. Samuti katkestasime ülesande õpilase märkuse peale, et rohkem ei jää meelde. Testi skooriks oli sõnade arv viimases õigesti korratud reas.

Lausete kordamine. Õpilasele loeti ette lauseid, mida oli vaja koheselt järele korrata. Laused erinesid üksteisest sõnade arvu poolest. Ülesanne algas kahesõnalisest lausest, kasvades iga lausega ühe sõna võrra pikemaks. Kõige pikemas lauses oli 10 sõna. Arvesse läks ainult kuuldud lause õiges järjekorras järelekordamine. Kui õpilane eksis sõnade või nende järjekorraga, võtsime järgmise lause. Kui ka see lause oli järelekorratud valesti, jäi õpilase tulemuseks sõnade arv viimases õigesti korratud lauses.

3. Visuaalruumilise komponendi testide hulka kuulus kaks *visuaalruumilise mälu* testi (vt lisa 4).

Ruutude meenutamine. Õpilasele anti paberile joonistatud tühjad ruudustikud. Siis näidati õpilasele näidisruudustikku, milles mõned ruudud olid värvitud. Õpilane pidi jätma need endale meelde. Nüüd pidi õpilane ühes oma ruudustikus märkima ristiga ära nähtud värvitud ruudud. Esimesed kaks ruudustikku olid harjutamiseks ja neis oli värvitud kummaski ainult 1 ruut. Värvitud ruutude arv kasvas iga kord ühe ruudu võrra ja ühesuguse ruutude arvuga oli kaks ruudustikku. Kõik õpilased sooritasid 10 katset, mille tulemusena läksid arvesse kõik õigesti märgitud ruudud.

Kujundite eristamine. Õpilasele näidati ühte lihtsat geomeetristest kujunditest koosnevat mustrit. Ülesandeks oli nähtud kujund täpselt meelde jätta. Seejärel näidati õpilasele teist kaarti, millel oli sarnane kujund kahe või kolme erinevusega. Õpilase ülesandeks oli öelda, kas nähtud kujundid olid sarnased või erinevad ja kui erinevad, siis nimetada kõik erinevused (kokku 13). Õige tulemusena läks kirja õpilase poolt nimetatud erinevuste arv.

Vahetegevused.

Selleks, et mäluülesannetest segama ei hakkaks, kasutasin testimise ajal, iga ülesande sooritamise järel, erinevaid vahetegevusi. Vahetegevuste hulka kuulus näiteks *pildi värvimine numbrite põhjal*. Pildiloleva kujundi värvi leidis laps numbri abil lehekülje allservas olevast koodist. Mäluülesannete vahel lugesime lastega *lõbusaid luuletusi* või küsisin lapselt *lõbusaid küsimusi-mõistatusi liitsõnade kohta* (nt. missugune kõrv ei kuule, missugune silm ei

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 25 näe jms). Vahetegevusteks olid veel *kinnisilmi* kuulnud juhiste järgi *kassi joonistamine, näidise toel joonise kopeerimine* ja *kotis olevate esemete leidmine/äratundmine* ainult *kompimise alusel*.

3. Protseduur

Matemaatikatesti viisid läbi osalevate koolide matemaatikaõpetajad 2011.a. kevadel, tunniplaani järgse matemaatikatunni ajal. Kõik õpetajad said juhised testi läbiviimiseks, sh oli õpilastel keelatud kasutada abivahendeid - arvutit või lisapaberit. Õpilastel paluti lahendada järjest kõik ülesanded, rõhutasin vajadust püüda lahendada kõik ülesanded. Keelatud oli märkida vahevastuseid ülesannete kohale. Õpetajate sõnul kulus testi läbiviimiseks 15-45 minutit.

Individaalsed töömälutestid 55 õpilasega viis läbi käesoleva töö autor 2011.a. kevadel, kahes koolis õppeaasta (so 5.klassi) lõpus ja viies koolis 2011.a. sügisel, õppeaasta (so 6.klassi) algul. Testide läbiviimiseks palusin koolide õppealajuhatajalt vaikset ruumi ja võimalust kutsuda lapsi tundide ajal ükshaaval teste sooritama. Ühe lapse mälutestide sooritamisele kulus 20-25 minutit. Kokkuleppel koolidega sooritasid lapsed teste ka vahetundide ajal.

Tulemused

Uuringu tulemuste analüüsimisel kasutasin andmetöötlusprogramme MS Excel ja SPSS. Andmete lugemise lihtsustamiseks kasutan käesolevas peatükis töömälu testide nimetuste esitamisel järgmisi lühendeid: fonoloogiline silmus (FoS, vastavalt testid FoS1- *sõnade kordamine ja FoS2 - lausete kordamine*), visuaal-ruumiline komponent (VrK, testid VrK1- *ruutude meenutamine, VrK2 – kujundite erinevused*), kesktäidesaatev komponent (KtK, testid KtK1 – *väikseimad arvud, KtK2 - tagurpidi loendamine*). Erinevatele uuringugruppidele osutades kasutan lühendeid hea arvutamisoskusega (heaAO) ja arvutamiskusega (AR) lapsed.

Tulemuste esimeses osas uurisin välja, milline on 5.klassi õpilaste peastarvutamise tase. Uuringu raames sooritas standardiseerimata peastarvutamise testi 200 õpilast, kelle keskmine sooritus oli 70%, *max* tulemus 100% (4 õpilast), *min* tulemus 16% (1 õpilane). Võttes arvesse keskmise testitulemuse (vt metoodika: osalejad), jagasin õpilased kolme gruppi, vastavalt 30, 132 ja 38 õpilast. Uuringu teises, töömälu testide osas osalesid neist ainult esimene ja kolmas grupp, heaAO õpilased, $n = 30$ ja AR õpilased, $n = 38$.

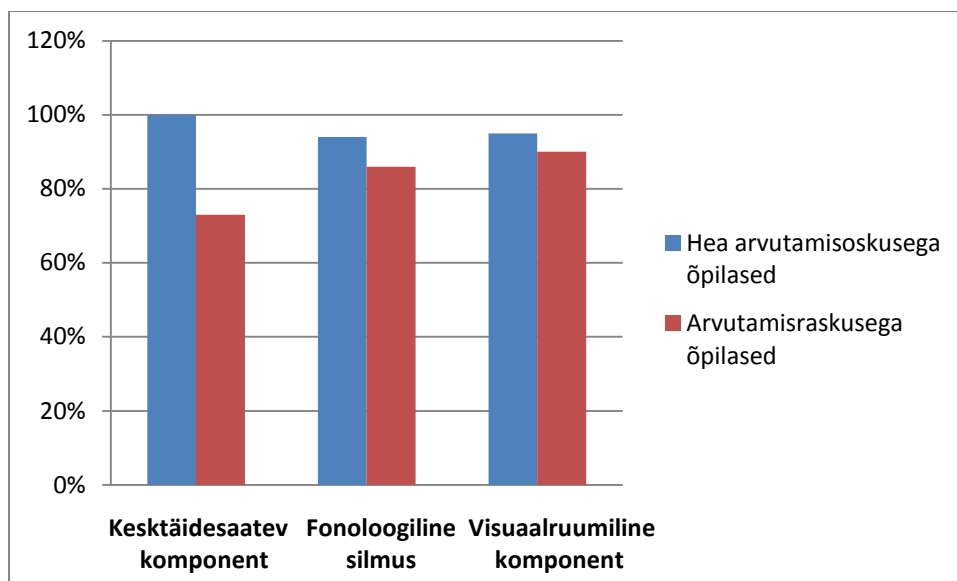
Käesoleva töö esimese hüpoteesi kontrollimiseks soovisin teada, kas arvutamiskusega õpilaste töömälutestide tulemused on nõrgemad, kui hea arvutamisoskusega õpilaste töömälutestide tulemused. Selleks viisin läbi t-testi, mille tulemused näitasid, et hea arvutamisoskusega ja arvutamiskusega õpilaste kõigi töömälu testide aritmeetiliste keskmiste vahel on statistiliselt olulised erinevused, $p < 0,05$. Testi tulemused on toodud tabelis 1.

Tabel 1. Hea arvutamisoskusega ja arvutamiskusega laste töömälutestide tulemused

Töömälu komponendid	Grupp		Arvutamiskusega		<i>t</i> -statistik	<i>p</i>
	Hea arvutamisoskus	Arvutamiskusega	Keskmine	Std. hälve		
	Keskmine	Std. hälve	Keskmine	Std. hälve		
Kesktäidesaatev komponent						
<i>Väikseimad arvud (KtK1)</i>	2,89	,74	2,30	,47	3,57	,001
<i>Tagurpidi loendamine (KtK2)</i>	4,18	,67	3,63	,74	2,88	,006
Fonoloogiline silmus						
<i>Sõnade kordamine (FoS1)</i>	4,68	,61	4,33	,48	2,32	,024
<i>Lausete kordamine (FoS2)</i>	8,11	1,10	7,04	1,06	3,68	,001
Visuaalruumiline komponent						
<i>Ruutude meenutamine (VrK1)</i>	25,68	2,82	22,96	4,29	2,78	,007
<i>Kujundite erinevused (VrK2)</i>	8,89	1,97	5,89	2,19	5,35	,000

Töömälutestide tulemused näitasid, et hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega õpilaste kõigi töömälu komponentide vahel on statistiliselt olulised erinevused, $p < 0,05$. Õpilaste töömälu testide sooritusest üldpildi saamiseks koostasin töömälu komponentide protsentuaalse jaotuse, mida illustreerib joon. 1.

Kõige suurem erinevus kahe uuringugrupi vahel ilmnis kesktäidesaatva komponendi testides, milles heaAO laste parim tulemus oli 100% (1 õpilane), AR laste parimad tulemused ulatusid 73%ni (3 õpilast). Märgatav vahe hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega laste töömälu komponentide testitulemustes tuli välja ka fonoloogilise silmuse testides, kus heaAO laste parimad sooritajad jõudsid tulemuseni 94% (3 õpilast), AR lapsed samas 86%ni (1 õpilane). Kõige väiksemad erinevused kolmest töömälukomponendist olid visuaalruumilise mälu testides, kus heaAO laste parimad tulemused olid 95% (2 õpilast), AR laste tulemused 90%ni (2 õpilast).



Joon.1. Töömälu komponendid: fonoloogiline silmus, visuaalruumiline mälu ja kesktäidesaatva komponent hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega õpilastel.

Uuringu teise hüpoteesi, et arvutamiskustega õpilased saavutavad kõige paremad tulemused visuaal-ruumilise mälu testides ja nõrgemad tulemused kesktäidesaatva komponendi ja fonoloogilise silmuse testides kontrollimiseks võrdlesin arvutamiskustega laste töömälu komponentide testide sooritust. Nagu näha jooniselt 1, tegid AR lapsed

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 28 tõe-poolest kõige vähem vigu visuaalruumilise komponendi testides, järgnesid fonoloogilise silmuse testid ja kõige rohkem vigu tehti kesktäidesaatva komponendi testides. Siiski ei osutunud testide soorituste erinevused statistiliselt oluliseks ($p > 0,05$), mistõttu ei saa väita, et AR laste töömälu visuaalruumiline komponent funktsioneeriks oluliselt paremini kui fonoloogiline silmus ja kesktäidesaatev komponent.

Edasi soovisin leida vastuse küsimusele, kuidas on peastarvutamise ülesanded ja nende lahendamiseks vajalikud alaoskused seotud töömäluga. Selle uurimiseks leidsin faktoranalüüsi abil seosed peastarvutamise testis kasutatud ülesannete vahel. Kuna naturaalarvudega ülesannetes laadusid mitmed ülesanded erinevate faktorite alla, eemaldasid need analüüsi jätkamise huvides. Lõplik faktoranalüüs kirjeldas naturaalarvudega ülesannetes 69,9 % alg-tunnuste koguvariatiivsusest. Naturaalarvudega ülesannetes koondusid alg-tunnuste grupeerimisel mõõdukalt või tugevalt seotud tunnused nelja faktorisse, vastavalt I A-D.

Faktorite nimed

I A Tehete järjekord (neli aritmeetika tehet naturaalarvudega)

I B Kahe naturaalarvu liitmine ja lahutamine kuni kolmekohaliste arvudega

I C Mitme naturaalarvu liitmine ja lahutamine 100 piires

I D Kahe naturaalarvu liitmine, korrutamine ja jagamine 100 piires

Faktoranalüüsi tulemused on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Arvutamine naturaalarvudega.

Ülesanne	I A	I B	I C	I D
16. $5 \cdot 39 \cdot 20$,89	,22	,12	,15
37. $297 - 124 : 4$,84	,21	-,00	-,06
15. $4 \cdot 21 \cdot 25$,84	,20	,24	,22
36. $7 \cdot 40 - 180 + 39$,68	,07	,40	,06
9. $627 - 37$,09	,81	,10	,26
8. $85 - 19$,27	,79	,05	-,11
5. $81 + 141$,30	,51	,25	-,08
14. $98 + 32 - 40$,18	,04	,83	,07
13. $62 - 37 + 25$,27	,31	,60	-,05
4. $34 + 56$,03	-,16	,16	,82
1. $7 \cdot 8$,33	,24	-,31	,71
10. $36 : 4$	-,04	,41	,49	,53

Faktoranalüüsi tulemused näitasid, et naturaalarvudega arvutamisel moodustasid kõige suurema grupi peastarvutamise testist ülesanded 16, 37, 15, 36, mille puhul ilmnes seos

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 29 aritmeetiliste tehete sooritamisoskuse ja tehete järjekorraga arvutamisel. Ülesanded 9, 8, 5 seostusid liitmis- ja lahutamisoskusega kuni kolmekohaliste arvudega, mis vajab nii õpitud teadmiste (järgu ületamine, liitmine täiskümneni, lahutamine täiskümnest) rakendamist, kui ka lahenduse käigus tekkivate vahevastuste meelespidamist. Mitme naturaalarvu liitmise- ja lahutamiseoskus oli seotud ülesannetega 14, 13, milles oli samuti vajalik meeles pidada vahevastuseid arvutamise ajal, kuid ülesande lahendamine nõuab ka kesktäidesaatva komponendi ja fonoloogilise silmuse kaasamist lahenduse järjestuse säilitamiseks. Huvitav oli tulemus, et ülesanded 4, 1 ja 10 seostusid kahe naturaalarvu liitmise, korrutamise ja jagamisega 100 piires, mille lahendamine põhineb pikaajalisse mällu salvestatud teadmiste (korrutustabeli tundmine, arvu kümnendkoostis) aktiveerimisel.

Testis kasutatud (ülesanded 19-37) kümnendmurdudega ülesannete faktoranalüüs kirjeldas 78,5% algtoonuste koguvariatiivsusest. Arvtunnuste grupeerimisel kümnendmurdudega ülesannetes eristus 3 faktorit, vastavalt II A-C.

Faktorite nimed

II A Korrutamine ja jagamine kümnendmurruga, tehete järjekord.

II B Kümnendmurdude liitmine ja lahutamine.

III C Kümnendmurru naturaalarvuga korrutamine ja jagamine.

Faktoranalüüsi tulemused kümnendmurdudega arvutamisel on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Arvutamine kümnendmurdudega.

Ülesanne	II A	II B	II C
30. $6,5 : 0,5$,84	,19	,31
29. $420 : 0,14$,82	,25	,29
31. $0,3 \cdot 100 + 4 \cdot 0,1$,82	,26	,25
33. $0,01 \cdot 0,2 + 0,01 \cdot 0,8$,80	,26	,15
32. $15 : 0,3 - 70 : 100$,78	,16	,14
26. $20 \cdot 4,3$,72	,05	,28
22. $14,9 - 3,6$,21	,90	,16
21. $12,75 - 0,05$,24	,87	,21
25. $5,2 \cdot 3$,24	,19	,89
28. $24,4 : 4$,43	,24	,74

Arvutamisel kümnendmurdudega moodustus kõige suurem grupp ülesannetest 30, 29, 31, 33, 32 ja 26, mis olid seotud kümnendmurruga korrutamise - jagamise ning tehete järjekorra tundmisega. Kõik sellesse alagruppi kuuluvad ülesanded nõuavad lisaks põhitehete sooritamisoskusele kümnendmurru koostise ja tehete järjekorra tundmist. Kümnendmurdude

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 30 liitmine ja lahutamine oli seotud ülesannetega 22 ja 21, kus lisaks põhitehete tundmisele oli vaja arvestada kümnendmuru koostist. Ülesanded 25 ja 28 seostusid kümnendmurdude korrutamise ja jagamisega naturaalarvuga, milles on õpilasel vaja tunda kümnendmuru koostist, tajuda murdu kui osa tervikust ja tulla toime keerulisemate matemaatiliste põhitehete, korrutamise ja jagamisega.

Korrelatsioonimaatriks tõi välja leitud faktorite (matemaatiliste alaaskuste) ja töömälu testide vahelised seosed. Korrelatsioonid matemaatiliste alaaskuste ja töömälu komponentide vahel on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Matemaatiliste alaaskuste ja töömälu komponentide testide vahelised korrelatsioonid

Matemaatiline alaoskus	Töömälu komponendid					
	Kesktäidesaatev komponent		Fonoloogiline silmus		Visuaalruumiline komponent	
	<i>Väikseimad arvud</i>	<i>Tagurpidi loendamine</i>	<i>Sõnade kordamine</i>	<i>Lausete kordamine</i>	<i>Ruutude meenutamine</i>	<i>Kujundite eristamine</i>
Tehete järjekord (4 aritmeetikatehet naturaalarvudega)	,35**	,23	,21	,36**	,35**	,61**
2 naturaalarvu liitmine ja lahutamine kuni 3-kohaliste arvudega	,26	,35**	,22	,37**	,26	,54**
Mitme naturaalarvu liitmine ja lahutamine 100 piires	,19	,42**	,23	,36**	,19	,46**
2 naturaalarvu liitmine, korrutamine ja jagamine 100 piires	,10	,24	,22	,10	,10	,29*
Korrutamine ja jagamine kümnendmurruga, tehete järjekord	,44**	,33*	,23	,40**	,44**	,59**
Kümnendmurdude liitmine ja lahutamine	,40**	,25	,38**	,33*	,40**	,35**
Kümnendmuru naturaalarvuga korrutamine ja jagamine	,30*	,33*	,17	,26	,30*	,53**

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Statistiliselt olulised (kuigi erineva tugevusega) seosed ilmnisid enamuse töömälutestide ja erinevates faktorites olevate matemaatiliste alaoskuste vahel. Vaid kahe naturaalarvu liitmine, korrutamine ja jagamine 100 piires oli statistiliselt olulisel määral ($p < 0,05$) seotud ainult ühe testi – kujundite eristamisega.

Arutelu

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli uurida töömälu komponentide seoseid peastarvutamisoskusega 5.klassi õpilastel. Töö raames kogusin andmed erinevate koolide 5.klassi õpilaste peastarvutamise kohta ja viisin ise 55 õpilasega läbi individuaalsed töömälutestid. Oma töös püstitatud küsimustele ja hüpoteesidele otsisin vastuseid kirjandusallikatest ja erinevatest välisriikides läbiviidud uuringutest.

Uuringu raames erinevates koolides läbiviidud peastarvutamise testi tulemused näitasid, et ligi 70 % 5.klassi õpilastest saab hakkama erinevate peastarvutamise ülesannetega, kuid arvutamiskustega ja hea arvutamisoskusega õpilaste vahelised erinevused on suured. Põhikooli riiklik õppekava esitab kooliastmete kaupa õpitulemused, mille alusel hinnatakse õpilaste matemaatikaalaseid teadmisi. 2011.a riigisiseste II kooliastme (so 6.klassi) matemaatika tasemetööde analüüsimisel selgus, et õpilastel on matemaatikas palju probleeme protsentülesannetega, kirjaliku arvutamisega, arvutamisega harilike ja kümnendmurdudega, avaldiste koostamisega, mille põhjal võib oletada, et peastarvutamine valmistab siiski II kooliastme lõpus paljudele õpilastele probleeme. Kirjandusallikatele tuginedes võib oletada, et õpilaste probleemid on tõenäoliselt seotud varasematel õppimise etappidel tekkinud lünkadega. Käesolevas töös ilmnenu suur erinevus matemaatikas edukate ja nõrkade õpilaste vahel täheldati ka riigisiseste I ja II kooliastme lõpus läbiviidud matemaatika tasemetööde tulemuste analüüsimisel (Taal, D., 2011).

Testitulemuste erinevus samaealiste laste vahel osutab kirjanduse väitel märkimisväärsetele arengulistele erinevustele laste vahel. Inimestevahelisi erinevusi on Leppiku (2000) sõnul võimalik selgitada kõrgema närvitegevuse tüübiga ehk teiste sõnadega info vastuvõtmise viisiga (kas meelte abil või verbaalselt). Teisest lähtekohast sõltub individuaalne toimetulek teadmiste ja oskuste omandamisega kognitiivsest võimekusest, mis lubab või ei luba ettenähtud tulemuseni jõuda (Martinson, 2010). I. Mutso sõnul (2009) arenevad ja küpsevad lapsed neile ainuomases tempos, millest tingituna on samaealiste laste arengupiirid erinevad. Seetõttu õpivad lapsed ka matemaatikat erineva kiirusega. Järelikult on parimad tingimused õppimiseks loodud siis, kui lastele antakse ülesanded, mis arendavad nende kognitiivset võimekust.

Töö esimene hüpotees – arvutamiskustega õpilaste tulemused töömälu testides on nõrgemad kui hea arvutamisoskusega õpilaste tulemused – leidis kinnitust. Olulised

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 33

erinevused hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega laste töömälu komponentide testides ilmsid kõigi kolme töömälu komponendi üksikute testide võrdluse tulemusena. Töömälu komponentide olulised erinevused kahe uuringugrupi vahel tulid ilmsiks visuaalruumilise komponendi testi abil. Kirjanduse väitel on visuaalruumilise komponendi testitulemused töömälu komponentidest kõige vastuolulisemad. Mitmed autorid, nt. Kyttälä ja Lehto (2008), Meyer, jt (2010), Holmes ja Adams (2006) on leidnud, et hea arvutamisoskusega lastel on parem visuaalne mälu. Teisel seisukohal on Dowker (2006), kelle sõnul on ruumiliste võimete seos peastarvutamisega vastuoluline, kuna raskemad arvutamisesanded nõuavad arvu- ja ruumikujutlusi. Uurijate sõnul võrdleb õpilane uue infoga kokku puutudes uut informatsiooni mällu salvestatud teadmistega. Tajutaval informatsioonil peab olema õpilase jaoks sisu, sest alles siis on võimalik info salvestada pikaajalisse mällu. Mälujälgede olemasolu õpilastel on individuaalne ja erinev. Visuaalruumilise komponendi vastuolulisust kinnitab ka Anderssoni ja Lyxelli (2007) seisukoht, kes väitsid, et matemaatiliste raskustega laste visuaalruumilised võimed on eakohased. Eelpool mainitud taju iseärasuste tõttu jääb eakohaste piiride seadmine laste visuaalruumilistele võimetele siiski küsitavaks. Olulised erinevused hea arvutamisoskusega ja arvutamiskustega laste vahel tulid ilmsiks kesktäidesaatva komponendi testitulemuste võrdlemisel. Arvutamiskustega õpilaste töömälu seostele kesktäidesaatva komponendiga on uuringutes viidanud nt. Passolunghi ja Siegel (2004), Geary, jt (2007), Swanson (2004), Andersson, Lyxell (2007). Uuringute põhjal on teada, et kesktäidesaatev komponent on ülesande lahendamisel vajalik nii tehtekomponentide kui vahetulemuste säilitamisel, matemaatiliste operatsioonide järjestamisel ja ülesandele vastuse arvutamise koordineerimisel. Väidetavalt on kesktäidesaatva komponendiga seotud pärssivad protsessid, mille hea funktsioneerimine aitab õpilasel jõuda ülesande õige vastuseni.

Autorite sõnul on suurema töömälumahuga lastel rohkem võimalusi ülesandes sisalduva informatsiooni salvestamiseks. Teisest küljest on väiksema töömälumahuga lastel vähem ressursse informatsiooni säilitamiseks ülesande lahendamise ajal. See väide kinnitab ka hea arvutamisoskusega laste paremaid tulemusi töömälutestides. Kirjanduse põhjal on fonoloogiline silmus haaratud andmete kodeerimisse ja aritmeetiliste tehteliikmete säilitamisse arvutamise ajal ja vanemad (s.o 10-11a) lapsed suudavad fonoloogilisi kordamisprotsesse kasutades efektiivsemalt arvutada. Samas on Geary jt (2004) väitel arvutamiskustega laste töömälu ühe klassi võrra eakaaslaste omast maha jäänud. Eelpooltoodu põhjal võib järeldada, et arvutamise kui kognitiivseid ressursse nõudva protsessi

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 34 juures on oluline nii meelte poolt sisendatud informatsiooni töötlemine kui pikaajalisse mällu salvestatud teadmiste olemasolu ja kasutamisoskus. Seejuures on igal töömälukomponendil arvutamisel oma roll.

Töö teine hüpotees – et arvutamiskustega õpilased saavutavad töömälu komponentide testimisel kõige paremad tulemused visuaalruumilistes testides ja nõrgemad kesktäidesaatva komponendi ja fonoloogilise silmuse testides – ei leidnud kinnitust. Võrreldes laste sooritust erinevate töömälu komponentide testides, tulid ilmsiks küll erinevused töömälutestides, kuid need ei olnud statistiliselt olulised. Erinevad autorid on välja toonud visuaalruumilise mälu osa eri vanuses lastel, nt Meyer, jt. (2010) sõnul tõuseb visuaalruumilise komponendi roll oluliselt hilisemates (11-12a lastel) õppimise etappides, mille tõttu suureneb visuaalruumiliste kujutluste roll matemaatiliste ülesannete lahendamisel. Holmesi ja Adamsi (2006) sõnul toetuvad aga 9-10.a vanused lapsed lihtsate matemaatiliste ülesannete lahendamisel rohkem fonoloogilise silmuse kasutamisele, kasutades peastarvutamisel korruga nii fonoloogilisi kui visuaalruumilisi strateegiaid. Kirjanduses on väidetud, et visuaalruumilise mälu rollile matemaatiliste ülesannete lahendamisel on pööratud vähe tähelepanu, vaatamata asjaolule, et matemaatika on osaliselt visuaal-ruumiline, kuid samas on teada ka vastupidine, ebasoodne mõju. Nt. Kytälä jt (2008) sõnul matemaatika õppimine nii parandada kui halvendada õpilaste visuaalruumilisi võimeid. Vastuolulisi seisukohti erinevate töömälu komponentide osalemisest arvutamisel selgitab Dowker (2005) viitega erinevatele strateegiatele, mida õpilased arvutamisel kasutavad. Sama ülesannet tajuvad ja lahendavad erinevad õpilased erineval viisil, samuti võib õpilane lahendada sama ülesannet teist korda teisel viisil.

Töös püstitatud uurimisküsimusele – kuidas on peastarvutamise ülesanded ja nende lahendamiseks vajalikud alaoskused seotud töömäluga – vastuse leidmiseks otsisin faktoranalüüsi abil matemaatikatestis kasutatud ülesannete vahel seoseid. Peale kindlate faktorite leidmist leidsin nende korrelatsioonid töömälu komponentidega. Naturaalarvudega liitülesannete lahendamine mitmekohaliste arvudega oli seotud kõigi kolme töömälu komponendiga. Kõigi töömälu komponentide osalemisele vahetulemuste säilitamisel ja erinevate tehete järjekorras sooritamisele, viitavad autorid ka kirjandusallikates. Laste matemaatilisi raskusi uurinud A. Dowkeri (2005) sõnul valmistavad mitmetehtelised ülesanded õpilastele probleeme lisaks arvu kümnendkoostise ja järgusüsteemi tundmisele ka seetõttu, et laps peab sooritama mitu erinevat matemaatilist operatsiooni. Oluline osa mitmetehteliste ülesannete lahendamisel on eelpool nimetatud autori sõnul pikaajalisse mällu salvestatud teadmistel (nt. tehete järjekord, korrutustabeli tundmine, oskus sooritada

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 35 aritmeetilisi tehteid) ning oskusel neid vajalikul hetkel rakendada. Kümnmurdudega ülesannete abil ilmnes käesolevas uuringus samuti seos kõigi aritmeetiliste põhitehete ja kolme töömälu komponendi vahel. Huvitav oli tulemus, et kümnmurru naturaalarvuga korrutamine ja jagamine on seotud kesktäidesaatva ja visuaalruumilise komponendiga, aga mitte fonoloogilise silmusega. Seega on antud ülesannete lahendamisel vaja kaasata lisaks pikaajalisse mällu salvestatud teadmistele visuaalruumilised kujutlused ja andmete kodeerimine on seejuures teisejärgulise tähtsusega.

Käesoleva uuringu lõpetamiseks peab mainima, et peastarvutamise ja töömälukomponentide seoste puhul on tegemist väga spetsiifilise probleemide valdkonnaga, millel puuduvad käega katsutavad lahendused ja mida on vaja avada ja täpsustada edasiste uuringute abil.

Soovitusi käesolevate tulemuste kasutamiseks igapäevases õppetöös

Käesoleva töö tulemuste põhjal toon järgnevalt välja mõned üldised soovitusid 5.klassi õpilaste peastarvutamisoskuse toetamiseks lähtuvalt töömälu komponentide erinevast funktsioonist.

- Kirjanduse väitel kontrollib kesktäidesaatva komponent kahe või enama tehte sooritamist liitülesandes, aitab pöörduda valikuliselt pikaajalises mälus salvestatud info juurde ja suruda seal maha mittevajalikud teadmised aktiveerides ainult käesoleva ülesande lahendamiseks vajaliku info. 5.klassi õpilaste uuringu tulemused näitasid, et nimetatud kesktäidesaatva komponendi funktsioonid on vajalikud ülesannetes naturaalarvudega ja kümnmurdudega kõigi aritmeetiliste põhitehete sooritamisel. Eriti oluline oli kesktäidesaatva komponendi kaasamine käesoleva töö peastarvutamise testis liitülesannete lahendamisel, kus lisaks arvu koostise ja arvutamise algoritmide tundmisele oli õpilastel vaja ülesande lahendamisel rakendada ka tehete järjekorra reegleid. Seetõttu tuleb eelpool nimetatud ülesannete lahendamisel kasuks õpilaste tähelepanu juhtimine matemaatilisele tehele, vastava algoritmi meenutamine, vajadusel (so sõltuvalt õpilase arvutamisoskusest) õpitud reeglite ning arvu kümnenkoostise ja järgusüsteemi meenutamine.
- Fonoloogiline silmus aitab kirjanduse väitel kodeerida ülesande andmeid ja säilitada aritmeetilisi teheliikmeid arvutamise ajal. See on käesoleva töö tulemuste põhjal kõige enam vajalik naturaalarvude liitmisel ja lahutamisel liitülesannetes ning

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 36 kümnenmurdudega ülesannetes kõigi matemaatiliste põhitehete sooritamisel. Seega võib enne naturaalarvude või kümnenmurdudega liitülesannete lahendamata asumist õpilast toetada tema tähelepanu pööramine sooritatava tehete liikmetele, nende järjestusele, sooritatavatele tehetele ning nende järjekorra reeglitele.

- Visuaalruumiline komponent aitab eelpool kirjutatu põhjal tajuda arvu visuaalruumilist asukohta ülesandes. Käesoleva töö tulemused näitasid, et eriti oluline on visuaalruumilise komponendi roll tehteliikmete asukoha säilitamisel ja tehete õiges järjekorras sooritamisel nii naturaalarvude kui kümnenmurdudega arvutamisel, naturaalarvu ja kümnenmuru koostise mõistmisel ja arvu asukoha määramisel järjestüsteemis. Seega võib õpilastele enne lahendamata asumist toeks ja abiks olla visuaalsete tabelite/skeemide kasutamine vastavate algoritmide meenutamiseks, arvu järjestüsteemi ja kümnenkoostise visuaalne esitus, kus olulised tähised on visuaalselt hästi eristatavad ja tajutavad.

Tänuõnad

Tänan Kaili Paltsi ja Anu Palu abivalmiduse, asjatundliku ja motiveeriva juhendamise eest!

Suur tänu õpetajatele: Kalli Põld, Iive Kõima, Pille Sink, Tiia Tenno, Ave Sillaste, Tiina Luige ja Liina Lepsoo, kelle vastutulelikkus ja koostöövalmidus aitasid edukalt läbi viia kõik käesolevas uuringus kasutatud testid!

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

23.05.2012.

Kasutatud kirjandus

- Allik, J., Rauk, M. 2006. *Psühholoogia gümnaasiumile*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Andersson, U., Lyxell, B. 2007. Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit?, *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol.96, pp.197-228.
- Aru, T., Bachmann, T. 2009. *Tähelepanu ja teadvus*. Tänapäev.
- Bachmann, T., Maruste, R. 2003. *Psühholoogia alused*. Tallinn: kirjastus Ilo.
- Baddeley, A., Eysenck, M.W., Anderson, M.W. 2010. *Memory*. Psychology Press.
- Baddeley, A. 2007. *Working Memory, Thought and Action*. Oxford University Press.
- Berg, D.H., Hutchinson, N.L. 2010. Cognitive Processes that account for mental Addition Fluency Differences between Children typically achieving in Arithmetic and Children at -Risk for Failure in Arithmetic. *Learning Disabilities. A Contemporary Journal*, Vol.8, N.1, pp.1-20.
- Butterworth, G., Harris, M. 2002. *Arengupsühholoogia alused*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- DeStefano, D., LeFevre, J.A. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology*, Vol. 16, N.3, pp. 353-386.
- Dowker, A. 2009. *What works for Children with Mathematical Difficulties*. Külastatud aadressil www.numicon.com, 22.02.2012.
- Dowker, A. 2005. *Individual Differences in Arithmetic*. Psychology Press.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Nugent, L., Byrd-Craven, J. (2008). Development on Number Line Representations in Children With Mathematical Learning Disability. *Developmental Neuropsychology*, Vol. 33, N.3, pp. 277-299.
- Geary, D.C., Hoard, M.K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., Numtee, C. (2007). Cognitive Mechanisms Underlying Achievement Deficits in Children with Mathematical Learning Disability. *Child Development*, Vol.78, N.4, pp.1343-1359.

- Geary, D.C., Hoard, M.K., Byrd-Craven, J., DeSoto, C.M. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability, *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol.88, pp.121-151.
- Hecht, S.A. 2002. Counting on working memory in simple arithmetic when counting is used for problem solving. *Memory and cognition*, Vol.30, N.3, pp. 447-455.
- Holmes, J., Adams, J.W. 2006. Working Memory and Children's Mathematical Skills: Implications for mathematical development and mathematical curricula, *Educational Psychology*, Vol.26, N.3, pp.339-366.
- Imbo, I., Vandierendonck, A., Rammelaere, S.D. (2007). The role of working memory in the carry operation of mental arithmetic: Number and value of the carry, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 60, N.5, pp.708-731.
- Imbo, I., Vandierendonck, A. (2007). The role of phonological and executive working memory resources in simple arithmetic strategies, *European Journal of Cognitive Psychology*, Vol. 19, N.6, pp. 910-933.
- Jackson, N., Coney, J., 2007. Simple arithmetic processing: individual differences in automaticity. *European Journal of Cognitive Psychology*, Vol.19, N.1, pp.141-160.
- Kikas, E., 2008. Tunnetusprotsesside areng. E.Kikas (Toim). *Õppimine ja õpetamine koolieelses eas* (lk 20-37). Tartu: TÜ Kirjastus.
- Krull, E., 2000. *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Kyttälä, M., Lehto, J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence, *European Journal of Psychology of Education*, Vol.XXIII, N.1, pp. 77-94.
- Kyttälä, M., Aunio, P., Hautamäki, J. (2010). Working memory resources in young children with mathematical difficulties. *Scandinavian Journal of Psychology*, Vol. 51, pp.1-15.
- Lee, K.M., Kang, S.Y. (2002). Arithmetic operation and working memory: differential suppression in dual tasks, *Cognition*, Vol. 83, B63-B68.

- Leppik, P. 2000. *Lapse arendamise ja õpetamise probleeme koolis*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Leppik, P. 2006. *Õppimine on tõesti huvitav*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Lucangeli, D., Tressoldi, P.E., Bendotti, M., Bonanomi, M., Siegel, L.S. 2003. Effective Strategies for Mental and Written Arithmetic Calculation from the Third to the Fifth Grade, *Educational Psychology*, Vol.23, N.5., pp. 507-520.
- Mabbott, D.J., Bisanz, J. 2008. Computational Skills, Working Memory and Conceptual Knowledge in Older Children with Mathematics Learning Disabilities, *Journal of Learning Disabilities*, Vol, 41, N.1, pp.15-28.
- Martinson, M. 2010. *Õpiraskused, kelle probleem? Kust otsida lahendusi?*. Tallinn: Koolibri.
- Meyer, M., Salimpoor, V.N., Wu, S.S., Geary, D.C., Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders, *Learning and Individual Differences*, Vol. 20, pp. 101-109.
- Mutso, I., 2009. Loov lähenemine matemaatika õppimisele ja õpetamisele. Veisson, M. (Toim), *Lapsevanemale erivajadusega lastest II*. Tartu: Atlex.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S.-E., WSOY, 2005. *Inimese füsioloogia ja anatoomia*. Medicina.
- Noor, E., 1998. *Matemaatika I-II klassis. Õpetajaraamat*. Tallinn: Koolibri.
- Oja, M., 2010. Arvutamine I-III kooliastmes. *Põhikooli matemaatika valdkonna raamat*.
Külastatud aadressil www.oppekava.ee, 20.02.2012.
- Passolunghi, M.C., Cornoldi, C., 2008. Working Memory Failures in Children with Arithmetical Difficulties, *Child Neuropsychology*, Vol.14, pp.387-400.
- Passolunghi, M.C., Siegel, L.S., 2004. Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol. 88, pp.348-367.
- Pruulmann, K., 2010. Õpiraskustega õpilased. E. Kikas (Toim), *Õppimine ja õpetamine I ja II kooliastmes*. EDUKO.
- Rebane, I., 2010. Mida arvestada, et nõrgema potentsiaaliga õpilased saaksid hakkama

Peastarvutamine ja töömälu komponendid 41
hilisemates kooliastmetes. *Põhikooli matemaatika valdkonna raamat*. Külastatud
aadressil www.oppekava.ee, 20.02.2012.

Reinson, Ü., 2010. II kooliastmes taotletavate pädevuste kujundamisest ning õppe- ja
kasvatustegevuse rõhuasetusest aineõpetuses. *Põhikooli matemaatika valdkonna raamat*.
Külastatud aadressil www.oppekava.ee, 20.02.2012.

Riiklik Eksami – ja Kvalifikatsioonikeskus (2011). *Üleriigiliste tasemetööde tulemused
2011.aastal*. Külastatud aadressil www.ekk.edu.ee, külastatud 02.05.2012

Rüütli, M. (2010). *Töömälu funktsioneerimine matemaatiliste õpiraskustega 3.klassi
õpilastel*. Magistritöö. Tartu Ülikool.

Sharron, H., Coulter, M. 2011. *Kuidas muuta laste mõtlemist*. AS Atlex.

Swanson, H.L. 2004. Working memory and phonological processing as predictors of
children's mathematical problem solving at different ages. *Memory and cognition*,
Vol.32, N.4, pp.648-661.

Taal, D. 2011. *Üleriigiline 3.klassi matemaatika tasemetöö 2011 (lühikokkuvõte)*. Külastatud
aadressil www.ekk.edu.ee, 5.05.2012.

Taal, D. 2011. *Üleriigiline 6.klassi matemaatika tasemetöö 2011 (lühikokkuvõte)*. Külastatud
aadressil www.ekk.edu.ee, 5.05.2012

Toomela, A. 1999. *Ülevaade psühholoogiast I osa*. Koolibri.

Tulving, E. (2007). *Mälu*. Tartu: TÜ Kirjastus.

Uljas, J., Rumberg, T. (2002). *Psühholoogia gümnaasiumiõpik*. Koolibri.

Värv, E. 2009. Tööetapid „Arvu koostise“ õpetamisel, *Eripedagoogika nr 32, Matemaatika I
osa*. Eesti Eripedagoogide Liit

LISAD

Lisa 1.

Matemaatika peastarvutamise test 5.klassile

A. Arvuta peast

1. $7 \cdot 8 = \dots\dots\dots$
2. $12 \cdot 6 = \dots\dots\dots$
3. $18 \cdot 40 = \dots\dots\dots$

4. $34 + 56 = \dots\dots\dots$
5. $81 + 141 = \dots\dots\dots$
6. $1999 + 17 = \dots\dots\dots$

7. $42 - 9 = \dots\dots\dots$
8. $85 - 19 = \dots\dots\dots$
9. $627 - 37 = \dots\dots\dots$

10. $36 : 4 = \dots\dots\dots$
11. $500 : 25 = \dots\dots\dots$
12. $54\,000 : 60 = \dots\dots\dots$

B. Arvuta peast

13. $62 - 37 + 25 = \dots\dots\dots$
14. $98 + 32 - 40 = \dots\dots\dots$

15. $4 \cdot 21 \cdot 25 = \dots\dots\dots$
16. $5 \cdot 39 \cdot 20 = \dots\dots\dots$

17. $(64 : 8) : 2 = \dots\dots\dots$
18. $(144 : 12) : 4 = \dots\dots\dots$

C. Arvuta peast

19. $3,8 + 5,1 = \dots\dots\dots$

20. $31,5 + 0,05 = \dots\dots\dots$

21. $12,75 - 0,05 = \dots\dots\dots$

22. $14,9 - 3,6 = \dots\dots\dots$

23. $9,3 + 5,8 + 2,2 = \dots\dots\dots$

24. $0,64 + 0,2 - 0,3 - 0,04 = \dots\dots\dots$

25. $5,2 \cdot 3 = \dots\dots\dots$

26. $20 \cdot 4,3 = \dots\dots\dots$

27. $1,3 \cdot 0,2 = \dots\dots\dots$

28. $24,4 : 4 = \dots\dots\dots$

29. $420 : 0,14 = \dots\dots\dots$

30. $6,5 : 0,5 = \dots\dots\dots$

D. Arvuta peast

31. $0,3 \cdot 100 + 4 \cdot 0,1 = \dots\dots\dots$

32. $15 : 0,3 - 70 : 100 = \dots\dots\dots$

33. $0,01 \cdot 0,2 + 0,01 \cdot 0,8 = \dots\dots\dots$

34. $7 \cdot 39 + 3 \cdot 39 = \dots\dots\dots$

35. $56 + (42 + 14) : 8 = \dots\dots\dots$

36. $7 \cdot 40 - 180 + 39 = \dots\dots\dots$

37. $297 - 124 : 4 = \dots\dots\dots$

Lisa 2.**Kesktäidesaatva komponendi testid.****1. Väikseimad arvud (KtK1)**

Näitan sulle kaarte, millele on trükitud 3 arvu. Sina nimeta need arvud ja ütle, milline neist on kõige väiksem ning see kõige väiksem jäta meelde. Järgmise kaardiga samuti. Kui ma küsin, siis ütle mulle kõik väikseimad arvud järjekorras.

4 11 21	50 19 34	17 21 34	
21 53 15	32 67 46	12 33 27	
8 46 39	47 11 29	37 29 44	
41 34 52	41 26 30	30 17 52	
42 37 21	18 31 66	13 25 48	SPAN _____

2. Tagurpidi loendamine (KtK2)

Kuula, ütlen Sulle numbreid. Jäta meelde ja ütle need numbrid tagurpidises järjekorras.

- (2) 5 – 1
- (2) 3 – 7
- (3) 9 – 1 – 8
- (3) 6 – 2 – 9
- (4) 9 – 7 – 1 – 3
- (4) 3 – 9 – 8 – 6
- (5) 5 – 9 – 6 – 8 – 1
- (5) 2 – 1 – 8 – 9 – 3
- (6) 9 – 5 – 7 – 4 – 3 – 8
- (6) 1 – 9 – 3 – 7 – 4 – 2
- (7) 6 – 9 – 4 – 2 – 7 – 3 – 1
- (7) 5 – 8 – 4 – 2 – 1 – 9 – 6

Lisa 3.

Fonoloogiline silmus. Sõnade kordamine (FoS1).

Ütlen Sulle sõnu. Kuula hoolega ja jäta need meelde samas järjekorras. Minu märguande peale ütle need sõnad täpselt samas järjekorras, nagu kuulsid. Ma noogutan märguandeks.

- (2) laev – komm
- (2) mesi – palm
- (3) savi – rong – päev
- (3) musi – nõöp - lehm
- (4) jõud – nina – supp – talv
- (4) lagi – mets – rool – nõid
- (5) lipp – saun – lumi – karu – tädi
- (5) süda – tass – reis – kaal – orav
- (6) kell – vari – laul – niit – saba – uisk
- (6) rohi – kala – toss – mask – tera – lill
- (7) vihm – jonn – naba – mõõk – ring – nimi – krae
- (7) pere – nuga – roos – juhe – tükk – lagi – ruut
- (8) meri – vaas – tuli – rott – savi – täpp – koll – buss
- (8) tigu – loss – leek – pori – naer – pood – hinne – tuba

SPAN _____

Lausete kordamine (FoS2).

Kuula ja korda minu järel!

- (2) päike paistab
- (3) sõbrad tulevad külla
- (4) merel sõidab uhke aurik
- (5) töökad sipelgad ehitavad uut kodu
- (6) ilusad liblikad lendavad aasa kohal ringi
- (7) poes saab küsida müüjalt suuri maitsvaid pirukaid
- (8) punaste juustega mees lõikab köögis pliidi juures leiba
- 9) isa uued kollased saapad seisavad kuuris läikiva auto kõrval

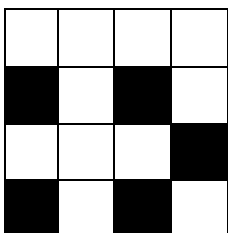
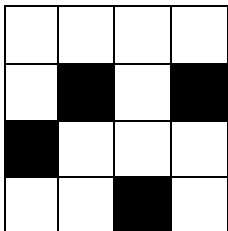
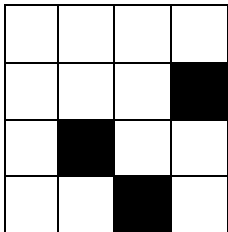
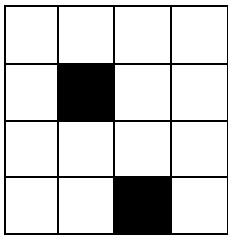
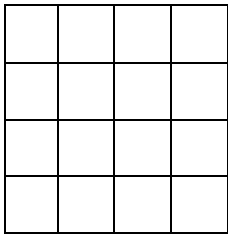
(10) suured laisad koerad magavad rahulikult ema pehme punase vaiba peal SPAN _____

Lisa 4.

Visuaalruumiline komponent.

Ruutude meenutamine (Näiteid VrK1, 1-5)

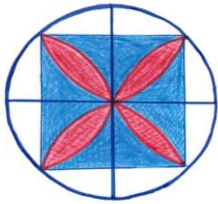
Siin on ruudustik, millest mõned ruudud on värvitud. Vaata ja jäta meelde, millised ruudud on värvitud. Kui ma lehte keeran, siis tee siin ruudustikus ristid neisse ruutudesse, mis olid värvitud.



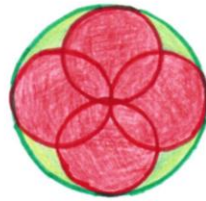
Lisa 5.

Visuaalruumiline komponent. Kujundite erinevused (VrK2, 1-5, A,B).

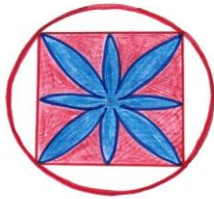
Vaata. Näitan Sulle pilte, millele on joonistatud kujundid. Vaata hoolega ja jäta pildil olev kujund endale meelde. Teise kujundiga samamoodi. Kui ma küsin, siis ütle, kas kujundid olid sarnased või erinevad. Nimeta erinevused.



1A



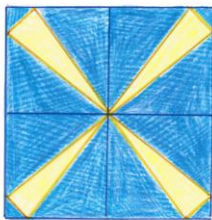
2A



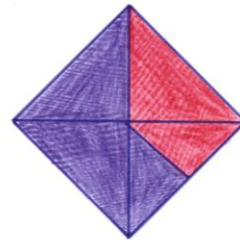
1B



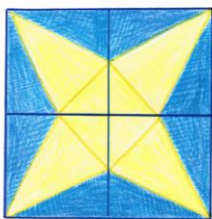
2B



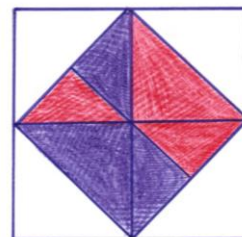
3A



4A



3B



4B



5A



5B