

Masteroppgave

Betydning av verbalt arbeidsminne i regneferdigheter til elever på ulike ferdighetsnivåer

En kvantitativ studie av fjerdetrinnslevers ferdigheter i aritmetikk
og arbeidsminne

Maiken Charlotte Hetle

Masteroppgave i spesialpedagogikk

40 Studiepoeng

Institutt for spesialpedagogikk,

Det utdanningsvitenskapelige fakultet, UiO

Vår 2023



Betydning av verbalt arbeidsminne i regneferdigheter til elever på ulike ferdighetsnivåer

En kvantitativ studie av fjerde-trinnslevers ferdigheter i aritmetikk og arbeidsminne

© Maiken Charlotte Hetle

2023

Betydning av verbalt arbeidsminne i regneferdigheter til elever på ulike ferdighetsnivåer

<https://www.duo.uio.no/>

Trykk: Representeren, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Aritmetiske ferdigheter er viktige for å fungere gjennom hele livets løp (Friso-van den Bos et al., 2013). For å finne ut hvorfor noen barn strever med aritmetikk og matematikk, må man aller først se på hvilke kognitive faktorer som bidrar til å utvikle disse ferdighetene (Hulme & Snowling, 2009). Denne masterstudien skal belyse om arbeidsminnet ligger til grunn for svake aritmetiske ferdigheter. Arbeidsminnets oppgave er å ta opp informasjon fra langtidshukommelsen samt omverdenen, og hjelper å binde sammen ny informasjon med det som allerede er lagret (Baddeley, 2001; Ricker, AuBuchon og Cowan, 2010, gjengitt i von Tetzchner, 2012). Denne masterstudien har imidlertid hovedsakelig søkelys på det verbale arbeidsminnet. Sistnevnte har ifølge flere studier en korrelasjon til svake regneferdigheter. Dermed er det interessant å finne ut hvorvidt man ser den samme tendensen i denne masterstudien. Det antas at 15-20 prosent av alle barn og elever har matematikkvansker i en eller annen form, mens fem til syv prosent av disse har dyskalkuli, som er spesifikk matematikkvanske (Utdanningsdirektoratet, 2022). Matematikkvansker er ifølge Geary et al. (2000) et begrep som brukes om de 25 prosent lavest presterende på standardiserte kartleggingstester i matematikk (gjengitt i Gilmore et al., 2018). På bakgrunn av dette er søkelyset på de lavest presterende barna, mens det resterende utvalget brukes for å kontrollere og sette funnene i sammenheng.

Denne masterstudiens design er ikke-eksperimentell, med en longitudinell kvantitativ tilnærming (Kleven, 2002b). Utvalget baserer seg på 238 enspråklige norske barn uten sensoriske svekkelser eller utviklingsforstyrrelser. Disse barna er knyttet til Num-Lit prosjektet, og datamaterialet som er valgt ut, gir målinger fra barnas ferdigheter i verbale arbeidsminnetester og aritmetiske tester. For å belyse sammenhengen mellom ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne, er det statistiske analyseprogrammet Jamovi tatt i bruk (Navarro og Foxcroft, 2022). Bivariate korrelasjonsanalyser og lineære regresjonsanalyser er tatt i bruk for å belyse denne sammenhengen, hos de to gruppene (lavtpresterende- og resterende utvalg) isolert og for å sammenligne deres likheter og ulikheter. Testene som er brukt for å måle disse ferdighetene måler verbalt arbeidsminne, samt hoderegning og regneflyt innenfor de fire regneartene; addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon.

Resultatene fra analysen viser få statistisk signifikante korrelasjoner mellom ferdigheter i verbalt arbeidsminne og ferdigheter i aritmetikk hos den lavtpresterende gruppa. Hos det resterende utvalget, viser imidlertid resultatene noe ganske annet. I lys av validitet, tidligere nevnt teori og studier, skal disse resultatene drøftes i diskusjonskapittelet av masterstudien.

Forord

Først og fremst vil jeg takke Num-Lit prosjektet, for at jeg har fått lov til å ta del i forskningsprosjektet. Det har vært lærerikt å få innsikt i hvordan et forskningsprosjekt gjennomføres og planlegges. Å knytte masteroppgaven til et stort datamateriale gjennom kvantitativ metode, har vært svært lærerikt og spennende.

Videre vil jeg rette en stor takk til min dyktige hovedveileder Tonje Amland, samt takke biveileder Astrid Marie Jorde Sandsør for god hjelp i statistikk og metode. Uten deres gode veiledning, innspill og hjelp, hadde dette vært en helt annen prosess.

Vi mennesker er flokkdyr. Vi er avhengig av andre fra dagen vi blir født. Vi er faktisk helt hjelpeløse uten andre. Vi trenger nærhet, næring og sosiale stimuli. I den anledning vil jeg takke min kjære motivator, «medsliter» og studievenninne Marthe Aas. Jeg tror det blir mindre «huffing» fremover, og mer latter, som vi tross alt kan aller best!

Videre vil jeg takke familie og mine to flotte samboere, Helene og Solveig, som alltid møter meg med et smil, kjærlighet og oppmuntring i en tidvis krevende periode. For ikke å glemme venner som har brukt sin kjære fritid på å lese korrektur.

Og helt til slutt, som Snoop Dogg en gang sa: «Last but not least, I wanna thank me».

Innhold

1 INNLEDNING OG TEMATISK BAKGRUNN	9
1.1 NUM-LIT PROSJEKTET	10
1.2 AVGRENSNING OG PROBLEMSTILLING.....	10
2 TEORETISK OG EMPIRISK GRUNNLAG	12
2.1 BEGREPSAVKLARING	12
2.2 GRUNNLAG FOR ARITMETISK FORSTÅELSE.....	13
2.2.1 FORSTÅELSE AV MENGDE.....	13
2.2.2 UTVIKLING AV IKKE-SYMBOLSK MENGDEFORSTÅELSE	13
2.2.3 SYMBOLSKE TALL.....	14
2.2.4 TELLEFERDIGHETER.....	15
2.3 ARITMETISKE FERDIGHETER	16
2.4 MATEMATIKKVANSKER	19
2.5 ARBEIDSMINNE.....	20
2.6 ARITMETIKK OG ARBEIDSMINNE	22
2.6.1 <i>Visuospatialt arbeidsminne</i>	24
2.6.2 <i>Verbalt arbeidsminne</i>	25
2.6.3 <i>Episodisk buffer og sentral kontrollenhet</i>	29
3 METODE	31
3.1 UTVALG.....	32
3.2 INNSAMLING AV DATA	32
3.3 VARIABLER.....	32

3.4 RELIABILITET OG VALIDITET	34
3.4.1 Statistisk validitet	35
3.4.2 Indre validitet	36
3.4.3 Begrepsvaliditet	36
3.4.4 Ytre validitet	37
3.5 ETISKE HENSYN	37
4 RESULTATER	39
4.1 DESKRIPTIVE ANALYSER	39
4.2 BIVARIATE KORRELASJONSANALYSER	47
4.2.1 Sammenhengen mellom aritmetikk og arbeidsminne hos lavtpresterende utvalg	47
4.2.1.1 Oppsummering av korrelasjonsanalyser hos lavtpresterende utvalg	55
4.2.2 Sammenhengen mellom aritmetikk og arbeidsminne hos resterende utvalg	55
4.2.2.1 Oppsummering av korrelasjonsanalyser hos resterende utvalg	64
4.3 SAMMENLIGNINGER MELLOM LAVTPRESTERENDE OG RESTERENDE UTVALG GJENNOM LINEÆR REGRESJON	65
4.4 OPPSUMMERING AV ANALYSER	75
5 DISKUSJON	77
5.1 SAMMENHENGENE MELLOM ARITMETIKK OG ARBEIDSMINNE	77
5.2 SAMMENHENGEN MELLOM DE LINEÆRE REGRESJONENE	80
5.3 BEGREPSVALIDITET OG ULIKHETER MELLOM ARBEIDSMINNEVARIABLER	82
5.4 VURDERING AV FUNNENE I LYS AV KRAV TIL VALIDITET	84
5.4.1 Vurdering av funnene i lys av krav til ytre validitet	85
5.5 DENNE MASTERSTUDIENS RESULTATER OPP MOT TIDLIGERE FORSKNING	86

5.6 BEHOVET FOR VIDERE STUDIER.....	87
6 AVSLUTNING	89
7 LITTERATURLISTE	92

1 Innledning og tematisk bakgrunn

Å kunne utføre matematiske oppgaver blir sett på som en viktig del av barns daglige aktiviteter. Aritmetikk er en sentral del av matematikken, og aritmetiske ferdighetene er viktige livet ut (Friso-van den Bos et al., 2013). Flere forskere hevder det finnes bevis på at arbeidsminnet spiller en rolle for aritmetiske ferdigheter (Giofrè et al., 2018, Ashkenazi et al., 2013; Attout & Majerus, 2015; Peng et al., 2012; Andersson, 2010; Hecht & Seyler et al., 2002; DeStefano & LeFevre, 2004; Friso-van den Bos et al., 2013; MacKinnon McKenzie et al., 2003). Baddeley & Hitch (1974) hevder at arbeidsminnets hovedoppgave er å holde informasjon i minnet samtidig som informasjon blir tilføyet eller prosessert (gjengitt i Gilmore et al., 2018). Arbeidsminnets kapasitet øker gjennom barndommen, og varierer fra person til person. Det skilles ofte mellom to typer arbeidsminne; visuospatialt og verbalt. Forskere er per dags dato uenige om hvilken av disse typene som er mest kritisk for aritmetiske ferdigheter (Gilmore et al., 2018). I denne masterstudien vil det derfor greies ut om, og diskuteres rundt begge typer arbeidsminne, med et hovedfokus på verbalt arbeidsminne. Sistnevnte har ifølge studier gjennomført av Passolunghi og Sigel (2001) og Passolunghi et al. (2004, gjengitt i Rasmussen og Bisanz, 2005) en korrelasjon til svake regneferdigheter. Disse to studiene ble gjennomført på fjerdeklassinger, og er derfor av interesse for denne masterstudien. Peng et al. (2016) fant også denne sammenhengen, og sterkest hos de barna med matematikkvansker.

Formålet med masterstudien er å belyse hvorvidt arbeidsminnet henger sammen med evnen til å løse aritmetiske oppgaver. Med aritmetiske oppgaver menes oppgaver innenfor de fire regneartene (Hindry, 2011). Friso-van den Bos et al. (2013) beskriver aritmetikk som en gren innenfor matematikk, som omhandler målinger og mengder representert av tall og symboler. De grunnleggende matematiske ferdighetene er viktige og i mange situasjoner helt nødvendig for å mestre ulike daglige oppgaver. Noen barn strever mer enn andre når de skal utføre aritmetiske oppgaver. Det er derfor essensielt å finne ut hvorvidt svekkelser i arbeidsminnet kan være deler av årsaken til at disse barna strever i aritmetikk og matematikk. Selv om det i denne masterstudien ikke eksplisitt tester om den ene ferdigheten påvirker den andre, er det interessant å se om hvorvidt det finnes en sammenheng som gir videre grunnlag

for å teste et slikt årsaksforhold. Dersom det viser seg at arbeidsminnet har en sammenheng med aritmetiske ferdigheter, er det fordelaktig at eventuelle tiltak iverksettes tidlig i barnets utdanningsløp. Dette vil igjen kunne bidra til at barna har et best mulig fundament for læring på et høyere og stadig mer avansert nivå.

1.1 Num-Lit prosjektet

Denne masterstudien er knyttet til Num-Lit prosjektet ved Universitetet i Oslo. Målet til prosjektet er å få et innblikk i sammenhengen mellom leseferdigheter og tallforståelse. Prosjektet setter søkelys på tidlig identifisering og støtte til barn i risiko for å utvikle lærevansker, og har en langsiktig tidsramme. Testdeltakerne er barn som har blitt fulgt fra det siste året i barnehagen, og som nå går siste semester på femtetrinn.

Num-Lit prosjektet har testet barn i et område i Sørøst-Norge. Dette området ligger på det nasjonale snittet innenfor utdanningsnivå og sosioøkonomisk status (Statistics Norway, 2020). Barn som har alvorlige utviklingsforstyrrelser som autisme, psykisk utviklingshemming eller sensoriske svekkelser (tap av syn og hørsel etc.) deltar ikke i studien.

Prosjektet er gjort gjennom et samarbeid mellom forskere på Institutt for pedagogikk og Institutt for spesialpedagogikk ved Universitetet i Oslo. Testbatteriet tester blant annet barnas tallforståelse, leseferdigheter, kognitive ferdigheter og språk. Da barna gikk siste året i barnehagen ble de vurdert på grunnleggende evner, som generelle kognitive og språklige evner. Deretter har barna gradvis blitt testet med aldersadekvate tester.

1.2 Avgrensning og problemstilling

Problemstillingen som ligger til grunn for masterstudien lyder:

«Kan verbalt arbeidsminne ligge til grunn for svake prestasjoner i aritmetikk?»

Med utgangspunkt i teori og resultater fra den kvantitative analysen i kapittel «4 Resultater», vil denne problemstillingen belyses. Num-Lit prosjektet har en mengde datamateriale, og i

denne masterstudien vil det som nevnt brukes datamateriale bestående av variabler med målinger av ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne.

Som nevnt innledningsvis er det langsiktige målet med problemstillingen at man skal kunne bidra til å øke kunnskap rundt hvorvidt arbeidsminne, mer spesifikt verbalt arbeidsminne, er en av årsakene til at noen barn strever med aritmetisk problemløsning. Det vil brukes datamateriale fra fjerde trinn, derav et utvalg med de 25 prosent lavest presterende innenfor tester som måler aritmetikk. Disse barna vil i denne masterstudien kategoriseres som «lavtpresterende». «Resterende utvalg», altså de som har ferdighetsskåre over 25. persentil på tester som måler aritmetikk, vil også analyseres, fordi det er interessant å se på likheter og ulikheter mellom de to utvalgene. Dersom man ser ulike korrelasjoner i de to utvalgene, er det vesentlig å diskutere mulige årsaksforklaringer.

2 Teoretisk og empirisk grunnlag

I dette kapitlet vil det presenteres relevant teori knyttet til aritmetikk og arbeidsminne, som legger fundamentet for masterstudien. Det vil først presenteres en definisjon på begrepene «matematikk» og «aritmetikk». Innlæring av aritmetisk forståelse kommer ikke av seg selv, og det er foregående læring som må skje før den aritmetiske kompetansen finner sted. På bakgrunn av dette, vil masterstudien også gjøre rede for forståelsen av mengde, symbolske tall og telling. Teoridelen vil derfor presenteres i kronologisk rekkefølge. Med dette menes det at den læringen som finner sted først, blir presentert først, og så videre. Deretter vil det greies ut om matematikkvansker og dyskalkuli, med tanke på at denne masterstudien først og fremst baserer seg på datamateriale fra de 25 prosent lavest presterende. Videre skal det gås nærmere inn på arbeidsminnet og dets relasjon til korttids- og langtidshukommelsen. Arbeidsminnet vil bli nærmere forklart av multikomponentmodellen, opprinnelig presentert av Baddeley og Hitch i 1974 (gjengitt i Baddeley, 2000). Her vil det greies ut om de ulike komponentene modellen består av, hvordan de måles og relevante forskningsfunn relatert til aritmetikk og matematikk. Hovedfokuset vil som nevnt, ligge på det verbale arbeidsminnet, som er en av komponentene i den nevnte modellen til Baddeley og Hitch.

2.1 Begrepsavklaring

Som nevnt innledningsvis er aritmetikk en gren innenfor matematikk. Det vil derfor være relevant for masterstudien å presentere tidligere studier som ser på aritmetikk isolert, samt matematikk som helhet. Wright et al. (2012) beskriver aritmetiske ferdigheter som evnen til å memorere grunnleggende regler og mestre algoritmer som kreves for å løse de fire grunnleggende regneartene; addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon. Matematikk består av ulike domener som aritmetikk, algebra, geometri, sannsynlighet og statistikk. I tillegg inkluderer matematikk også en mengde grunnleggende evner som er assosiert med logikk, hukommelse og visuospatial kapasitet (Karagiannakis et al., 2014). Et annet begrep som går mye igjen i denne masterstudien er matematikkvansker. Kort forklart er en matematikkvanske en spesifikk vanske med tall og matematiske ferdigheter som inntreffer

samtidig som intellektuelle- og verbale evner er intakt. (Butterworth et al., 2011; Wilson & Dehaene, 2007, gjengitt i Ashkenazi et al., 2013).

2.2 Grunnlag for aritmetisk forståelse

For å gi en dypere forståelse for hvorfor noen barn strever med å mestre aritmetikk og matematikk, må man se på hvilke kognitive faktorer som bidrar til å utvikle disse matematiske ferdighetene (Hulme & Snowling, 2009).

2.2.1 Forståelse av mengde

Å estimere en mengde involverer å sette en tall-symbolsk merkelapp på den mengden vi ser. For å kunne gjøre dette, må man først lage en ikke-symbolsk representasjon av mengden (Gilmore et al., 2018). Det finnes i dag minst to forskjellige ikke-symbolske system. Det ene er for mindre eksakte mengder (opp til fire-fem stk.), hvor man kan «subitize». Sistnevnte betyr å øyeblikkelig registrere hvor mange objekter man ser, og raskt gi et presist estimat på antallet. Når det dreier seg om et større antall objekter må man gjøre dette omtrentlig, fordi det er umulig å se akkurat hvor mange objekter man ser uten å fysisk måtte telle hvert enkelt objekt. Dette systemet kalles «Approximate Number System» og forkortes til ANS (Gilmore et al., 2018). Sistnevnte vil utdypes nærmere i neste underkapittel.

2.2.2 Utvikling av ikke-symbolsk mengdeforståelse

Ifølge atferds-, nevropsykologisk- og hjerneavbildningsforskning, er ANS et grunnleggende system for prosessering av tall og nummer. Det som skiller ANS fra presis telling, er at det er upresist. Flere bevis tyder på at vår evne til å danne upresise representasjoner, utvikler seg gjennom livets løp (Halberda & Feigenson, 2008).

For å teste et barns utvikling av ANS, kan man eksempelvis presentere to punktmatriser, og be barnet vurdere hvilken av disse som har flest prikker. ANS er dermed en

prosess som er involvert ved en slik ikke-symbolsk representasjon av mengde (Gilmore et al., 2018). En slik type oppgave brukes også ved testing av ANS-ferdigheter.

Denne masterstudien setter søkelys på de 25 prosent lavest presterende barna innenfor ferdigheter i aritmetikk, og derfor vil det trekkes fram noen relevante funn for denne gruppa av utvalget. Wilson et al. (2006) gjennomførte en studie på barn mellom syv og ni år som alle hadde matematikkvansker. De fant ut at trening i å se forskjell på to mengder økte presisjon i ANS hos disse barna. Etter omtrent åtte timers øving på presisjon i ANS, i løpet av en periode på fem uker, viste disse barna forbedringer innenfor symbolske- og ikke symbolske oppgaver. Videre engasjement i slik mengdeestimering gjennom skoleløpet, kan derfor hevdes å forbedre presisjon innenfor ANS hos typisk utviklede barn (gjengitt i Halberda & Feigenson, 2008). Det har imidlertid vært uenighet i forskningen på ANS, hvor noen mener at ferdigheter i ANS er med på å fremme symbolsk tallkunnskap, mens andre mener omvendt – at symbolsk tallkunnskap er med på å fremme ANS ferdigheter (Gilmore et al., 2018).

2.2.3 Symbolske tall

Etter barna har lært seg forståelse av en mengde gjennom blant annet ANS, er det helt nødvendig å kunne bruke symbolske tall for å representere mengdene på en oversiktlig og enkel måte. Forståelsen av symbolske tall er en sterk prediktor for senere matematiske prestasjoner. En studie gjort av Vanbinst et al. (2014) fant at symbolsk forståelse av mengde hos åtte år gamle barn er viktig for aritmetisk utvikling senere i skoleløpet. Forskerne sammenlignet denne sammenhengen med viktigheten fonologisk bevissthet har for lesing (gjengitt i Gilmore et al., 2018). Denne forskningen viser til hvor essensiell utviklingen av forståelse for symbolske tall er for aritmetiske prestasjoner. Barn lærer å telle før de forstår hva de ulike ordene betyr og representerer. Tellesekvensen en typisk toåring lærer seg, har ingen numerisk representasjon på dette stadiet (Gilmore et al., 2018). Selv om barna i to-tre års alder lærer seg betydningen av tallet «en» betyr ikke det at de lærer seg betydningen av tallet «to» (Gilmore et al., 2018).

2.2.4 Telleferdigheter

Som nevnt ovenfor, vet ikke barn nødvendigvis hva mengden «to» representerer, selv om de har lært hva «en» representerer. Gilmore et al. (2018) skriver at barn lærer seg ulike prinsipper innenfor telling, før de utvikler en konseptuell forståelse av telling. Når barnet har fått en konseptuell forståelse for telling har de oppnådd «kardinalprinsippet». Med andre ord må flere prinsipper være innlært før man oppnår full forståelse for telling (Gilmore et al., 2018).

Galistel (1978) beskrev fem telleprinsipper som trenger å være forstått før man har en full forståelse for telling. Prinsippene som skal mestres omhandler ulike måter å lære tellestrategier på, men skjer ikke nødvendigvis i en gitt rekkefølge. Et av prinsippene er «en-til-en prinsippet». Her tildeles hvert tallord et objekt, og barnet skal lære at et objekt kun kan telles en gang. Videre er det viktig at barnet mestrer «telling i fast rekkefølge»; fem, seks, syv, åtte. «Abstraksjonsprinsippet» går ut på at barnet skal vite at telling gjelder for alle slags objekter, konkrete og det abstrakte. Videre skal barnet mestre «irrelevant startobjekt», der barnet skal forstå at mengden objekt er den samme, uavhengig av hvilket objekt i samlingen man starter å telle. Et prinsipp som barna ofte lærer til slutt, er som nevnt «kardinalprinsippet» hvor barnet skal vite at tallordet for det siste objektet i en samling representerer antallet objekter i samlingen (gjengitt i Gilmore et al., 2018). Det har imidlertid blitt diskutert om det også bør finnes flere prinsipper etter at man har oppnådd kardinalprinsippet, og her har blant annet «suksessorprinsippet» blitt diskutert. «Suksessorprinsippet» handler om at hvert tall følges av et annet tall som er nøyaktig en mer. For å forstå hvordan man gjør dette må man forstå kardinalbetydningen, altså at det siste tallordet representerer antallet objekter i samlingen (Gilmore et al., 2018). Det er derfor stor tvil knyttet til om «kardinalprinsippet» bør anses som det siste steget av telleferdigheter.

Typiske strategier barn bruker når de begynner med aritmetikk, er å «telle alle», «telle videre» eller «telle videre fra høyeste tall» og blant annet derfor er mestring av telling helt essensielt for å kunne utføre aritmetiske regneoperasjoner.

2.3 Aritmetiske ferdigheter

Aunio og Räsänen (2016) viser til fire kunnskapstyper som legger grunnlaget for aritmetisk forståelse hos barn mellom fire og åtte år. Den første er at barna skal mestre symbolsk og ikke- symbolsk forståelse av tall. Dette vil si at man forstår mengder og kan gruppere tallene. Den andre kunnskapstypen er å ha forståelse for relasjonen mellom ulike matematiske konsepter. Disse konseptene viser til forståelse av en-til-en korrespondanse, telleferdigheter, grunnleggende aritmetiske prinsipper og aritmetiske strategier, for eksempel plassverdisystemet. Den tredje kunnskapstypen er forståelse for prinsipper som omhandler telleferdigheter og kunnskap om tallsymboler. Den siste kunnskapstypen som legger grunnlaget for aritmetisk forståelse, er forståelse av tall-ord-sekvenser og opplisting. Sistnevnte viser til at man lister opp et og et tall hver for seg. Til slutt skal barnet ha basiskunnskap i aritmetikk, som omfatter addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon (Aunio & Räsänen, 2016). Når denne basiskunnskapen er ferdig utviklet, vil den lagres i langtidshukommelsen og ved aritmetiske problemløsning vil arbeidsminnets bidrag være å holde trinnvise løsninger i minnet (Aunio og Räsänen, 2016).

Kunnskapen om grunnleggende aritmetiske prinsipper er ofte det som omtales som forståelsen av del-hele-relasjoner i addisjons- eller subtraksjonsoppgaver (Canobi et al., 2002; Wilkins et al., 2001, gjengitt i Aunio og Räsänen, 2016). Nærmere forklart refererer dette til additiv sammensetning, kommutativitet, assosiativitet og forhold mellom regneoperasjoner. Additiv sammensetning går ut på at barnet forstår at et større tall, ofte er fremstilt av et mindre tall. Kommutativitet viser til at tallene som adderes eller multipliseres, også kan stilles i en annen rekkefølge og fortsatt få samme svar; $a+b=b+a$ og $a*b=b*a$. Assosiativitet betyr at barnet vet at selv om et regnestykke brytes ned til for eksempel $(a+b)+c$, vil det gi samme sum som $a+(b+c)$ (Aunio & Räsänen, 2016). Additiv sammensetning, assosiativitet og kommutativitet er tre prinsipper som er nødvendige for å utføre aritmetiske regneoppgaver. Å forstå forholdet mellom ulike regneoperasjoner er eksempelvis at summen i et addisjonsstykke kan brukes for å løse et subtraksjonsstykke (Robinson et al., 2006, gjengitt i Aunio & Räsänen, 2016). Denne innlæringen skjer typisk gradvis gjennom et barns utvikling.

Hvilke strategier kan brukes for å løse aritmetiske oppgaver? Når barn skal løse aritmetiske oppgaver må de velge en strategi for å løse oppgaven. Siegler (1999) mente at strategiutviklingen er basert på overlapping der barnet kan velge mellom mange strategier hele tiden, i stedet for en «stigemodell» med bare en strategi av gangen (gjengitt i Gilmore et al., 2018). Basert på Siegler (1999) sin modell for strategiutvikling har det blitt forsket videre på fire dimensjoner i strategibruken. I den første dimensjonen, «repertoar», finnes antallet strategier barnet bruker for å løse et problem. Den andre dimensjonen er «strategi distribusjon», som handler om hvor ofte disse strategiene brukes. Den tredje dimensjonen, «effektivitet», omhandler hvor raskt og effektivt disse strategiene brukes. Til slutt følger «strategivalg» som dreier seg om barnet velger den best mulige strategien for den oppgaven som er gitt (gjengitt Gilmore et al., 2018). For å sjekke hvordan barna utvikler strategiene gjennom disse dimensjonene kan man ta i bruk et «Choice/no-choice eksperiment». Her skal barnet få løse oppgaven på to måter: enten velge strategi selv, eller å få en bestemt strategi utdelt. En slik måte å teste barna på, gir et innblikk i hvorvidt barna velger en hensiktsmessig strategi når de selv kan velge og hvor effektivt de klarer å bruke den strategien de får beskjed om å bruke (Gilmore et al., 2018).

Det finnes flere typer strategier enn den som er nevnt ovenfor. For å illustrere ulike strategier kan addisjonsoppgaven $4+8$ bli brukt som et eksempel. Her vil barnet trolig bruke strategien som går ut på å «telle alle» tidlig i utviklingsforløpet. Barnet bruker objekter eller fingre til å lage et sett for hver tallgruppe separat og så telle alt: 1, 2, 3, 4, - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 eller 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Denne anses som en lite effektiv strategi og kan ta lang tid å utføre. Videre i utviklingen vil barnet «telle videre», men ikke nødvendigvis fra høyeste tall. Eksempel på dette er 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Dette er en mer effektiv strategi for barnet. Den mest effektive blant tellestrategiene er å «telle videre fra høyeste tall», her starter barnet på tallet 8, også teller videre 9, 10, 11, 12. Dersom barnet har lært addering, kan hen bruke «dekomposisjon». Det vil si at tallene brytes ned i mindre komposisjoner, for så å bruke små adderingsstykker som til slutt blir til svaret. Et eksempel på sistnevnte er $1+1=2$, $8+2=10$, $2+10=12$ (Gilmore et al., 2018). Det er naturlig å tro at jo tregere og mer kompliserte strategiene er, jo mer arbeidsminne kreves for å holde informasjon frem til man klarer å finne frem til svaret.

De fleste barn går fra å bruke «telle alt» strategier, til mer effektive «snarvei» strategier. Målet blir at barnet kan bruke effektiv faktainnhenting fra langtidshukommelsen når de løser en oppgave. Kombinasjonen av tallene og svaret blir lagret som en kode i minnet og som senere kan hentes frem igjen. Når man har utført dette over tid vil svarene lagres i langtidshukommelsen (Lemaire & Siegler, 1995; Siegler, 1988, gjengitt i Gilmore et al., 2018). Å løse et regnestykke krever spesifikk aritmetisk kunnskap for den aktuelle regneoperasjonen. DeStefano og Lefevre (2004) skriver at ensifrede tall, som for eksempel $5+8$ eller $5*9$, krever enten direkte tilgang til langtidshukommelsen, eller en kombinasjon av faktainnhenting og manipulasjon (for eksempel $5*9=5*10-5$).

DeStefano og LeFevre (2004) skriver at oppgaver med flersifrede tall, som for eksempel $29+52$, krever tilgang til aritmetiske prinsipper i tillegg til kjennskap til å «låne eller holde» innenfor ulike regnearter. Regneoperasjoner er mer utfordrende å gjennomføre dersom de innebærer å «holde på tall». Tallene 9 og 2 må «holdes» og huskes i regnestykket $29+52$, og tar gjerne derfor lengre tid å utføre og sjansen for å gjøre en feil i utregningen er større. Dermed vil man kunne hevde at det vil være en sterkere sammenheng mellom arbeidsminnet og mer utfordrende aritmetiske oppgaver, enn de regnestykkene som allerede er lagret i langtidshukommelsen (DeStefano & LeFevre, 2004). Arbeidsminnets rolle ved aritmetisk problemløsning forklarer denne økende utfordringen, da den blir mer belastet ved mer utfordrende og krevende oppgaver.

Ved ensifrede oppgaver hvor man må bruke telling for å finne svaret, blir det verbale arbeidsminnet hovedsakelig belastet, mens ved tosifrede oppgaver blir det verbale arbeidsminnet belastet når man må huske på tall eller holde på informasjon som skal brukes senere (Hecht & Seyler, 2002, gjengitt i DeStefano & LeFevre, 2004). I tillegg viser funn at horisontalt format på regneoppgaven, aktiverer det verbale arbeidsminnet mer enn et vertikalt format på oppgaven (Trbovich & LeFevre, 2002, gjengitt i DeStefano & LeFevre, 2004). Det vil si at regnestykker med oppstilling over og under hverandre, er mindre relatert til det verbale arbeidsminnet, enn når man skriver regnestykket på en og samme linje.

2.4 Matematikkvansker

Det antas at 15-20 prosent av alle barn og elever har matematikkvansker i en eller annen form. Av disse estimeres det at fem til syv prosent av disse har dyskalkuli, som er en mer spesifikk og alvorlig form for matematikkvansker (Utdanningsdirektoratet, 2022). Matematikkvansker er et begrep som brukes til å beskrive ulike vansker i matematikkferdigheter, og typisk knyttet til aritmetikk og aritmetisk problemløsning (Kariagiannkis et al., 2014). Denne vansken er ofte beskrevet som domenespesifikk, og stammer fra vansker med representasjon av numerisk informasjon. Dette resulterer igjen i unormale tallprosesseringsmekanismer (Butterworth et al., 2011; Wilson & Dehaene, 2007, gjengitt i Ashkenazi et al., 2013).

Dyskalkuli-diagnosen gis til de som har alvorlige vansker med matematikk (Gilmore et al., 2018). Barn som har dyskalkuli har ofte vansker tilknyttet ANS, koblingen mellom mengde og tall, og/eller vansker med det visuospatiale arbeidsminnet (Gilmore et al., 2018). Dyskalkuli vil kunne påvirke evnen til å utføre aritmetiske og matematiske oppgaver i stor grad. Med tanke på at denne masterstudien tar utgangspunkt i de aritmetiske ferdighetene hos de 25 prosent lavest presterende, vil dette utvalget sannsynligvis representere barn med både dyskalkuli og matematikkvansker. Barn med slike vansker har ofte utfordringer med enkle oppgaver, som for eksempel vurdering av mengder og nummerering. Det er verdt å nevne at det i økende grad finnes bevis på at disse barna har en domenegenerell arbeidsminnevanske som også påvirker matematikkvanskene, men her kan det være forskjeller innad i vanskegruppen (Geary et al., 2007, gjengitt i Ashkenazi et al., 2013).

I forbindelse med denne masterstudien kan det være hensiktsmessig å stille spørsmålet «om barn med matematikkvansker kan ha et svakt utviklet verbalt arbeidsminne?» I en undersøkelse gjort av Passolunghi og Siegel (2001) ble det undersøkt om matematikkferdigheter kan ha en forbindelse med det verbale arbeidsminnet. Deres funn viste at fjerdeklassinger som er svake i regning har signifikante vansker med tester som måler det verbale arbeidsminne. Testene som ble brukt var blant annet «tall-spenn». Dette ble bekreftet tre år senere, da Passolunghi et al. (2004) fant at fjerdeklassinger som har vansker med aritmetisk problemløsning har en spesifikk vanske med arbeidsminneoppgaver der det kreves

at irrelevant informasjon skal ignoreres (gjengitt i Rasmussen & Bisanz, 2005). Dette er funn som indikerer at det verbale arbeidsminnet spiller en rolle for matematiske og aritmetiske ferdigheter.

Det kan derfor hevdes at matematiske ferdigheter ofte er et resultat av blant annet et svakt arbeidsminne. Peng et al. (2016) utførte en metaanalyse på 110 studier gjort på barn og voksne, og fant blant annet at verbalt arbeidsminne og visuospatialt arbeidsminne er relatert til matematikk. Denne metaanalysen viser i likhet med andre studier, at relasjonen mellom arbeidsminne og matematikk er sterkest hos de barna som har matematikkvansker, sammenlignet med typisk utviklede barn (Peng et al., 2016).

2.5 Arbeidsminne

Når barn leter etter en bit som passer i puslespillet, bruker de arbeidsminnet. Her må barnet prøve å huske på noe på en kort tid samtidig som at de arbeider med et problem. Arbeidsminnet har en begrenset bearbeidings- og lagringskapasitet, og innholdet oppmerksomheten setter søkelys på, blir raskt redusert i løpet av sekunder, dersom det ikke blir gjentatt (von Tetzchner, 2012). Arbeidsminnet tar opp informasjon fra langtidshukommelsen samt omverdenen, og hjelper å binde sammen ny informasjon med det som allerede er lagret (Baddeley, 2001; Ricker et al., 2010, gjengitt i von Tetzchner, 2012). Langtidshukommelsen omfatter oppbevaring av informasjon over både lengre og kortere perioder. Den blir regnet for å ha ubegrenset kapasitet, men må klare å hente fram informasjonen når det trengs, for å kunne dra nytte av det som er lagret (von Tetzchner, 2012).

Hukommelsen er opprettet og funksjonell allerede fra fødselen, men kapasiteten til arbeidsminnet er sterkt begrenset i begynnelsen. Selve kapasiteten er imidlertid antatt å være hovedsakelig biologisk gitt. Det er bruk av ulike strategier som gjør at eldre barn som regel presterer bedre enn yngre barn, samt at en del av kapasitetsøkningen kommer fra modning. Arbeidsminnet har blant annet en sentral funksjon i bearbeidningen av den informasjonen som barn hører, og er viktig for tilegnelsen av nye ord (Baddeley, 2003; Montgomery et al., 2008,

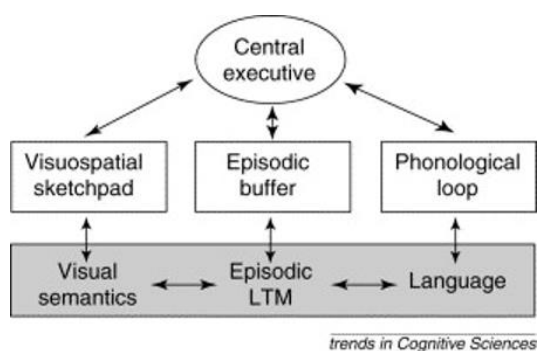
gjengitt i von Tetzchner, 2012). En vanlig måte å måle arbeidsminnets kapasitet er ved å se på antall sifre som en person klarer å gjengi umiddelbart etter opplesning. For voksne blir det ofte antatt å være 7+-2, men dersom de blir hindret fra å gjenta tallene de skal huske, kan kapasiteten reduseres til 3-5 tall (Cowan, 2010; Cowan & Alloway, 2009, gjengitt i von Tetzchner, 2012).

Objekter fra kjente kategorier er lettere å huske enn fra mindre/ukjente kategorier. Dette kan skyldes at kapasiteten til arbeidsminnet blir brukt til organisering og innkoding når materialet er lite kjent (Alexander & Schwanenflugel, 1994, gjengitt i von Tetzchner, 2012). Dette kan bety at tillært kunnskap spiller en viktig rolle for arbeidsminnets kapasitet (Alloway & Alloway, 2012).

Arbeidsminne og andre former for kognitiv bearbeiding er altså ikke bare et resultat av kapasiteten til de underliggende prosessene, men avhenger like mye av hensiktsmessig strategibruk. Barn har i mindre grad enn voksne automatisert bruken av strategier (von Tetzchner, 2012). I henhold til denne masterstudien er det naturlig å anta at dette også gjelder lavtpresterende- vs. det resterende utvalget. von Tetzchner (2012) skriver videre at selv om barn kan lære strategier, fører ikke alltid slik læring til at de tar i bruk strategiene når de skal utføre oppgaver. Både hos barn og voksne er erfaring altså av betydning for arbeidsminnet (von Tetzchner, 2012). Dette vil også være tilfellet i forbindelse med innlæringen av matematikk.

Den modellen som kan hevdes å passe best til å beskrive hvordan arbeidsminnet fungerer, inkluderer komponenter for lagring og prosessering av verbal og visuospatial informasjon (Alloway & Alloway, 2012). Baddeley og Hitch presenterte i 1974 en slik modell kalt «multikomponentmodellen», bestående av flere komponenter. Den seneste fornyelsen av denne modellen inneholder fire komponenter: «The central executive», «The phonological loop», «The visuospatial sketchpad» og «The episodic buffer» (Baddeley, 2007). Disse fire komponentene kan på norsk oversettes til «sentral kontrollenhet», «verbalt arbeidsminne», «visuospatialt arbeidsminne» og «episodisk buffer».

Informasjon lagres midlertidig i verbal form i det verbale arbeidsminnet, og visuell form i det visuospatiale arbeidsminnet. Informasjonen kan deretter manipuleres i sentral kontrollenhet. I den episodiske bufferen kan verbal og visuell informasjon, innlemmes til unike episoder og som muliggjør bevisst opplevelse (Karlsen, 2005). Kort forklart kan man si at den episodiske bufferen innlemmer informasjon fra verbalt og visuospatialt arbeidsminne, supplementært med informasjon fra langtidshukommelsen (Anmarkrud, 2020).



Figur 1 Baddeleys modell av arbeidsminne med fire komponenter (Baddeley, 2000, s. 421).

Baddeley og Hitch sin modell har hatt stor påvirkning på forskning på arbeidsminnet helt siden den ble presentert i 1974 (Alloway & Alloway, 2012). Da den først ble presentert, var ikke episodisk buffer en del av modellen. Dette ble først tatt med i en fornyelse av modellen som ble publisert i 2000 (Karlsen, 2005).

Det er samtidig relevant å nevne at det er en pågående debatt rundt hvorvidt man kan skille verbalt- og visuospatialt arbeidsminne fra hverandre, og dette spesielt med tanke på mer komplekse arbeidsminneoppgaver. Noen forskere hevder at man ikke kan skille disse fra hverandre, fordi korrelasjonen mellom de to domenenene er for stor (Kane et al., 2004). Andre forskere viser til at det er mulig å skille disse to domenenene hos enkelte aldersgrupper (Swanson, 2004, gjengitt i Giofrè et al., 2018).

2.6 Aritmetikk og arbeidsminne

I dette underkapittelet vil det først kort redegjøres for arbeidsminnets relasjon til aritmetikk. Videre skal det presenteres hvordan hver enkelt del av Baddeleys multikomponentmodell kan

påvirke aritmetisk problemløsning, da de ulike delkomponentene av multikomponentmodellen hevdes å spille en viktig rolle for aritmetisk problemløsning. Det visuospatiale arbeidsminnets oppgave er å reflektere representasjon av mengder på en mental tallinje. Det verbale arbeidsminnet hjelper til ved å holde informasjon og mellomliggende aritmetisk informasjon i minnet. Sentral kontrollenhet og episodisk buffer er nødvendig for å sekvensere komplekse aritmetiske resultater og informasjon som involverer mellomliggende steg (Ashkenazi et al., 2013).

I henhold til at fokuset i denne masterstudien er avgrenset til det verbale arbeidsminnet og aritmetiske ferdigheter, er det relevant å trekke frem noen eksempler på utfordringer som kan oppstå i forbindelse med disse. Delkomponenten det verbale arbeidsminnet, blir belastet ved blant annet aritmetiske oppgaver som for eksempel krever verbal telling for å løse regnestykkene (Hecht, 2002, gjengitt i Clearman et al., 2017). I tillegg blir denne delkomponenten belastet dersom barnet får se et regnestykke i mindre enn to sekunder, for så å måtte gjenta regnestykket verbalt for å holde fokus og deretter fullføre regnestykket (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2002, gjengitt i Clearman et al., 2017). Her kan det tenkes at tidligere nevnte strategier i tidlig aritmetikk spiller en viktig rolle, som for eksempel bruk av umodne strategier og trinnvis telling. Demir et al. (2014) skriver at multiplikasjon har den sterkeste koblingen til verbalt arbeidsminne, mens subtraksjon har den svakeste. Wilson og Swanson (2001) fant dessuten at det verbale arbeidsminnet har sterkere korrelasjon til matematiske ferdigheter, sammenlignet med det visuospatiale arbeidsminnet (gjengitt i Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

En metaanalyse gjennomført av Friso van den Bos et al. (2013) så på hvordan og hvorvidt hver arbeidsminnekomponent er relatert til matematiske prestasjoner. Et av målene til denne metaanalysen var å finne årsaken til variansen i resultatene til de ulike studiene. For å finne årsaken til varierende resultater, så de på ulike moderatorvariabler; hvilken type måling som ble brukt, karakteristikker av arbeidsminneoppgavene, barnets alder, utvalg (typisk eller atypisk), kontrollvariabler og landet studiene ble gjennomført i. Metaanalysen fant at flere studier konkluderer med at arbeidsminnet er en sterk prediktor for matematiske ferdigheter, også når det er kontrollert for IQ. Disse studiene fant at barn som har vansker

med matematikk, også skårer lavere på tester som måler arbeidsminnet (Alloway & Alloway, 2010; Swanson & Jerman, 2006, gjengitt i Friso-van den Bos, 2013).

Samtidig viser funnene til ulike resultater med tanke på hvilke komponenter av arbeidsminnet som kan predikere matematiske prestasjoner, og hvilke som ikke kan det. I dette tilfellet trekker Friso-van den Bos (2013) fram at dette kan begrunnes med at det er tatt i bruk ulike tester og oppgaver for å måle denne relasjonen. En studie som har sett på komponentene som kan predikere matematiske prestasjoner ble utført av MacKinnon McKenzie et al. (2003). Sistnevnte så på arbeidsminnets betydning for løsning av aritmetiske oppgaver; mer spesifikt verbalt og visuospatialt arbeidsminne. Barna fikk blant annet oppleve enkle aritmetiske regnestykker som for eksempel $3+9$. Studien fant at de yngste barna (seks til syv år) i all hovedsak bruker visuospatialt arbeidsminne, mens de som er eldre bruker en verbal tilnærming supplementert av visuospatialt arbeidsminne (gjengitt i Raghobar et al., 2010).

2.6.1 Visuospatialt arbeidsminne

Det visuospatialt arbeidsminnets oppgave er å gjengi visuell eller spatial informasjon. Denne delkomponenten av multikomponentmodellen, holder på informasjon i korttidshukommelsen, og hevdes å være bindingen mellom visuell og spatial informasjon (Baddeley, 1997; Baddeley et al., 2011, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012). I likhet med det verbale arbeidsminnet, har det visuospatialt arbeidsminnet en passiv midlertidig lagring og en mer aktiv utøvende prosess (Logie, 1995, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012). Funksjonen til det visuospatialt arbeidsminnet måles ved bruk av ulike tester. En av testene som brukes er «Matrices span-Backward» (MS-B) og måler visuospatialt arbeidsminne ved å teste barnas evne til å huske og gjenfortelle posisjonene til svarte prikker som dukker opp på en dataskjerm. De svarte prikkene vises bare et sekund av gangen og dukker opp på ulike steder av dataskjermen. Etter at en serie med svarte prikker er over, er det barnets oppgave å bruke musa til å klikke der de husker at disse prikkene var. Antall prikker varierer fra to til åtte, og skåren ble regnet ut ifra hvor mange prikker barnet klarer å gjenkalle i riktig rekkefølge (Giofrè et al., 2018). En annen test som brukes er «Dual tasks visuospatial» (DT-VS). Her får barnet presentert 16 tomme ruter på en dataskjerm, hvor syv av rutene er grå, mens resten er hvite. En prikk dukker opp i

en av rutene for så å forsvinne igjen. Barnets oppgave er å huske hvilken farge det var på ruta prikken dukket opp i, samtidig som at det må huske på hvor på skjermen prikken befant seg. Barnet skal også trykke mellomromstasten dersom ruta er grå. Seriene barnet skal huske blir gradvis lengre, og varierer fra to-seks prikker. Skåren regnes ut basert på antall riktig lokaliserte prikker i riktig rekkefølge (Giofrè et al., 2018).

Det finnes en mengde forskning på det visuospatiale arbeidsminnets relasjon til aritmetiske ferdigheter (Giofrè et al., 2018; Ashkenazi et al., 2013). En studie gjennomført på 141 mellomtrinnslever i Nord-Italia undersøkte betydningen visuospatialt og verbalt arbeidsminne har for utviklingen av matematiske ferdigheter. Barna som deltok, kom fra middelklassefamilier og hadde ingen påviste nevropsykologiske vansker. Studien fant at korrelasjonen mellom visuospatialt og verbalt arbeidsminne kan skilles. De begrunnet dette med at det er ulike hjerneregioner som aktiveres ved bruk av de ulike domene (Giofrè et al., 2018). Studien fant at visuospatialt arbeidsminne utgjorde 10 prosent av variansen i matematikk, med en adskillig mindre andel forklart av verbalt arbeidsminne (rundt fire prosent). Spesielt hos barn med lærevansker så man denne sammenhengen, og forskerne foreslo videre at trening i arbeidsminnet kan være spesielt nyttig her (Giofrè et al., 2018). Samtidig er det ifølge Melby-Lervåg og Hulme (2013) og Shipstead et al. (2012) funnet lite bevis for at det fungerer å trene arbeidsminnet. Selv om visuospatialt arbeidsminne ikke måles i denne masterstudien, kan det være viktig å ta i betraktning når man vurderer hvor viktig arbeidsminnet i sin helhet er for prestasjoner i matematikk og aritmetikk.

2.6.2 Verbalt arbeidsminne

Med tanke på at det blir hentet datamateriale på det verbale arbeidsminnet i denne masterstudien, vil det være naturlig å også vektlegge dette i teoridelen. Denne delkomponenten av multikomponentmodellen antas å kunne holde på talebasert informasjon i opptil to sekunder, og dette samtidig som det foregår en kontrollprosess som holder på informasjonen. Måten informasjonen holdes på, er ved å reaktivere de verbale representasjonene ved øving/repetering (Baddeley, 1986, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012).

Korttidshukommelsen avhenger av verbalt minne (også kalt akustisk minne), med visuelt presenterte deler som blir konvertert til muntlig gjennom delvokalisering. Med akustisk minne, menes det man kan høre, og her spesielt «lyttefeil» i ord (Baddeley, 2007). En test som brukes til å måle verbalt arbeidsminne er «Word Span-Backward» (WB-B). Her blir ord presentert muntlig med en hastighet på ett ord per sekund, hvor man starter med to ord og går gradvis opp til åtte ord. Denne testen har ingen tidsbegrensning og skåren blir regnet ut ifra hvor mange ord barnet gjenforteller baklengs i riktig rekkefølge (Giofrè et al., 2018). «Dual Task Verbal» (DT-V) er en annen test som brukes for å måle verbalt arbeidsminne. Her får barnet muntlig presentert lister med ord med middels til høy frekvens, hvor listene varierer fra to til seks ord. Barnet skal presse mellomromstasten når de hører navnet til et dyr, og etter alle listene er lest opp skal hen gjenfortelle det siste ordet i hver liste i riktig rekkefølge (Giofrè et al., 2018).

I denne masterstudien vil arbeidsminnetestene originalt kalt «Letter-Number-Sequence» og «Listening Recall» brukes for å måle ferdigheter i det verbale arbeidsminnet. «Letter-Number-Sequence» vil i denne masterstudien bli oversatt til «Verbalt arbeidsminne manipulering», mens «Listening Recall» vil bli oversatt til «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Til tross for at begge testene måler det verbale arbeidsminnet, krever testen «Verbalt arbeidsminne manipulering» ifølge MacKinnon McQuarrie et al. (2014) også visuospatial prosessering. Dette er fordi testdeltakeren må visuelt og verbalt manipulere informasjonen som blir gitt. Testen «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» er tettere knyttet til det verbale arbeidsminne, da testdeltaker i hovedsak skal reprodusere muntlig informasjon (MacKinnon McQuarrie et al., 2014). Sistnevnte arbeidsminnetest er lik «Dual Task Verbal».

Det finnes flere studier som viser til at aritmetiske prestasjoner avhenger av verbalt arbeidsminne (Attout & Majerus, 2015; Andersson, 2008; Hech, 2000; Lamaire, 1996; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2002; Passolunghi & Siegel, 2001). Attout og Majerus (2015) fant at barn med matematikkvansker har vansker med verbale arbeidsminneoppgaver («serial order task») som krever gjentakelse eller omrokking av rekkefølge. Disse barna presterte dårligere når informasjon skulle bli gjentatt i riktig rekkefølge. Det som imidlertid er essensielt å nevne her, er at slike verbale arbeidsminneoppgaver også muligens involverer det visuospatiale arbeidsminnet. Grunnen til dette kan være at etter barnet blir presentert de

ordene som skal gjentas, må barnet lage visuelle «mentale kort» i rekkefølgen som de hørte ordene, eller manipulere «kortene» slik at de gjentas i riktig rekkefølge (Clearman et al., 2017). En slik type arbeidsminneoppgave er svært lik testen «Verbalt arbeidsminne manipulering» som brukes til å måle ferdigheter i verbalt arbeidsminne i denne masterstudien.

Ifølge Alloway (2006) er det i voksende grad bevis på at matematikkvansker kan stamme fra svake arbeidsminneevner. Wilson og Swanson (2001) fant at svake arbeidsminneskårer er nært relatert til svake regneferdigheter (gjengitt i Alloway, 2006). Vanlige feil som disse barna gjør, er svake gjenfortellingsevner på både ord og tallbaserte arbeidsminnebelastende oppgaver (Passolunghi & Siegel, 2001, gjengitt i Alloway, 2006). I følge Geary (1993) forbedres ikke matematiske evner vesentlig i løpet av skolegangen, noe som kan tyde på at disse vanskene er vedvarende og utfordrende å bedre over tid (gjengitt i Alloway, 2006). Dette kan igjen føre til utfordringer med tanke på hvilke tiltak som bør settes inn for de som har vansker med aritmetisk problemløsning.

Det er interessant å nevne hvorvidt vansker med det verbale arbeidsminnet blir påvirket i klasseromsaktiviteter. En studie så på førsteklasinger som hadde normal IQ over 80, men vansker med det verbale arbeidsminnet (Gathercole & Alloway, 2004, gjengitt i Alloway, 2006). De fant et år etter kartlegging av arbeidsminnevansken, at disse barna fortsatt hadde vansker med samtidig lagring og prosessering av verbal informasjon. Oppgaven forskerne tok i bruk for å teste dette, var en muntlig oppgave hvor barna skulle matche lydstrukturene til ordpar og lagre de i det verbale arbeidsminnet (Gathercole & Alloway, 2004, gjengitt i Alloway, 2006). Selv om denne oppgaven ikke direkte involverer aritmetikk, er den relevant å nevne, fordi man ved hoderegning for eksempel, er nødt til å lagre informasjon i det verbale arbeidsminnet. Vanlige feil barna gjorde, var ved plassering av bokstaver eller ord og vansker med å holde informasjon i minne. Barna hadde med andre ord ikke kapasitet nok i sitt verbale arbeidsminne til å utføre denne type oppgave, kan det hevdes. Denne antakelsen støttes av at barna ikke hadde vansker med å lagre isolert informasjon som krevde mindre av arbeidsminnet. Men på oppgaver hvor barna måtte holde på mer enn enkeltord, ble dette en for stor belastning og arbeidsminnet sviktet. Det ble dessuten kontrollert for oppmerksomhet og motivasjon ved bruk av «Connors' Teacher Rating Scale»

(1997) som er en diagnostisk test hvor læreren vurderer barnas oppførsel på en skala (Gathercole & Alloway, 2004, gjengitt i Alloway, 2006).

Hitch et al. (1988) har også sett på verbalt arbeidsminnes relasjon til aritmetisk problemløsning (gjengitt i Rasmussen & Bisanz, 2005). De viser til at barn i skolealder lærer seg å manipulere flertalls-symboler med verbale merkelapper. Denne verbale tilnærmingen krever verbalt arbeidsminne fordi barna må lagre verbal informasjon. Det kan dermed hevdes at de avhenger i enda større grad av det verbale arbeidsminne når de skal løse enda større regnestykker (Hitch et al., 1988, gjengitt i Rasmussen & Bisanz, 2005).

Det finnes flere studier som i likhet med Gathercole og Alloway (2004) har funnet korrelasjoner mellom verbalt arbeidsminne og aritmetikk, men det er også viktig å nevne noen faktorer som truer validiteten til disse studiene. Hecht (2002) fant en signifikant sammenheng mellom verbalt arbeidsminne og aritmetikk ved verbal telling for å løse oppgaver. Seitz og Schumann-Hengsteler (2002) støtter denne sammenhengen og fant i sin studie at primært verbalt arbeidsminne og sentral kontrollenhet er kritisk for aritmetiske prestasjon, og at visuospatialt arbeidsminne ikke er like viktig. Det som truer validiteten til Seitz og Schumann-Hengsteler (2002) sin forskning er imidlertid at testen de gjennomførte krevde at testdeltakerne øvde muntlig på regnestykket for å holde fokus og fullføre oppgaven (Furst & Hitch, 2000, gjengitt i Clearman et al., 2017). Samtidig har flere av disse studiene sett bort ifra hvorvidt visuospatialt arbeidsminne påvirker utfallet.

Peng et al. (2012) fant at barn med matematikkvansker har en tydelig vanske med verbal lagring (gjengitt i Clearman et al., 2017). Det er viktig å understreke at studien til Peng et al. (2012) ikke inkluderer visuospatiale arbeidsminneoppgaver, som igjen blir et hinder for å kunne dra konklusjoner basert på matematiske ferdigheter og arbeidsminnet generelt (gjengitt i Clearman et al., 2017). Attout og Majerus (2015) fant imidlertid at barn med matematikkvansker ofte har vansker med verbale “serial order” arbeidsminneoppgaver (gjengitt i Clearman et al., 2017). Samtidig inkluderte denne studien visuospatiale arbeidsminneprosesser, og dermed kan man ikke se bort ifra at visuospatiale prosesser også har en påvirkning på resultatet. I dette tilfellet kan man se til Ashkenazi et al. (2013) som fant at visuospatialt arbeidsminne er en viktig domenegenerell årsak til aritmetisk problemløsning.

Dette funnet ble gjort i studie på amerikanske barn mellom syv og ni år, som alle hadde over 80 i tester som måler IQ. I likhet med annen forskning som har funnet sammenheng mellom det verbale arbeidsminnet og aritmetiske ferdigheter, fant de den samme korrelasjonen mellom visuospatialt arbeidsminne og aritmetiske ferdigheter. Dette spesielt når det gjelder barn med matematikkvansker (Ashkenazi et al., 2013). Det som er interessant å nevne her, er at de ikke fant skille mellom typisk utviklede barn og barn med matematikkvansker når det gjelder det verbale arbeidsminnet. Bilder av hjerneaktiviteten til disse barna bekreftet resultatene fra studien (Ashkenazi et al., 2013).

Hvorfor kan det hevdes at verbalt arbeidsminne er viktig for læring? En sentral årsak er at arbeidsminnet er som nevnt ovenfor, en viktig kilde til innhenting av informasjon fra langtidshukommelsen og koble det til informasjon fra korttidshukommelsen (Swan & Saez, 2003; Swenze & Frankenberger, 2004, gjengitt i Alloway, 2006). Dermed kan det være utfordrende for barn med svakt verbalt arbeidsminne å prestere i viktige klasseromsaktiviteter. En annen årsak kan være at svake arbeidsminneferdigheter resulterer i lærevansker fordi dette systemet fungerer som en slags «flaskehals» for læring (Gathercole, 2004, gjengitt i Alloway, 2006).

2.6.3 Episodisk buffer og sentral kontrollenhet

Den episodiske bufferen er det mest nylige delkomponenten i multikomponentmodellen til Baddeley og Hitch (2000). Denne komponenten ble laget for å forklare hvordan det visuospatiale og verbale arbeidsminnet samarbeider, samt arbeidsminnets kobling til langtidshukommelsen (Baddeley, 2000, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012). Den episodiske bufferen representerer et begrenset lagringssystem som lagrer integrerte deler av informasjon. I motsetning til det visuospatiale- og verbale arbeidsminnet, er den episodiske bufferen «a higher level» lagringsbuffer som kobler visuospatialt og verbalt arbeidsminne til langtidshukommelsen (Alloway & Alloway, 2012).

Funksjonen til den episodiske bufferen kan måles med testen «Verbal Paired Associated task» (VPA) som er en deltest av Wechsler Memory Scale (WMS-III) (The Psychological Corporation, 1997, gjengitt i Humphreys et al., 2009). Denne deltesten er en av

de mest brukte for å måle den episodiske bufferens kapasitet og minne, og går ut på at barna må huske flere ikke-relaterte ordpar gjennom flere omganger. «Operation span task» er en annen test som tas i bruk for å måle funksjonen til den episodiske bufferen. Her får testdeltaker se ett og ett ord, sammen med et enkelt mattestykke. Deretter skal både ordet og regnestykket leses høyt, før det seks sekunder senere forsvinner og deltakeren skal huske ordet (men ikke regnestykket).

Den mest essensielle komponenten av multikomponentmodellen kan imidlertid hevdes å være sentral kontrollenhet. I motsetning til den episodiske bufferen, omfatter den ikke lagringsfunksjoner. I stedet representerer den et oppmerksomhetsundersystem som styrer delsystemene (Baddeley & Logie, 1999, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012). Sentral kontrollenhet har blitt beskrevet som en liten del som gjør det mulig for delkomponentene å fokusere, dele og bytte oppmerksomhet for behandling og lagring, samt å lagre mer informasjon enn det som er mulig ved bruk av undersystemene visuospatial- og verbalt arbeidsminne alene (Baddeley, 1996, gjengitt i Alloway & Alloway, 2012).

Kapasitet til de to delkomponentene visuospatialt og verbalt arbeidsminne blir som regel målt ved enkle spenn-oppgaver, samtidig som økende grad av informasjon skal huskes. Den sentral kontrollenheten sin oppgave er å koordinere, huske og manipulere informasjon som er lagret i de to nevnte komponentene. En oppgave hvor barnet må ta i bruk sentral kontrollenhet er for eksempel når barnet må huske et sett med ord eller tall, og så repetere det i en bestemt rekkefølge. Kort forklart kan man hevde at visuospatialt- og verbalt arbeidsminne lagrer informasjon, mens sentral kontrollenhet bidrar med omorganisering av informasjonen (Oberauer et al., 2003, gjengitt i Friso-van den Bos et al., 2013).

3 Metode

I dette kapitlet av masterstudien skal den forskningsmetodiske tilnærmingen utdypes. Det vil bli redegjort for studiens design og utvalg, prosedyrer for innsamling av data og valg av måleinstrument. Videre vil validitet, reliabilitet og etiske hensyn redegjøres for.

Masterstudiens formål er å belyse om verbalt arbeidsminne kan ha en sammenheng med svake prestasjoner i aritmetikk. For å belyse problemstillingen brukes datamateriale hentet fra tester utført på fjerdetrinns elever på Østlandet i Norge. Disse elevene går per dags dato i femte trinn, som vil si at datamaterialet som brukes i denne masterstudien er samlet inn våren 2022.

For å samle inn og analysere datamateriale er kvantitativ metode brukt, da studien baserer seg på store mengder data som er innhentet ved bruk av psykometriske tester (Grue, 2015). Programvaren Jamovi blir brukt for å analysere og administrere det kvantitative materialet, og vil bli brukt til statistiske analyser (Navarro & Foxcroft, 2022)

I denne masterstudien blir et ikke-eksperimentelt design brukt. Det vil si at man studerer tingenes tilstand slik de er, uten å forsøke å påvirke til endring. En slik type design går ofte under navnet deskriptive studier eller passiv-observasjons-design. For å kunne uttale seg rundt kausale effekter, altså mulige årsaker til det vi observerer, må man studere mulige påvirkningsfaktorer som kan ha bidratt til at ting er som de er (Kleven, 2002b). Et viktig kriterium ved bruk av ikke-eksperimentelt design er at man ikke forsøker å endre eller påvirke tingenes tilstand gjennom for eksempel undervisning (Kleven, 2002b). Dermed kan ikke denne masterstudien konkludere med at noe påvirker eller ligger til grunn for noe annet. Man kan derimot teste denne sammenhengen i et eksperimentelt design der man for eksempel forsøker å forbedre aritmetiske ferdigheter, for eksempel ved å trene på effektive aritmetiske strategier, symbolsk forståelse av mengde eller ANS (se underkapittel punkt 2.2.2-2.3).

3.1 Utvalg

Num-Lit prosjektet er et samarbeid mellom forskere på Institutt for pedagogikk og Institutt for spesialpedagogikk ved Universitetet i Oslo. Til sammen deltar 238 barn i Num-Lit prosjektet. Utvalget som det blir tatt utgangspunkt i, er de 25 prosent lavest presterende elevene innenfor tester som måler regneflyt og hoderegning. Resterende utvalg er også inkludert i analysene, for å se på helheten og for å sammenligne de to gruppene.

3.2 Innsamling av data

Innsamlingen av data har blitt gjennomført av forskningsassistenter, altså studenter ved Universitetet i Oslo. Testbatteriet består av to hoveddeler og blir gjennomført individuelt. Hver hoveddel tar omtrent en time å gjennomføre. Det kan bare gjennomføres en hoveddel om gangen, med minst en «pausedag» mellom hver hoveddel. For å legge til rette for best mulig motivasjon og konsentrasjon, har dette blitt tatt hensyn til. En slik tilrettelegging er gjort for å gi barna en overkommelig og grei opplevelse. Forskningsassistentenes oppgave er å notere elevenes testresponser i testprotokollene, med unntak av noen deltester hvor elevene skal krysse av eller skrive selv.

3.3 Variabler

Det blir brukt variabler målt ved tester som måler ferdigheter i regneflyt og hoderegning innenfor de fire regneartene, samt to variabler målt ved tester som måler ferdigheter i verbalt arbeidsminne. Disse variablene er en del av et større testbatteri utformet i forbindelse med forskningsprosjektet. I «tabell 1» vil de ulike måleinstrumentene som denne masterstudien tar utgangspunkt i presenteres. De ulike testene er valgt for å representere de variablene som er relevante for masterstudien. I senere analyser blir alle deltestene vurdert individuelt som variabler.

Tabell 1 Oversikt over variabler og tester

Variabel	Test (måleinstrument)
Regneflyt	Regneflyt addisjon (TOBANS) Regneflyt addisjon med tierovergang (TOBANS) Regneflyt subtraksjon (TOBANS) Regneflyt subtraksjon med tierovergang (TOBANS) Regneflyt multiplikasjon (TOBANS) Regneflyt divisjon (Regnefaktaprøven)
Hoderegning	Hoderegning addisjon Hoderegning subtraksjon Hoderegning multiplikasjon Hoderegning divisjon
Verbalt arbeidsminne	Verbalt arbeidsminne manipulering («Letter number sequence») Verbalt arbeidsminne gjentakelse («Listening Recall»)

Regneflyt

Regneflyt er testet med «TOBANS», som står for «Test of Basic Arithmetic and Number Skills». Barna har blitt testet med TOBANS i alle de fire regneartene; addisjon med- og uten tierovergang, subtraksjon med- og uten tierovergang og multiplikasjon. Regneflyt divisjon er hentet fra «Regnefaktaprøven». Testadministrator gir barnet en blyant og et ark med regnestykker, og barnet skal selv løse så mange regneoppgaver hen klarer på ett minutt. Både «TOBANS» og «Regnefaktaprøven» måler regneflyt innenfor de fire regneartene. Barnets skåre regnes ut ved å addere alle korrekte utførte regneoperasjoner på gitt tid (Malone et al., 2019).

Hoderegning

Hoderegning innenfor de fire regneartene måles ved at barnet muntlig får opplest ulike regnestykker som hen skal svare muntlig på. I starten av testen leses spørsmålene på to forskjellige måter. Dette er for å sikre at barnet har skjønt oppgaven. Formuleringene som brukes er: «Hva får du hvis du har 2 og legger til 1, altså hva er 2 pluss 1?». Når testadministrator ser at barnet har forstått spørsmålet, brukes kun siste formulering videre. Testen stoppes dersom barnet ikke gir et svar innen ett minutt, eller dersom det blir gitt fire

feil svar på rad. Skåren regnes ut ifra antall korrekte svar, og eventuell fingertelling noteres. Barnets skåre regnes ut ved å addere alle korrekte utførte regneoperasjoner på gitt tid (Malone et al., 2019).

Verbalt arbeidsminne

I denne masterstudien vil det bli brukt to tester som måler ferdigheter i verbalt arbeidsminne. «Verbalt arbeidsminne manipulering», på engelsk «Letter-number-sequence» er en av disse testene. Denne testen er en del av «Wechsler Intelligence Scale for Children» (WISC-V) som er en intelligens-test for barn fra 6-16 år og 11 måneder. Testen går ut på at barnet skal lytte til et sett med tall og bokstaver, og deretter manipulere tallene og bokstavene, slik at de står i riktig alfabetisk rekkefølge, og riktig tallrekkefølge fra laveste til høyeste tall. Barnet får for eksempel opplest «A-6-3-D», deretter manipulere tallene og bokstavene, og muntlig svare «A-D-3-6». Testen blir stadig mer avansert dersom barnet mestrer minimum en oppgave i hver bolk.

«Verbalt arbeidsminne gjentakelse», på engelsk kalt «Listening recall», er den andre testen som brukes i denne masterstudien. Dette er også en deltest innenfor WISC-V. Testen går ut på at barnet blir presentert en serie med setninger, for å deretter bekrefte eller avkrefte om setningen er sann eller usann. Til slutt skal barnet gjenta det siste ordet i hver setning. Et eksempel fra testsituasjon er at testleder leser «Hus har dører», og barnet skal svare «sant», så fortsetter testleder med «Fisker kan gå», og skal svare «usant». Deretter skal barnet gjenta det siste ordet i setningene, som da er «dører» og «gå». Testen fortsetter å øke i antall setninger, helt til barnet oppfyller stoppkriteriet.

3.4 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet kommer fra det engelske ordet «reliability», som på norsk blir oversatt til pålitelighet. I forskningsmetodelitteraturen har reliabilitet vært avgrenset til et uttrykk som skal måle i hvilken grad data er fri for tilfeldige målingsfeil (Kleven, 2002a). Det er med andre ord et uttrykk for hvor nøyaktig en test måler det som er hensikten (Kleven, 2002a).

Validitet på den andre siden dreier seg om sammenhengen mellom uavhengig og avhengig variabel og hvor sterk denne korrelasjonen er (Shadish et al., 2002)

Det finnes et system utarbeidet av Cook og Campbell (1974) som ofte blir brukt som et generelt validitetssystem for kausale undersøkelser (gjengitt i Cook et al., 1979). Dette systemet er brukt som en metodisk referanseramme innen kvantitativ forskning, og er derfor viktig å nevne her (Lund, 2002). Validitetssystemet består av fire kvalitetskrav; statistisk validitet, indre validitet, begrepsvaliditet og ytre validitet. Dersom det kan trekkes en slutning om at sammenhengen er statistisk signifikant, altså holdbar, har studien god statistisk validitet. Den indre validiteten er god dersom sammenhengen er kausal, altså årsaksforklarende. Begrepsvaliditeten er god dersom variablene faktisk måler det man undersøker i problemstillingen. Til slutt vil god ytre validitet komme av at man kan generalisere sammenhengen til å gjelde for ulike individer, tider og situasjoner (Lund, 2002). Disse fire kvalitetskravene viser til mulige trusler som kan påvirke studiens validitet, og vil utdypes fortløpende.

3.4.1 Statistisk validitet

I denne masterstudien er statistisk signifikant nivå satt til 0,05. Shadish et al. (2002) skriver at god statistisk validitet innebærer at det er lite sannsynlig at sammenhengen mellom variablene er tilfeldig. Uavhengig av dette, vil det være utfordrende å sikre seg mot å gjøre feilaktige slutninger. Dong og Maynard (2013) beskriver to typer feil som er trusler mot statistisk validitet. Type I feil er når det konkluderes med at det er en statistisk signifikant sammenheng, når det egentlig ikke er det. Slike feil kan oppstå i dette forskningsprosjektet, hvor det er funnet noen signifikante sammenhenger mellom avhengig og uavhengig variabel. Videre skriver Dong og Maynard (2013) om type II feil, som er det motsatte av type I feil, altså at det konkluderes med at det ikke er en statistisk signifikant korrelasjon, når det egentlig er det.

3.4.2 Indre validitet

I et ikke-eksperimentelt design vil det alltid forekomme flere mulige kausalrelasjoner (årsaksforklaringer) til en statistisk sammenheng. Man kan derfor aldri trekke helt sikre konklusjoner, og forskeren må vurdere alternative tolkninger av resultatet (Kleven, 2002b). Shadish et al. (2002) nevner i dette tilfellet viktigheten av tredjevariabler og kontrollvariabler.

Det å eliminere mulige tolkninger som virker usannsynlig, styrker tilliten til gjenværende tolkninger. Det vil uavhengig av dette, bli en kamp om argumenter for og imot mulige tolkninger. Årsaken til dette er at det ikke finnes endelige bevis for kausalitet i en ikke-eksperimentell studie (Kleven, 2002b). Kausale slutninger kan imidlertid i større grad trekkes i eksperimentelle studier i motsetning til korrelasjonelle studier slik som denne masterstudien.

3.4.3 Begrepsvaliditet

For at begreper skal være målbare, må de operasjonaliseres. Det vil si at de må gjøres målbare. En operasjonell variabel kan måle ulike komponenttyper; irrelevante begreper, systematiske feil og det relevante begrepet. De to førstnevnte representerer trusler mot begrepsvaliditeten, men de faktiske truslene varierer fra studie til studie (Lund, 2002). Begrepsvalidering i forskning er aktuelt for uavhengig (X) og avhengig variabel (Y) hver for seg, samt for årsakstolkning (Shadish et al., 2002).

Shadish et al. (2002) skriver at høy grad av begrepsvaliditet viser til at en operasjonell definisjon korrelerer høyt med andre operasjonelle definisjoner og samtidig korrelerer lavt med variabler som måler andre konstrukter. Svak testreliabilitet reduserer også begrepsvaliditeten fordi det kan være et tegn på manglende dekning av de relevante begrepene. Dette er på bakgrunn av at studier med lav testreliabilitet ofte har flere tilfeldige feil og varierende resultater (Shadish et al., 2002).

3.4.4 Ytre validitet

På tvers av ulike typer individer, omgivelser og tidspunkt, skal årsakssammenhengen være generaliserende (Cook et al., 1979). Dersom man kan trekke slike generaliserende slutninger, får man god ytre validitet. Lund (2002) viser til ulike generelle trusler mot ytre validitet.

Dersom utvalget er begrenset, og spesielt dersom utvalget skiller seg ut fra den generelle befolkningen, blir den ytre validiteten truet. Dette kan for eksempel oppstå dersom man har en problemstilling som ikke tar inn nok data på det man prøver å finne ut av (Lund, 2002). Når det gjelder ytre validitet og denne masterstudien, har Num-Lit prosjektet, som nevnt tidligere, valgt ut barn på fra et område som ligger på det nasjonale snittet innenfor utdanningsnivå og sosioøkonomisk status (Statistics Norway, 2020). I tillegg har barn med alvorlige utviklingsforstyrrelser blitt ekskludert fra studien.

Et begrenset utvalg vil kunne true studiens ytre validitet, men hva regnes som «et begrenset utvalg?» I en kvantitativ studie kan det imidlertid være vanskelig å gi en entydig definisjon av hva som anses som et «lite utvalg», da det avhenger av flere faktorer. Utvalgsstørrelsen er viktig for å oppnå pålitelige og generaliserbare resultater, men hva som anses som lite kan variere. Det er viktig å bemerke seg at et ikke-signifikant resultat, i kombinasjon med et lite utvalg, kan føre til et tilfeldig resultat. Dersom den samme tendensen viser seg i et dobbelt så stort utvalg, vil man kunne ha større tiltro til at sammenhengen er signifikant (Kleven, 2013). Med tanke på at denne masterstudien setter søkelys på de 25 prosent lavest presterende, som vil tilsi rundt ¼ av hele utvalget på 238 barn, kan det være nyttig å se på hvorvidt man finner den samme tendensen i det resterende utvalget.

3.5 Etske hensyn

Det er viktig å ivareta alle informanter i et forskningsprosjekt, uavhengig om det er kvalitativ eller kvantitativ metode. Barn er en sårbar informantgruppe, og det er viktig å behandle

datamaterialet med varsomhet. Testdeltakerne har rett til å være anonym og deres deltakelse skal være frivillig.

NESH (2022) har retningslinjer i forhold til forskningsetikk. Blant disse finner vi forskningsmiljøet. Sistnevnte handler om at forskerne har et felles ansvar overfor hverandre innenfor forskningsmiljøet. Dette betyr at alle involverte må vise respekt overfor hverandre og anerkjenne hverandres bidrag i prosjektet. Forskerne har et kollektivt ansvar for å fremme disse verdiene og normene blant annet i undervisning, veiledning, formidling, og i testsituasjonene.

Et annet punkt NESH (2022) fremhever er forskningsdeltakerne. Sistnevnte handler om at forskerne har et ansvar overfor personene som er involvert i forskningen. Dette vil for denne masterstudien bety at deltakerne vil få informasjon om forskningen og gi samtykke. Det er viktig at barna vet hva de er med på og hva resultatene av studien skal brukes til. de Vaus (2014) skriver at testadministrator er pliktet til å gjøre underveisvurderinger og tilpasninger. Med sistnevnte menes det at man må bruke et språk som er forståelig for barna. Endringer på rekkefølgen på deltestene og pauser må gjøres dersom barnet uttrykker behov for det. Dette er for å minske belastningen i testsituasjonen (de Vaus, 2014).

NESH (2022) viser videre til et grunnleggende forskningsetisk prinsipp; at forskningen skal være uavhengig og åpen. Forskningen skal være uavhengig med tanke på påvirkning fra andres eventuelle funn eller innspill. Oppdragsgiver kan ikke bestemme egne valg av data, konklusjoner eller presentasjon av resultater.

Forskningsetikken skal sikres i form av avtaler, og ved publisering av resultatene har man et ansvar for å informere om feilkilder som kan påvirke tilliten til forskningen. Her kan man også utdype faglige eller relevante perspektiver og tolkninger som eventuelt er utelatt. Ved å utdype åpner man også for å drøfte alternative tolkninger av funn, eller erkjenning av vitenskapelige tvil. Publiseringsetikken viser til at publikasjon som i senere tid skulle avvike fra riktig vitenskapelig praksis, skal merkes, korrigeres eller trekkes tilbake (NESH, 2022).

4 Resultater

I dette kapittelet blir studiens resultater analysert ved bruk av statistikkprogrammet Jamovi. Variablene vil bli presentert visuelt ved bruk av histogrammer, samt deskriptiv statistikk for å belyse variablenes reliabilitet og fordeling. Deretter vil det gjennomføres en korrelasjonsanalyse ved bruk av Pearson's r for å måle lineær korrelasjon. Til slutt vil det gjennomføres en lineær regresjonsanalyse, for å vise denne sammenhengen med estimat, konfidensintervall, p-verdi og R^2 . Sistnevnte forteller hvor stor andel av variansen i ferdigheter i variabelen aritmetikk som kan forklares av ferdigheter i variabelen verbalt arbeidsminne. Aritmetikk er dermed den avhengige variabelen, mens verbalt arbeidsminne er den uavhengige variabelen.

4.1 Deskriptive analyser

I denne delen av resultatene vil fordelingen av de enkelte variablene beskrives gjennom deskriptive analyser. I tillegg vil det trekkes frem eventuelle avvik fra normalfordelingen. «Skewness» og «kurtosis», oversatt på norsk til skjevhet og spisshet, er viktige mål for å sammenligne variablene med normalfordeling. En positiv kurtosisverdi viser til en mer spiss kurve sammenlignet med normalfordelingen. En negativ kurtosisverdi på den andre siden, viser til en flatere kurve sammenlignet med en normalfordeling. En kurtosis- og skjevhetsverdi på 0 viser til normalfordeling og uttrykker perfekt symmetri, men anses som innenfor normalen dersom de holder seg innenfor verdiene -1 og 1. Positive skjevhetsverdier indikerer en overvekt av lave verdier i fordelingen. Dette resulterer i en kurve som er høyreskjev, da kurven er flatere på høyre side. Dersom skjevhetsverdien er negativ, indikeres det motsatte. I slike tilfeller vil det være en overvekt av høye verdier, og fordelingen er dermed venstreskjev (de Vaus, 2014).

Deskriptive analyser

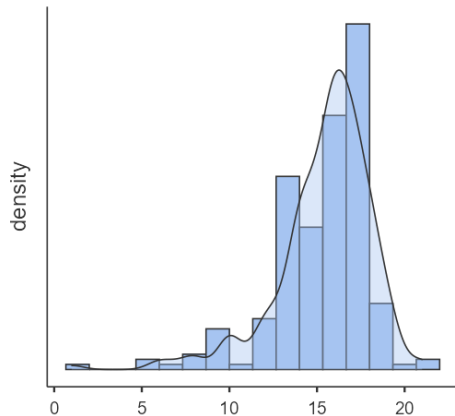
Tabell 2 Deskriptive analyser av de ulike variablene

	Verbalt arbeidsminne manipulering	«Verbalt arbeidsminne gjentakelse»	Regne-flyt addisjon	Regneflyt addisjon med tier-overgang	Regneflyt subtraksjon	Regneflyt subtraksjon med tier-overgang	Regneflyt multiplikasjon	Regneflyt divisjon	Hode-regning addisjon	Hoderegning subtraksjon	Hode-regning multiplikasjon	Hoderegning divisjon
Antall barn	226	238	237	237	237	237	218	221	226	226	226	226
Mangler	14,0	2,0	3,0	3	3,0	3	22,0	19,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Gjennomsnitt	15,4	17,8	23,8	10,7	16,9	8,49	14,9	7,80	17,8	18,7	16,8	14,7
Median	16,0	18,0	23,0	10	15,0	8	15,0	6,0	18,0	19,0	18,5	15,0
Standard avvik	2,71	3,11	8,63	5,10	7,33	4,59	5,94	4,97	4,05	3,90	7,68	7,61
Laveste verdi	1	7	10	1	0	0	2	0	5	0	0	0
Høyeste verdi	21	26	65	30	45	22	30	32	28	29	29	35
Skjevhet	-1,55	-0,196	0,917	0,748	0,831	0,448	0,0829	1,56	-0,492	-0,725	-0,216	-0,133
Kurtosis	4,42	0,693	1,68	0,384	0,762	-0,0187	-0,521	3,88	0,764	2,56	-1,27	-0,783

Notat. Barna går i andre semester på fjerde trinn, og er mellom 9 og 10 år gammel

Ferdigheter i verbalt arbeidsminne måles ved bruk av to tester, og deles inn i variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering» (WISC-V) og variabelen «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» (WISC-V).

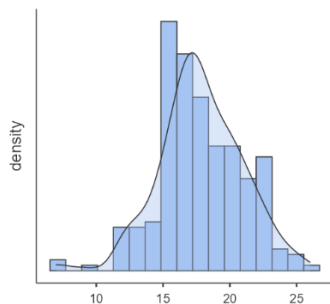
Vurdering av variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering» for hele utvalget



Figur 2 Histogram over fordelingen av variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering» (WISC)

Tabell 2 viser skjevhet på $-1,55$, som indikerer at det er mange høye verdier, noe som man kan se tydelig i «figur 2». Det vil si at fordelingen er venstreskjev. Dessuten er verdien utenfor normalen (mellom -1 og 1). Kurtosis på $4,42$ er også utenfor normalen og viser til at denne variabelen avviker fra normalfordelingen. En slik positiv kurtosisverdi indikerer en spissere kurve enn en normalfordeling.

Vurdering av variabelen «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» for hele utvalget



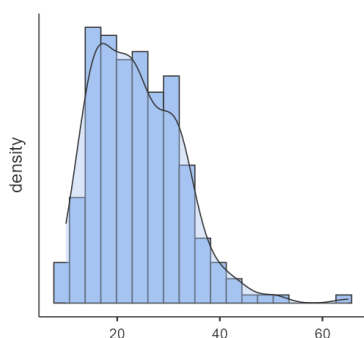
Figur 3 Histogram over fordelingen av variabelen «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» (WISC)

Tabell 2 viser at skjevhet er $-0,196$ og kurtosis er $0,693$, som betyr at begge er innenfor normalen på mellom -1 og 1 . Den negative skjevhetsverdien indikerer et flertall av høye

verdier som vises ved en forlenget hale på venstresiden, altså fordelingen er venstreskjev. Den positive kurtosisverdien indikerer at fordelingen er noe spissere enn en normalfordeling.

Addisjon

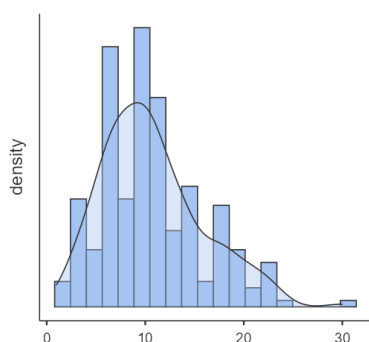
Vurdering av variabelen «Regneflyt addisjon» for hele utvalget



Figur 4 Histogram over fordelingen til variabelen «Regneflyt addisjon»

Tabell 2 viser at skjevhet på 0,917 er innenfor normalen, men som man kan se på «figur 4» er mesteparten av verdiene på den venstre siden av fordelingen. Det vil si at fordelingen er høyreskjev. Kurtosis på 1,68 er utenfor normalen, og har dermed en spissere kurve enn en normalfordelt kurve. Dette kan man se tydelig i «figur 4».

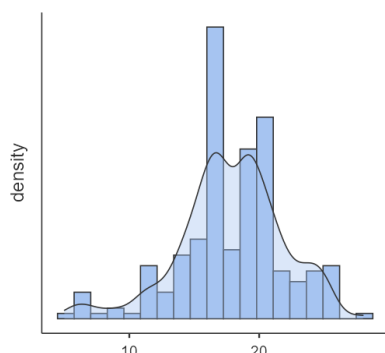
Vurdering av variabelen «Regneflyt addisjon med tierovergang» for hele utvalget



Figur 5 Histogram over fordelingen av variabelen «Regneflyt addisjon med tierovergang»

Tabell 2 viser til skjevhet- og kurtosisverdier som begge er innenfor normalen på mellom -1 og 1. Skjevhet på 0,748 viser til at fordelingen er høyreskjev. Kurtosis på 0,384 viser til en mer spiss kurve, enn en normalfordelt kurve.

Vurdering av variabelen «Hoderegning addisjon» for hele utvalget

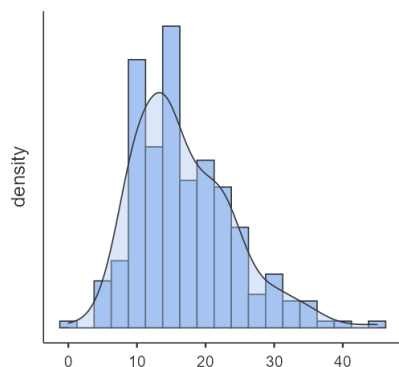


Figur 6 Histogram over fordelingen av variabelen «Hoderegning addisjon»

Tabell 2 viser til skjevhet- og kurtosisverdier som er begge innenfor normalen på mellom 1- og 1. Den negative skjevhetsverdien på $-0,492$ viser at det er flere høye verdier i fordelingen sammenlignet med en normalfordelt distribusjon, og er dermed venstreskjev. Kurtosis på $0,764$ viser til en mer spiss kurve, sammenlignet med en normalfordelt kurve.

Subtraksjon

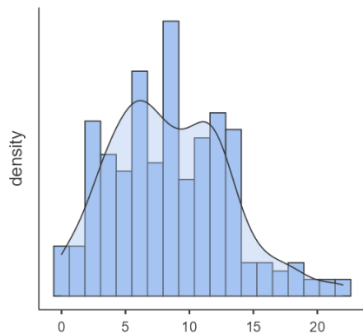
Vurdering av variabelen «Regneflyt subtraksjon» for hele utvalget



Figur 7 Histogram over fordelingen av variabelen «Regneflyt subtraksjon»

Tabell 2 viser til skjevhet og kurtosisverdier som begge er innenfor normalen. Skjevhet på $0,831$ indikerer at det er et flertall av lave verdier og er dermed høyreskjev. Kurtosis på $0,762$ viser til en spissere kurve enn en normalfordelt kurve.

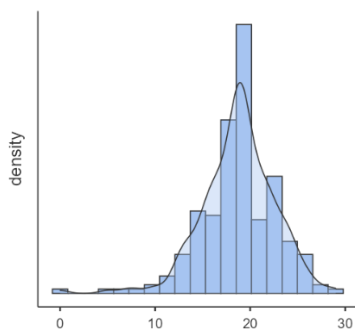
Vurdering av variabelen «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» for hele utvalget



Figur 8 Histogram over fordelingen av variabelen «Regneflyt subtraksjon med tierovergang»

Tabell 2 viser til skjevhet- og kurtosisverdier som begge er innenfor normalen på mellom 1- og 1. Med en skjevhet på 0,448 viser til at variabelen er høyreskjev. Kurtosis på -0,019 refererer til en noe flatere kurve enn en normalfordelt kurve.

Vurdering av variabelen «Hoderegning subtraksjon» for hele utvalget

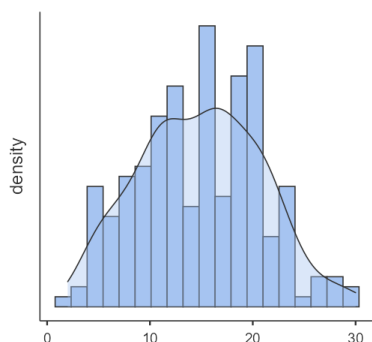


Figur 9 Histogram over fordelingen til variabelen «Hoderegning subtraksjon»

Tabell 2 viser at skjevhet er på -0,725 er innenfor normalen. Det vil si at fordelingen er venstreskjev og det er flere verdier på høyre side enn en normalfordelt kurve. Tabell 2 viser videre til kurtosisverdi på 2,56 er utenfor normalen, og viser til en mye spissere kurve enn en normalfordelt kurve.

Multiplikasjon

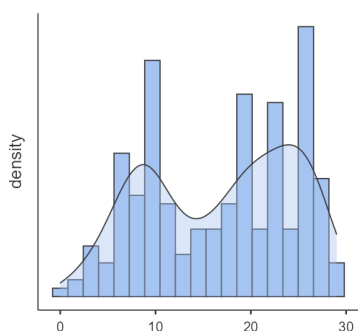
Vurdering av variabelen «Regneflyt multiplikasjon» for hele utvalget



Figur 10 Histogram over fordelingen til variabelen «Regneflyt multiplikasjon»

Tabell 2 viser skjevhet og kurtosis er begge innenfor normalen på mellom 1- og 1. Skjevhet på 0,0829 viser til at det er et lite flertall av lave verdier i forhold til normalfordelingen, men likevel ikke markant. Fordelingen er dermed høyreskjev. Kurtosis på -0,521 viser til en litt flatere kurve enn en typisk normalfordelt kurve.

Vurdering av variabelen «Hoderegning multiplikasjon» for hele utvalget

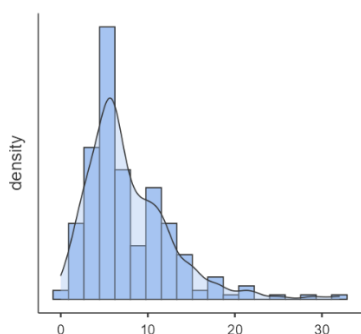


Figur 11: Histogram over fordelingen av variabelen «Hoderegning multiplikasjon»

Tabell 2 viser skjevhet på -0,216 som indikerer at det er en overvekt av høye verdier. Dette resulterer i en venstreskjev fordeling. Videre viser tabell 2 til kurtosisverdi på -1,27 som er utenfor normalen, og referer til en flatere kurve enn en typisk normalfordelt kurve. Ved å se på histogrammet ser man en uventet/unormal distribusjon. Dette kan være på grunn av at det er et «hopp» mellom de som har lært seg gangetabellen opp til et visst punkt, og de som er på et høyere ferdighetsnivå. Dette vil tas opp i kapittel «5 Diskusjon».

Divisjon

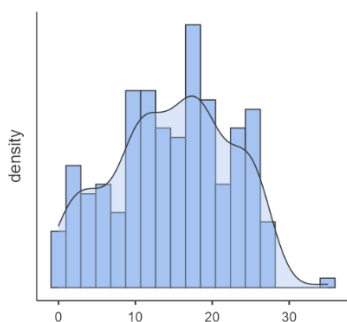
Vurdering av variabelen «Regneflyt divisjon» for hele utvalget



Figur 12 Histogram over fordelingen av variabelen «Regneflyt divisjon»

Tabell 2 viser til skjevhet på 1,56 som indikerer at det er en overvekt av lave verdier i fordelingen. Dette kan man se tydelig på histogrammet, og fordelingen er dermed høyreskjev. Videre viser tabellen til kurtosisverdi på 3,88 som indikerer en spissere kurve enn en normalfordelt kurve. Hverken skjevhet eller kurtosis er innenfor det som anses som normalt (mellom -1 og 1). Histogrammet viser at det ser ut til at det er en relativt stor overvekt av lave verdier, med en spiss kurve-topp i det lave sjiktet.

Vurdering av variabelen «Hoderegning divisjon» for hele utvalget



Figur 13 Histogram over fordelingen av variabelen «Hoderegning divisjon»

Tabell 2 viser til at skjevhetsverdi og kurtosisverdi er begge innenfor normalen på mellom -1 og 1. Skjevheten på -0,133 heller noe mot en overvekt av høye verdier, som betyr at fordelingen er venstreskjev. Kurtosis på -0,783 viser til en flatere kurve sammenlignet med en normalfordelt kurve.

4.2 Bivariate korrelasjonsanalyser

Korrelasjonsanalysen består av to deler, og vil bli delt opp etter utvalg. Det første utvalget består av datamateriale på ferdighetene til lavtpresterende barn i aritmetikk, altså ≤ 25 persentil, som vil korreleres med ferdighetene på de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. Det andre utvalget består av datamateriale på ferdighetene til resterende utvalg, altså > 25 persentil, som også vil bli korrelert med ferdighetene på de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. Pearson's r (også kjent som Pearson's korrelasjonskoeffisient) verdi viser til graden av korrelasjon mellom to variabler. Denne målingen viser verdier mellom -1 og 1, og verdien av r angir retningen og styrken. Dersom r er nær 1, indikerer det en sterk positiv lineær korrelasjon. Dette betyr at når verdien av den ene variabelen øker, øker også den andre variabelen omtrentlig. Dersom r -verdien er nær -1, indikerer det en sterk negativ lineær korrelasjon. Sistnevnte betyr at når verdien til den ene variabelen øker, minker verdien av den andre variabelen omtrentlig (Navarro & Foxcroft, 2022). For å gjøre det oversiktlig vil begge gruppene deles inn i de fire regneartene; addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon, satt i sammenheng med de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. I tillegg viser N-verdien antall barn som skårer ≤ 25 . persentil eller > 25 . persentil i aritmetiske ferdigheter.

Som nevnt tidligere, måler variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering» elevenes evne til å manipulere verbal informasjon slik at det blir gjentatt i en bestemt og korrekt alfabetisk og numerisk rekkefølge. Variabelen «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» måler elevenes evne til å gjenta verbal informasjon, etter å ha tatt en beslutning om setningens sannhet. Dette er en distraherende oppgave som gjør at de må holde på informasjon om setningene i arbeidsminnet samtidig.

4.2.1 Sammenhengen mellom aritmetikk og arbeidsminne hos lavtpresterende utvalg

Addisjon

Tabell 3 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil «Regneflyt addisjon»

		Regneflyt addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt addisjon	Pearson's r	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's r	0,440 ***	—	
	p-verdi	<,001	—	
	N	64	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's r	0,273 *	0,316 *	—
	p-verdi	0,024	0,012	—
	N	68	63	—

Notat. * p < ,05, ** p < ,01, *** p < ,001

Tabell 3 viser at det er statistisk signifikant korrelasjon mellom spesielt «Verbalt arbeidsminne manipulering» og «Regneflyt addisjon» med en Pearson's *r* verdi på 0,440 en p-verdi på <,001. Det er også en korrelasjon mellom «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», altså evnen til å gjenta verbal informasjon, og «Regneflyt addisjon» med en Pearson's *r* verdi på 0,273 og p-verdi på 0,024. Pearson's *r* verdien er «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» lengre fra 1, og dermed svakere korrelasjon enn «Verbalt arbeidsminne manipulering», noe man også ser på p-verdien.

Tabell 4 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Regneflyt addisjon med tierovergang»

		Regneflyt addisjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt addisjon med tierovergang	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		

		Regneflyt addisjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,201	—	
	p-verdi	0,101	—	
	N	68	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,037	0,346 **	—
	p-verdi	0,759	0,004	—
	N	70	67	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 4 viser til ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt addisjon med tierovergang» og de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. Den viser imidlertid til statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, med en Pearson's *r* verdi på 0,346 og p-verdi på 0,004.

Tabell 5 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning addisjon»

		Hoderegning addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning addisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,211 *	—	
	p-verdi	0,020	—	
	N	120	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,025	0,283 **	—
	p-verdi	0,787	0,002	—
	N	119	119	—

Tabell 5 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning addisjon»

	Hoderegning addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
--	-------------------------	---	--

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 5 viser en statistisk signifikant korrelasjon mellom «Verbalt arbeidsminne manipulering», altså evnen til å manipulere verbal informasjon, og «Hoderegning addisjon» med en Pearson's r -verdi på 0,211 og p -verdi på 0,020. I tillegg viser tabellen en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne.

Subtraksjon

Tabell 6 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon»

		Regneflyt subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt subtraksjon	Pearson's r	—		
	p -verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's r	0,035	—	
	p -verdi	0,772	—	
	N	71	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's r	0,053	0,366 **	—
	p -verdi	0,654	0,002	—
	N	75	70	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 6 viser at selv om de to variablene som måler verbalt arbeidsminne ikke viser statistisk signifikant korrelasjon til «Regneflyt subtraksjon», viser de seg imellom til en moderat statistisk signifikant korrelasjon med en Pearsons's r verdi på 0,366 og p -verdi på 0,002.

Tabell 7 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon med tierovergang»

		Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,078	—	
	p-verdi	0,554	—	
	N	60	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	-0,048	0,342 **	—
	p-verdi	0,709	0,008	—
	N	64	59	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 7 viser ingen statistisk signifikante korrelasjoner mellom aritmetikk og verbalt arbeidsminne. Den viser imidlertid til moderat statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne med en Pearson's *r* verdi på 0,344 og p-verdi på 0,008.

Tabell 8 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning subtraksjon»

		Hoderegning subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning subtraksjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,170	—	
	p-verdi	0,153	—	
	N	72	—	

Tabell 8 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning subtraksjon»

		Hoderegning subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	-0,148	0,257 *	—
	p-verdi	0,218	0,031	—
	N	71	71	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 8 viser til ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning subtraksjon» og de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. Derimot ser vi en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, med en Pearson's *r* verdi på 0,257 og en p-verdi på 0,031.

Multiplikasjon

Tabell 9 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Regneflyt multiplikasjon»

		Regneflyt multiplikasjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt multiplikasjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,026	—	
	p-verdi	0,831	—	
	N	70	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,091	0,352 **	—
	p-verdi	0,456	0,003	—
	N	69	69	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 9 viser til ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom ferdigheter i «Regneflyt multiplikasjon» og de to variablene som måler verbalt arbeidsminne i denne delen av utvalget. Derimot viser tabellen en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne i «Regneflyt multiplikasjon» med en Pearson's r verdi på 0,352 og p -verdi på 0,003.

Tabell 10 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning multiplikasjon»

		Hoderegning multiplikasjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning multiplikasjon	Pearson's r	—		
	p -verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's r	0,078	—	
	p -verdi	0,556	—	
	N	60	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's r	0,011	0,168	—
	p -verdi	0,935	0,203	—
	N	59	59	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 10 viser ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning multiplikasjon» og samtlige arbeidsminnevariabler. Videre viser tabellen at en relativt liten andel av utvalget skårer ≤ 25 persentil i «Hoderegning multiplikasjon». Det er verdt å nevne at «Hoderegning multiplikasjon» har en unormal distribusjon (som vist i figur 11 i «4.1 Deskriptive analyser»), og at dette påvirker tolkningen. De to variablene som måler verbalt arbeidsminne viser heller ikke til statistisk signifikant korrelasjon.

Divisjon

Tabell 11 Korrelasjonsmatrise som viser Ferdigheter i verbalt arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Regneflyt divisjon»

		Regneflyt divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt divisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,129	—	
	p-verdi	0,261	—	
	N	78	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,117	0,305 **	—
	p-verdi	0,306	0,007	—
	N	78	78	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 11 viser til ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt divisjon» og de to variablene som måler verbalt arbeidsminne. Derimot viser tabellen at de to variablene som måler verbalt arbeidsminne korrelerer, med en Pearson's *r* verdi på 0,305 og p-verdi på 0,007.

Tabell 12 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning divisjon»

		Hoderegning divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning divisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,327 **	—	
	p-verdi	0,006	—	
	N	69	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,153	0,191	—

Tabell 12 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminnevariabler korrelert med ferdigheter på eller under 25. persentil i «Hoderegning divisjon»

	Hoderegning divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
p-verdi	0,213	0,118	—
N	68	68	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 12 viser en statistisk signifikant korrelasjon mellom «Verbalt arbeidsminne manipulering», altså evnen til å manipulere verbal informasjon, og «Hoderegning divisjon» med en Pearson's r på 0,327 og p-verdi på 0,006.

4.2.1.1 Oppsummering av korrelasjonsanalyser hos lavtpresterende utvalg

Sammenhengen mellom ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne hos lavtpresterende gruppe, er statistisk signifikant i følgende korrelasjonsmatriser:

- Ferdigheter i «Regneflyt addisjon» korrelert med ferdigheter innenfor «Verbalt arbeidsminne manipulering» og «Verbalt arbeidsminne gjentakelse»
- Ferdigheter i «Hoderegning addisjon» korrelert med ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne manipulering»
- Ferdigheter i «Regneflyt divisjon» korrelert med ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne manipulering»

I tillegg viser tabellene en generell moderat signifikant korrelasjon mellom de to arbeidsminnevariablene, men dette gjelder ikke for alle korrelasjonene.

4.2.2 Sammenhengen mellom aritmetikk og arbeidsminne hos resterende utvalg

Addisjon

Tabell 13 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt addisjon»

		Regneflyt addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt addisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,186 *	—	
	p-verdi	0,018	—	
	N	162	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,230 **	0,348 ***	—
	p-verdi	0,003	<,001	—
	N	168	162	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 13 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom samtlige variabler. Sterkest er korrelasjonen mellom «Regneflyt addisjon» og «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», altså evnen til å gjenta verbal informasjon, med en Pearson's *r* verdi på 0,230 og p-verdi på 0,003. Korrelasjonen mellom variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering», altså manipulering av verbal informasjon, er også statistisk signifikant med en Pearson's *r* verdi på 0,186 og p-verdi på 0,018. De to variablene som måler verbalt arbeidsminne korrelerer også, med en Pearson's *r*-verdi på 0,348 og p-verdi på <,001.

Tabell 14 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt addisjon med tierovergang»

		Regneflyt addisjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt addisjon med tierovergang	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		

Tabell 14 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt addisjon med tierovergang»

		Regneflyt addisjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,194 *	—	
	p-verdi	0,014	—	
	N	158	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,232 **	0,334 ***	—
	p-verdi	0,003	<,001	—
	N	166	158	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 14 viser til statistisk signifikante korrelasjoner mellom alle variabler. «Verbalt arbeidsminne manipulering» korrelert med «Regneflyt addisjon med tierovergang» viser en Pearson's *r* verdi på 0,194 og p-verdi på 0,014, og er dermed statistisk signifikant. «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» korrelert med «Regneflyt addisjon med tierovergang» viser en Pearson's *r* verdi på 0,232. Videre viser tabellen en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne med en Pearson's *r* verdi på 0,334, og en p-verdi på <,001.

Tabell 15 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning addisjon»

		Hoderegning addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning addisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,410 ***	—	
	p-verdi	<,001	—	
	N	106	—	

Tabell 15 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning addisjon»

		Hoderegning addisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,246 *	0,190	—
	p-verdi	0,011	0,052	—
	N	106	106	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 15 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning addisjon» og samtlige variabler som måler verbalt arbeidsminne. «Verbalt arbeidsminne manipulering», altså evnen til å manipulere verbal informasjon, viser den sterkeste korrelasjonen med en Pearson's *r* verdi på 0,410 og p-verdi på $<,001$. «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» viser en Pearson's *r* verdi på 0,246 og p-verdi på 0,011. Her ser vi at en Pearson's *r* verdi nærmere 0 gjenspeiles i en forhøyet p-verdi. Tabellen viser ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne.

Subtraksjon

Tabell 16 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon»

		Regneflyt subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt subtraksjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,175 *	—	
	p-verdi	0,030	—	
	N	155	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,264 ***	0,327 ***	—

Tabell 16 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon»

	Regneflyt subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
p-verdi	<,001	<,001	—
N	161	155	—

Notat. * p < ,05, ** p < ,01, *** p < ,001

Tabell 16 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt subtraksjon» og samtlige variabler som måler verbalt arbeidsminne. Det er en signifikant korrelasjon mellom «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», altså evnen til å gjenta verbal informasjon, og «Regneflyt subtraksjon». Her ser vi en Pearson's r verdi på 0,264 og p-verdi på <,001. Litt svakere er korrelasjonen mellom «Verbalt arbeidsminne manipulering» og «Regneflyt subtraksjon» med en Pearson's r verdi på 0,175 og p-verdi på 0,030. Den sterkeste statistisk signifikante korrelasjonen tabellen viser er mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, med en Pearson's r verdi på 0,327 og p-verdi på <,001.

Tabell 17 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon med tierovergang»

		Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Pearson's r	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's r	0,189 *	—	
	p-verdi	0,014	—	
	N	166	—	

Tabell 17 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt subtraksjon med tierovergang»

		Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,249 ***	0,333 ***	—
	p-verdi	<,001	<,001	—
	N	172	166	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 17 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» og samtlige arbeidsminnevariabler, og sterkest er korrelasjonen til «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Tabellen viser også til en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, med en p-verdi på <,001 og en Pearson's *r* verdi på 0,333.

Tabell 18 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning subtraksjon»

		Hoderegning subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning subtraksjon	Pearson's <i>r</i>	—	—	—
	p-verdi	—	—	—
	N	—	—	—
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,393 ***	—	—
	p-verdi	<,001	—	—
	N	154	—	—
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,371 ***	0,350 ***	—
	p-verdi	<,001	<,001	—

Tabell 18 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning subtraksjon»

	Hoderegning subtraksjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
N	154	154	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 18 viser til sterk statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning subtraksjon» og samtlige arbeidsminnevariabler. Den viser også en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne med en p-verdi på $< ,001$ og Pearson's r verdi på 0,350.

Multiplikasjon

Tabell 19 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt multiplikasjon»

		Regneflyt multiplikasjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt multiplikasjon	Pearson's r	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's r	0,245 **	—	
	p-verdi	0,003	—	
	N	148	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's r	0,150	0,345 ***	—
	p-verdi	0,069	$< ,001$	—
	N	148	148	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 19 viser statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt multiplikasjon» og «Verbalt arbeidsminne manipulering». Tabellen viser en statistisk signifikant korrelasjon

mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne med en p-verdi på <,001 og Pearson's *r* verdi på 0,345.

Tabell 20 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning multiplikasjon»

		Hoderegning multiplikasjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning multiplikasjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,249 **	—	
	p-verdi	0,001	—	
	N	166	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,187 *	0,363 ***	—
	p-verdi	0,016	<,001	—
	N	166	166	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 20 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning multiplikasjon» og samtlige arbeidsminnevariabler. Sterkest korrelasjon er mellom «Hoderegning multiplikasjon» og «Verbalt arbeidsminne manipulering» med Pearson's *r* verdi på 0,249 og p-verdi på 0,001. Det er verdt å nevne at «Hoderegning multiplikasjon» har en unormal distribusjon (som vist i Figur 11 i underkapittel «4.1 Deskriptive analyser»), og at dette mulig påvirker resultatene. Videre viser tabellen en statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne med en p-verdi på <,001 og Pearson's *r* verdi på 0,363.

Divisjon

Tabell 21 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Regneflyt divisjon»

		Regneflyt divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Regneflyt divisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,342 ***	—	
	p-verdi	<,001	—	
	N	143	—	
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,332 ***	0,365 ***	—
	p-verdi	<,001	<,001	—
	N	143	143	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 21 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Regneflyt divisjon» og samtlige arbeidsminnevariabler. Tabellen viser en sterk statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, med en p-verdi på <,001 og Pearson's *r* verdi på 0,365.

Tabell 22 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning divisjon»

		Hoderegning divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Hoderegning divisjon	Pearson's <i>r</i>	—		
	p-verdi	—		
	N	—		
Verbalt arbeidsminne manipulering	Pearson's <i>r</i>	0,301 ***	—	
	p-verdi	<,001	—	
	N	157	—	

Tabell 22 Korrelasjonsmatrise som viser ferdigheter i verbalt arbeidsminne korrelert med ferdigheter over 25. persentil i «Hoderegning divisjon»

		Hoderegning divisjon	Verbalt arbeidsminne manipulering	Verbalt arbeidsminne gjentakelse
Verbalt arbeidsminne gjentakelse	Pearson's <i>r</i>	0,256 **	0,406 ***	—
	p-verdi	0,001	<,001	—
	N	157	157	—

Notat. * $p < ,05$, ** $p < ,01$, *** $p < ,001$

Tabell 22 viser til statistisk signifikant korrelasjon mellom «Hoderegning divisjon» og samtlige arbeidsminnevariabler, i tillegg til en moderat statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne.

4.2.2.1 Oppsummering av korrelasjonsanalyser hos resterende utvalg

Ved bruk av Pearson's *r* kan man se at resterende utvalgs aritmetiske ferdigheter korrelerer med arbeidsminnevariablene på samtlige variabler som måler aritmetiske ferdigheter, bortsett fra «Regneflyt multiplikasjon» korrelert med «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». I likhet med lavtpresterende utvalg er det en generell moderat signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, men det er ikke tilfellet på alle korrelasjonsmatriser. Årsaker til korrelasjon og manglende korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, blir drøftet i underkapittelet «5.3 Begrepsvaliditet og ulikheter mellom arbeidsminnevariabler» i denne masterstudien. Tabell 23 viser en oppsummerende oversikt over statistisk signifikante korrelasjoner i begge utvalgsgruppene, og viser en tydelig forskjell mellom lavtpresterende- og resterende utvalg.

Tabell 23 Oppsummering av størrelsen på korrelasjonen mellom ferdigheter i aritmetikk og ferdigheter i verbalt arbeidsminne hos begge utvalg

Lavtpresterende utvalg (<=25. persentil)				
	Verbalt arbeidsminne manipulering		Verbalt arbeidsminne gjentakelse	
Regneflyt addisjon	Ja	0,440	Ja	0,273

Regneflyt addisjon med tierovergang				
Hoderegning addisjon	Ja	0,211		
Regneflyt subtraksjon				
Regneflyt subtraksjon med tierovergang				
Hoderegning subtraksjon				
Regneflyt multiplikasjon				
Hoderegning multiplikasjon				
Regneflyt divisjon				
Hoderegning divisjon	Ja	0,327		
Resterende utvalg (>25. persentil)				
	Verbalt arbeidsminne manipulering		Verbalt arbeidsminne gjentakelse	
Regneflyt addisjon	Ja	0,186	Ja	0,230
Regneflyt addisjon med tierovergang	Ja	0,194	Ja	0,232
Hoderegning addisjon	Ja	0,410	Ja	0,246
Regneflyt subtraksjon	Ja	0,175	Ja	0,264
Regneflyt subtraksjon med tierovergang	Ja	0,189	Ja	0,249
Hoderegning subtraksjon	Ja	0,393	Ja	0,371
Regneflyt multiplikasjon	Ja	0,245		
Hoderegning multiplikasjon	Ja	0,249	Ja	0,187
Regneflyt divisjon	Ja	0,342	Ja	0,332
Hoderegning divisjon	Ja	0,301	Ja	0,256

Notat. Statistisk signifikante korrelasjoner mellom ferdigheter i aritmetikk og ferdigheter i verbalt arbeidsminne er markert med «Ja». Pearson's r verdier er notert i høyre kolonne.

4.3 Sammenligninger mellom lavtpresterende og resterende utvalg gjennom lineær regresjon

En annen måte å vise hvorvidt og i hvilken grad variablene sammenhenger, er å bruke regresjon. Regresjonen gjenspeiler det samme som korrelasjonsmatrisen, men gir også en koeffisient som kan tolkes. Lineær regresjon blir utført for å undersøke hvor mye den avhengige variabelen (aritmetikk) øker når uavhengig variabel (arbeidsminne) øker med 1. Denne økningen finner man ved å se på Estimatet i tabellene. Jo større økning, jo høyere statistisk signifikant er korrelasjonen. I tillegg til å se på p-verdien (statistisk signifikant

dersom $p < 0,050$), ser man på konfidensintervallet. Sistnevnte er satt til 95 prosent, og viser hvorvidt dataene er til å stole på, og fungerer som et mål på hvor gode estimatene av ukjente størrelser er. Den lineære regresjonsanalysen viser estimatet til regresjonskoeffisientene, som representerer styrken og retningen til den lineære sammenhengen mellom variablene. Hvert estimat er imidlertid påvirket av tilfeldig variasjon, og et konfidensnivå på 95 prosent viser til at man med 95 prosent sikkerhet kan si at regresjonskoeffisienten faller et sted innenfor dette intervallet. Jo smalere intervallet er, jo mer presist er estimatet. Men dersom konfidensintervallet krysser 0, for eksempel dersom lavere og høyere estimat er på $-0,148$ og $0,500$, vil det ikke være en statistisk signifikant korrelasjon og dataene vil heller ikke være til å stole på (Navarro & Foxcroft, 2022). I tillegg er R^2 -verdien nyttig å se på. Denne verdien viser til hvor stor prosentandel av variansen som kan forklares av den uavhengige variabelen (arbeidsminnet).

Lavtpresterende utvalgs ferdigheter i aritmetiske variabler vil i «tabell 24-39» sammenlignes med resterende utvalg. Dette for å se om det er forskjeller i konfidensintervallene, estimatene og R^2 verdiene. Hos resterende utvalg ble det funnet statistisk signifikant korrelasjon på alle regresjonsanalyser, bortsett fra «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» korrelert med «Regneflyt multiplikasjon». På lavtpresterende ble det funnet statistisk signifikant korrelasjon mellom «Verbalt arbeidsminne manipulering» og lavtpresterende i «Hoderegning addisjon», «Hoderegning divisjon», samt «Regneflyt addisjon», og «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» og lavtpresterende i «Regneflyt addisjon». I denne lineære regresjonsanalysen er det valgt å trekke frem prediksjoner som er statistisk signifikant for både lavtpresterende og resterende utvalg. I tillegg vil det legges frem prediksjoner som viser ulike korrelasjoner og konfidensintervall for lavtpresterende- og resterende utvalg.

Prediksjon av «Hoderegning addisjon» for lavtpresterende og resterende utvalg

Tabell 24 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Hoderegning addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	11,853	1,3310	9,2170	14,488	8,91	<,001		
Verbalt arb. manipulering	0,214	0,0910	0,0335	0,394	2,35	0,020	0,211	0,0447

Tabell 25 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Hoderegning addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet.

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	12,894	1,803	9,317	16,470	7,15	<,001		
Verbalt arb. manipulering	0,493	0,107	0,280	0,706	4,59	<,001	0,410	0,168

Både for lavtpresterende og resterende utvalg, viser Tabell 24 og 25 statistisk signifikant korrelasjon. Det vil si at «Verbalt arbeidsminne manipulering» har en statistisk signifikant korrelasjon til «Hoderegning addisjon». For det lavtpresterende utvalget øker «Hoderegning addisjon» med 0,214 når «Verbalt arbeidsminne manipulering» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Hoderegning addisjon» med 0,493 når «Verbalt arbeidsminne manipulering» øker med 1. Konfidensintervallene er relativt smale (0,0335-0,394 og 0,280-0,706) og krysser ikke 0, og man kan dermed si at estimatet er relativt presist. De er ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. R² verdien viser til at 17 prosent av variansen på «Hoderegning addisjon» for resterende utvalg kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering», mens bare 4 prosent hos det lavtpresterende utvalget.

Prediksjon av «Regneflyt addisjon» for lavtpresterende og resterende utvalg

Tabell 26 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Regneflyt addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet.

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	8,737	1,519	5,700	11,775	5,75	<,001		
Verbalt arb. manipulering	0,391	0,101	0,188	0,593	3,86	<,001	0,440	0,194

Tabell 27 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Regneflyt addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	20,251	2,976	14,3732	26,128	6,80	<,001		
Verbalt arb. manipulering	0,448	0,187	0,0796	0,817	2,40	0,018	0,186	0,0348

Både for lavtpresterende og resterende utvalg viser Tabell 26 og 27 statistisk signifikant korrelasjon. Det vil si at «Verbalt arbeidsminne manipulering» har en statistisk signifikant korrelasjon til «Regneflyt addisjon». For det lavtpresterende utvalget øker «Regneflyt addisjon» med 0,391 når «Verbalt arbeidsminne manipulering» øker med 1, samt at konfidensintervallet er relativt smalt (0,188-0,593) og krysser heller ikke 0. Hos resterende utvalg øker «Regneflyt addisjon» med 0,448 når «Verbalt arbeidsminne manipulering» øker med 1. Hos resterende utvalg er imidlertid konfidensintervallet noe bredere (0,0796-0,817), men det krysser fortsatt ikke null. Konfidensintervallene hos de to gruppene er ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. R² verdien viser til at 3 prosent av variansen på «Regneflyt addisjon» for resterende utvalg kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering», mens 19 prosent hos det lavtpresterende utvalget.

Prediksjon av Hoderegning addisjon for lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 28 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Hoderegning addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet.

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	14,5480	1,6893	11,202	17,894	8,612	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,0266	0,0984	-0,168	0,221	0,271	0,787	0,0250	0,000626

Tabell 29 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Hoderegning addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	17,674	1,3460	15,0044	20,343	13,13	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,181	0,0700	0,0426	0,320	2,59	0,011	0,246	0,0607

Tabell 28 og 29 viser at hos det lavtpresterende utvalget viser den relativt høye p-verdien på 0,787 til ingen statistisk signifikant korrelasjon. Hos det resterende utvalget viser p-verdien på 0,011 til en statistisk signifikant korrelasjon. Konfidensintervallet hos det lavtpresterende utvalget krysser også 0, som vil si at vi ikke med sikkerhet kan stole på dataene. Hos resterende utvalg er konfidensintervallet relativt smalt, og krysser heller ikke 0. Vi kan dermed med større sikkerhet stole på dataene. Konfidensintervallene hos de to gruppene er ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. Estimater viser at for det lavtpresterende utvalget øker «Hoderegning addisjon» med 0,027 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1, mens hos resterende utvalg viser estimatet at «Hoderegning addisjon» øker 0,181 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. R²

verdien viser til at 0,006 prosent av variansen på «Hoderegning addisjon» for lavtpresterende gruppe kan forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», mens R^2 verdien viser 6 prosent hos resterende utvalg.

Prediksjon av «Regneflyt addisjon» for lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 30 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Regneflyt addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet.

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	11,218	1,4864	8,2501	14,186	7,55	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,196	0,0850	0,0266	0,366	2,31	0,024	0,273	0,0748

Tabell 31 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Regneflyt addisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	17,660	3,315	11,115	24,205	5,33	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,548	0,180	0,192	0,903	3,04	0,003	0,230	0,0528

Tabell 30 og 31 viser at hverken hos lavtpresterende og resterende utvalg, viser tabellene statistisk signifikant korrelasjon. Det vil si at «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» har en statistisk signifikant korrelasjon til «Regneflyt addisjon». For det lavtpresterende utvalget øker «Regneflyt addisjon» med 0,196 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Regneflyt addisjon» med 0,548 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. Konfidensintervallene på begge gruppene krysser ikke 0, som betyr

at man med høy sikkerhet kan stole på dataene. De er dog ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. R^2 verdien viser til at 5 prosent av variansen på «Hoderegning addisjon» for resterende utvalg kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering», og 7 prosent hos det lavtpresterende utvalget.

Prediksjon av «Hoderegning divisjon» hos lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 32 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Hoderegning divisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	0,197	1,945	-3,686	4,080	0,101	0,920		
Verbalt arb. manipulering	0,368	0,130	0,108	0,628	2,828	0,006	0,327	0,107

Tabell 33 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Hoderegning divisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R ²
Skjæringspkt.	9,029	2,498	4,094	13,964	3,61	<,001		
Verbalt arb. manipulering	0,614	0,156	0,306	0,923	3,93	<,001	0,301	0,0907

Både for lavtpresterende og resterende utvalg, viser også tabell 32 og 33 statistisk signifikant korrelasjon. Det vil si at «Verbalt arbeidsminne manipulering» har en statistisk signifikant korrelasjon til «Hoderegning divisjon». For det lavtpresterende utvalget øker «Hoderegning divisjon» med 0,368 når «Verbalt arbeidsminne manipulering» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Hoderegning addisjon» med 0,614 når «Verbalt arbeidsminne manipulering»

øker med 1. Konfidensintervallene på begge gruppene krysser ikke 0, som betyr at man med høy sikkerhet kan stole på dataene. De er dog ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. R^2 verdien viser til at 9 prosent av variansen på «Hoderegning divisjon» for resterende utvalg kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering», mens 11 prosent hos det lavtpresterende utvalget.

Prediksjon av «Hoderegning divisjon» hos lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 34 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Hoderegning divisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	1,764	3,116	-4,456	7,985	0,566	0,573		
Verbalt arb. gjentakelse	0,224	0,178	-0,131	0,579	1,258	0,213	1,153	0,0234

Tabell 35 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Hoderegning divisjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	11,334	2,279	6,832	15,836	4,97	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,407	0,124	0,163	0,651	3,30	0,001	0,256	0,0655

Tabell 42 og 35 viser at hos det lavtpresterende utvalget viser p-verdien på 0,213 til ingen statistisk signifikant korrelasjon. Hos det resterende utvalget viser p-verdien på 0,001 til en statistisk signifikant korrelasjon. Konfidensintervallet hos det lavtpresterende utvalget krysser også 0, som vil si at vi ikke med sikkerhet kan stole på dataene, mens hos resterende utvalg

kan vi stole på dataene da konfidensintervallet ikke krysser 0. De er dog ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. For det lavtpresterende utvalget øker «Hoderegning divisjon» med 0,224 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Hoderegning divisjon» med 0,407 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. R^2 verdien viser til at 2 prosent av variansen på «Hoderegning divisjon» for lavtpresterende kan forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», mens R^2 verdien viser 7 prosent hos resterende utvalg.

Prediksjon av «Regneflyt subtraksjon» hos lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 36 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Regneflyt subtraksjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	8,8083	1,6634	5,493	12,123	5,295	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,0426	0,0947	-0,146	0,231	0,450	0,450	0,0526	0,00276

Tabell 37 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Regneflyt subtraksjon» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet.

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R^2
Skjæringspkt.	10,801	2,809	5,254	16,349	3,85	<,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,526	0,153	0,225	0,828	3,45	<,001	0,264	0,0696

Tabell 36 og 37 er et eksempel på en regresjonsanalyse hvor det er tydelige forskjeller mellom lavtpresterende og resterende utvalg. Hos det lavtpresterende utvalget viser p-verdien på

0,450 til ingen statistisk signifikant korrelasjon. Hos det resterende utvalget viser p-verdien på $0 < ,001$ til en sterk statistisk signifikant korrelasjon. Konfidensintervallet hos det lavtpresterende utvalget krysser også 0, som vil si at vi ikke med sikkerhet kan stole på dataene, mens hos det resterende utvalget kan vi stole på dataene da konfidensintervallet ikke krysser 0. De er dog ikke statistisk signifikant forskjellige, da intervallene krysser hverandre. Men de krysser minimalt (-0,146-0,231 for lavtpresterende og 0,225-0,828 for resterende utvalg) og er dermed relativt forskjellige. Estimater i de to tabellene viser at hos det lavtpresterende utvalget øker «Regneflyt subtraksjon» med 0,043 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Regneflyt subtraksjon» med 0,526 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. R^2 verdien viser til at 0,020 prosent av variansen på «Regneflyt subtraksjon» for lavtpresterende gruppe kan forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», mens R^2 verdien viser 7 prosent hos resterende utvalg.

Prediksjon av «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» hos lavtpresterende- og resterende utvalg

Tabell 38 Modellkoeffisienter – Lavtpresterende i «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R²
Skjæringspkt.	3,7012	1,2607	1,181	6,221	2,936	0,005		
Verbalt arb. gjentakelse	-0,0269	0,0718	-0,170	0,117	-0,375	0,709	0,0475	0,00226

Tabell 39 Modellkoeffisienter – Resterende utvalg i «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» satt opp med regresjon der verbalt arbeidsminne predikerer utfallet

95 prosent Konfidensintervall								
Prediktor	Estimat	SE	Laveste	Høyeste	t	p	R	R²

Skjæringspkt.	5,278	1,5780	2,168	8,393	3,34	0,001		
Verbalt arb. gjentakelse	0,288	0,0860	0,118	0,458	3,35	<,001	0,249	0,0620

Tabell 38-39 er også et eksempel på en regresjonsanalyse hvor det er tydelige forskjeller mellom lavtpresterende og resterende utvalg. Hos det lavtpresterende utvalget viser p-verdien på 0,709 til ingen statistisk signifikant korrelasjon. Hos det resterende utvalget viser p-verdien på $0 < ,001$ til en sterk statistisk signifikant korrelasjon. Konfidensintervallet hos det lavtpresterende utvalget krysser også 0, som vil si at vi ikke med sikkerhet kan stole på dataene, mens hos resterende utvalg kan vi stole på dataene da konfidensintervallet ikke krysser 0. Det som er interessant her, er at konfidensintervallene ikke krysser hverandre, og er dermed statistisk signifikant forskjellige. Estimater i de to tabellene viser at det er en negativ korrelasjon hos det lavtpresterende utvalget når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. Hos resterende utvalg øker «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» med 0,288 når «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» øker med 1. R^2 verdien viser til at 0,023 prosent av variansen på «Regneflyt subtraksjon med tierovergang» for lavtpresterende gruppe kan forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», mens R^2 verdien viser 6 prosent hos resterende utvalg.

4.4 Oppsummering av analyser

Ved å se på korrelasjonsanalyser og lineære regresjonsanalyser, kan man se at ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne manipulering» som regel har en sterkere statistisk signifikant korrelasjon til aritmetiske ferdigheter, altså svakere Pearson's r -verdi «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Dette gjelder for både lavtpresterende og resterende utvalg. I tillegg viser flesteparten av tabellene til moderat statistisk signifikant korrelasjon mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne, men ikke alle. Dette blir igjen viktig å drøfte med tanke på begrepsvaliditet og målingsforskjeller i de to de variablene som måler ferdigheter i verbalt arbeidsminne.

Det er imidlertid forskjell i korrelasjoner mellom lavtpresterende og resterende utvalg. Hos sistnevnte viser korrelasjonsanalyser og lineære regresjonsanalyser statistisk signifikante korrelasjoner på alle aritmetiske variabler korrelert med arbeidsminnevariabler, bortsett fra «Regneflyt multiplikasjon» korrelert med «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Hos de lavtpresterende viser de samme analysene statistisk signifikante korrelasjoner på:

- Ferdigheter i «Regneflyt addisjon» korrelert med begge arbeidsminnevariabler
- Ferdigheter i «Hoderegning addisjon» korrelert med «Verbalt arbeidsminne manipulering»
- Ferdigheter i «Hoderegning divisjon» korrelert med «Verbalt arbeidsminne manipulering»

Det ble funnet statistisk signifikante forskjeller i konfidensintervall mellom lavtpresterende og resterende utvalg i ferdigheter innenfor «Regneflyt subtraksjon med tierovergang». Det er også verdt å nevne ulikheter i konfidensintervallet for gruppene innenfor «Regneflyt subtraksjon», som viste relativt ulike intervall, med en liten krysning (0,146-0,231 for lavtpresterende og 0,225-0,828 for resterende utvalg).

De mulige årsakene til resultatene fra analysen vil diskuteres og drøftes i kapittel «5 Diskusjon» i lys av tidligere nevnte studier og teori.

5 Diskusjon

I denne delen av masterstudien vil det trekkes frem resultater fra analysen og diskutere de opp mot tidligere nevnte studier og teori. Problemstillingen som skal forsøkes å belyses er: «Kan verbalt arbeidsminne ligge til grunn for svake prestasjoner i aritmetikk?» Funnene i analysen viser til svært få statistisk signifikante korrelasjoner mellom lavtpresterende utvalg og ferdigheter i aritmetikk korrelert med ferdigheter i verbalt arbeidsminne. Mulige årsaker til dette drøftes i denne delen av masterstudien.

Først vil det diskuteres rundt de åpenbare funnene hos det lavtpresterende utvalget, som for eksempel arbeidsminnets statistisk signifikante korrelasjon til ««Regneflyt addisjon»» på begge arbeidsminnevariablene. Det vil også diskuteres mulige årsaker til at multiplikasjon ikke viser statistisk signifikant korrelasjon hos det lavtpresterende utvalget, selv om det i underkapittel «2.6 Aritmetikk og arbeidsminne» hevdes at denne regnearten har sterkest korrelasjon til det verbale arbeidsminnet. Videre skal det drøftes rundt mulige forklaringer til hvorfor korrelasjoner og lineære regresjoner viser få statistisk signifikante funn hos lavtpresterende gruppe, sammenlignet med resterende utvalg. Ulikheter mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne vil også bli trukket fram og diskutert i lys av resultatene. Til slutt vil validitet og reliabilitet drøftes i lys av resultatene, samt behovet for videre studier.

Selv om problemstillingen impliserer en antakelse om et årsaksforhold mellom ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne, kan man ikke med sikkerhet si at det ene fører til det andre. For å kunne si noe mer sikkert om dette, måtte det ha blitt tatt i bruk eksperimentelle metoder. Dette blir imidlertid diskutert i underkapittel «5.4 Behovet for videre studier».

5.1 Sammenhengene mellom aritmetikk og arbeidsminne

Denne masterstudiens resultater viser få statistisk signifikante korrelasjoner mellom variabelen «Verbalt arbeidsminne manipulering» og variablene «Hoderegning addisjon» og

«Regneflyt addisjon» hos det lavtpresterende utvalget. Dette gir mening i lys av andres funn, da Seitz og Schumann-Hengsteler (2002) fant at primært verbalt arbeidsminne og sentral kontrollenhet er kritisk for aritmetisk prestasjon. Som nevnt tidligere, skriver DeStefano og LeFevre (2004) at regnestykker som inneholder ensifrede tall, krever enten direkte tilgang til langtidshukommelsen, eller en kombinasjon av faktainnhenting og manipulasjon. Sistnevnte er blant annet det «Verbalt arbeidsminne manipulering» måler, og det støtter opp under «Regneflyt addisjon» sin korrelasjon til denne arbeidsminnevariabelen. Hecht og Seyler et al. (2002) skriver også om dette, nærmere bestemt om at ensifrede oppgaver hvor det brukes telling for å løse oppgavene, ble det verbale arbeidsminnet belastet. Sett i lys av dette kan det tenkes at de lavest presterende barna i større grad bruker telling til å løse oppgaver sammenlignet med det resterende utvalget, da de trolig ikke har utviklet effektive strategier og informasjon lagret i langtidshukommelsen enda (som nevnt i underkapittel «2.3 Aritmetiske ferdigheter»). Dette kan igjen tenkes å være årsaken til at ferdigheter i «Regneflyt addisjon» og «Hoderegning addisjon» viser en statistisk signifikant korrelasjon til «Verbalt arbeidsminne manipulering».

Mangelen på strategier kan også muligens forklare årsaken til at man ikke ser den samme korrelasjonen mellom verbalt arbeidsminne og «Regneflyt addisjon» med tierovergang eller ««Regneflyt subtraksjon med tierovergang» hos det lavtpresterende utvalget. Som nevnt tidligere i underkapittel «2.6.2 Verbalt arbeidsminne», blir det verbale arbeidsminnet belastet når testdeltaker må huske på tall eller holde på midlertidig informasjon som skal brukes senere. Her igjen trekkes inn mulige årsaker som kan være manglende strategier, manglende informasjon lagret i langtidshukommelsen og et «overarbeidet»-arbeidsminne. Dette kan igjen tenkes å føre til at man ikke ser en sterk statistisk signifikant korrelasjon. Tidligere nevnt teori som støtter opp under en slik tolkning er Alexander & Schwanenflugel (1994) som skriver at kapasiteten til arbeidsminnet blir brukt til organisering og innkoding når materialet er lite kjent.

«Hoderegning addisjon» består imidlertid av oppgaver med flersifrede tall, så hvorfor korrelerer den og ikke tierovergang-variablene? Dette kan begrunnes i at «Hoderegning addisjon» som nevnt, er administrert på en annen måte. Den starter med svært enkle aritmetiske oppgaver, for så å øke i vanskelighetsgrad, og avsluttes når barnet gir fire feil svar

på rad. Dette kan tenkes å være en av årsakene til at «Hoderegning addisjon» og «Regneflyt addisjon» (sistnevnte inneholder ikke tierovergang) viser statistisk signifikante korrelasjoner, og ikke tierovergang-variablene.

Videre viser resultatene i denne masterstudien at hos det lavtpresterende utvalget har «Hoderegning addisjon» en svakere statistisk signifikant korrelasjon til «Verbalt arbeidsminne manipulering» enn det «Regneflyt addisjon» har. Dette kan være på grunn av at «Hoderegning addisjon» er administrert annerledes, og barna har mulighet til å strekke seg opp til hva de maksimalt kan klare. Med andre ord er oppgaven lagt opp til å teste hvor utfordrende regnestykker barnet mestrer. Årsaken til at en mindre andel av variansen kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering» hos de lavtpresterende kan være at de igjen får et overarbeidet arbeidsminne, og dermed ikke mestrer like mange oppgaver. Dette gir mening i lys av andres funn, da Gathercole og Alloway (2004) skriver om hvordan barn med et svakt arbeidsminne blir overbelastet ved aritmetisk problemløsning.

«Hoderegning divisjon» viser en statistisk signifikant korrelasjon til «Verbalt arbeidsminne manipulering» hos det lavtpresterende utvalget. Divisjon er en mer utfordrende regneart enn addisjon, fordi barna lærer divisjon parallelt med multiplikasjon, etter at de har fått opplæring i addisjon og subtraksjon. Årsaken til at disse to variablene korrelerer kan tenkes å være fordi de må repetere regnestykket verbalt for å holde fokus og fullføre regnestykket. Det gir mening i lys av Seitz og Schumann-Hengsteler (2002) sine funn, som skriver om hvordan verbale oppgaver (som hoderegningvariablene) må repeteres for å fullføres. Men hvorfor korrelerer ikke ferdigheter i subtraksjon og multiplikasjon med verbalt arbeidsminne hos det lavtpresterende utvalget? Årsaken til denne manglende korrelasjonen kan være flere. Demir et al. (2014) hevder som nevnt at multiplikasjon har den sterkeste korrelasjonen til det verbale arbeidsminnet, og subtraksjon den svakeste. Demir et al. (2014) støtter dermed denne masterstudiens manglende korrelasjon mellom subtraksjon og verbalt arbeidsminne hos det lavtpresterende utvalget. Men hva med multiplikasjon? Som vist i deskriptive analyser har «Hoderegning multiplikasjon» en unormal distribusjon. Dette kan som nevnt komme av at mange av barna kan gangetabellen opp til et visst punkt. Igjen kan dette tenkes å være en av årsakene til at «Hoderegning multiplikasjon» ikke viser en statistisk signifikant korrelasjon til det verbale arbeidsminnet, men det kan også komme av manglende

strategier og informasjon lagret i langtidshukommelsen. Det er også sannsynlig at noen kan svare automatisk og henter det uten å bruke arbeidsminnet, og andre som 'gir opp' og ikke gjøre en relativ innsats for å aktivere langtidshukommelsen eller arbeidsminnet fordi de ikke vet hvordan de skal finne svaret. Her er det relevant å trekke inn Tetzchner (2012) som tidligere nevnt, skriver om viktigheten av å kunne hente frem og dra nytte av det som er lagret i langtidshukommelsen. Dette kan imidlertid også skyldes et begrenset utvalg med tanke på at heller ikke «Regneflyt multiplikasjon» viser statistisk signifikante korrelasjoner til det verbale arbeidsminnet hos denne delen av utvalget. «Regneflyt multiplikasjon» har dessuten en distribusjon innenfor normalen, som vist i underkapittel «4.1 Deskriptive analyser».

Graden av verbalt arbeidsminne involvert i regning avhenger av barnets nivå. Det vil si at automatisk gjenhenting og god flyt i for eksempel multiplikasjon krever lite av arbeidsminne, mens mindre modne strategier krever tid og flere steg (se underkapittel «2.3 Aritmetiske ferdigheter»). På den andre siden hevder Swanson (2014), som nevnt, at barn med svakt arbeidsminne kan oppleve at svake kognitive funksjoner er overarbeidet av matematisk strategitrening. Sett i lys av dette, kan det hevdes at de lavtpresterende barna har et svakt arbeidsminne som påvirker deres evne til å utføre aritmetiske oppgaver. Her kan man dog sette spørsmålsteget ved hvorfor det da er så få korrelasjoner. Dette blir tatt opp igjen fortløpende.

5.2 Sammenhengen mellom de lineære regresjonene

De lineære regresjonene i analysen viser til konfidensintervall, som kan tyde på at det er ulike trender i de to utvalgene dersom de er ulike. Det vil nå trekkes fram noen eksempler på ulike varianser statistisk signifikante forskjellige konfidensintervall.

Årsaken til at en mindre andel av variansen i ferdigheter i «Hoderegning addisjon» kan å forklares av at «Verbalt arbeidsminne manipulering» (4 prosent for lavtpresterende og 16,8 prosent hos resterende) kan være at de lavtpresterende får et overarbeidet arbeidsminne, og dermed ikke mestrer like mange oppgaver. Resterende utvalg derimot, har som nevnt tidligere, trolig strategier og tilgang på informasjon i langtidshukommelsen som gjør de bedre

rustet for disse oppgavene. Selv om det er en statistisk signifikant korrelasjon hos begge gruppene, kan det tenkes at dette er årsaken til at en mindre andel av variansen hos det lavtpresterende utvalget kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering». Dette ser vi også på p-verdien til det resterende utvalget, som er $<,001$, mot lavtpresterende som viser en noe høyere p-verdi på 0,020. Dette gir mening i lys av tidligere nevnt teori, da Siegler (1999) skriver at barna trenger et «repertoar» av strategier og en effektiv bruk av disse for å mestre aritmetiske oppgaver. Dette bekreftes av von Tetzchner (2012) som skriver at arbeidsminne avhenger av hensiktsmessig strategibruk, og selv om barna har lært strategiene, er det ikke nødvendigvis slik at de tar de i bruk.

Den lineære regresjonsanalysen viser til at 3 prosent av variansen i «Regneflyt addisjon» kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering» hos resterende utvalg, mens hele 19 prosent hos det lavtpresterende utvalget. Årsaken til dette kan tenkes å være på grunn av at de lavtpresterende i stor grad avhenger av sitt verbale arbeidsminne når de skal løse regnestykker, fordi de ikke har effektive nok strategier og heller ikke lagret informasjon i langtidshukommelsen slik at svarene kommer «automatisk». Hos det resterende utvalget kan det tenkes at mange av addisjonsoppgavene med og uten tierovergang er en automatisert prosess (se underkapittel «2.5 Arbeidsminne»), og at de har tilegnet seg gode strategier og allerede lagret mange av regnestykkene i langtidshukommelsen. I lys av tidligere nevnt teori kan det hevdes at det resterende utvalget i større grad bruker den best mulige strategien for gitt oppgave (Gilmore et al, 2018). Dette kan tenkes å gi utslag i form av hvor stor andel av variansen som kan forklares av «Verbalt arbeidsminne manipulering». Ferdigheter hos det lavtpresterende utvalget i «Regneflyt addisjon» viser også statistisk signifikant korrelasjon til ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». I denne masterstudien viser den lineære regresjonen at 7 prosent av variansen i «Regneflyt addisjon» kan forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» hos det lavtpresterende utvalget, mens 5 prosent hos resterende utvalg.

Ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» korrelert med ferdigheter i «Regneflyt subtraksjon» viser til relativt ulike konfidensintervall i de to utvalgene, men en svak krysning. Dette kan tenkes å være på grunn av at de lavtpresterende strever med subtraksjon, mens det resterende utvalget har disse strategiene automatisert og lagret i

langtidshukommelsen. Dermed får man ulike konfidensintervall, fordi de to gruppene presterer statistisk signifikant forskjellig fra hverandre. Dette kan vi også se på R^2 verdien som viser til 0,02 prosent av variansen kan forklares av denne arbeidsminnevariabelen hos lavtpresterende utvalg, mens 7 prosent hos resterende utvalg. Dette stemmer overens med tidligere nevnt teori, hvor Alloway og Alloway (2012) skriver at tillært kunnskap spiller en viktig rolle for arbeidsminnets kapasitet.

Den lineære regresjonsanalysen viser også til statistisk signifikant forskjellige konfidensintervall mellom ferdigheter i «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» og ««Regneflyt subtraksjon med tierovergang» hos de to utvalgene. Denne ulikheten i konfidensintervall, kan tenkes å ikke være overraskende, da tabellene viser en liknende trend på «Regneflyt subtraksjon». I lys av Siegler (1999) sin tidligere nevnte strategimodell, kan dette dermed hevdes å være på grunn av mangel på strategier og informasjon lagret i langtidshukommelsen. Dette kan man også se på hvor stor andel av variansen som kan forklares av denne verbale arbeidsminnevariabelen. Hos det lavtpresterende utvalget kan kun 0,02 prosent av variansen på både «Regneflyt subtraksjon» og ««Regneflyt subtraksjon med tierovergang» forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Mens hos resterende utvalg kan 7 prosent av variansen i ferdigheter i «Regneflyt subtraksjon» og 6 prosent i ferdigheter i ««Regneflyt subtraksjon med tierovergang» forklares av «Verbalt arbeidsminne gjentakelse».

5.3 Begrepsvaliditet og ulikheter mellom arbeidsminnevariabler

I denne masterstudien blir de to variablene som måler verbalt arbeidsminne kalt «Verbalt arbeidsminne manipulering» og «Verbalt arbeidsminne gjentakelse». Men dersom man måler andre kognitive prosesser og evner i tillegg til det verbale arbeidsminnet, kan begrepsvaliditeten bli svekket. Når man måler ferdigheter innenfor det verbale arbeidsminnet, er det ikke utelukkende at man også måler andre deler av arbeidsminnet, som visuospatialt arbeidsminne, sentral kontrollenhet og episodisk buffer. I tillegg vil ifølge tidligere nevnt teori, symbolsk- og ikke symbolsk tallforståelse og forståelse for bokstaver/ord trolig kunne påvirke barnets evne til å utføre både aritmetiske- og verbale arbeidsminnetester (Baddeley, 2003; Montgomery et al., 2008; Vanbinst et al, 2014, gjengitt i Gilmore et al., 2018). Med

andre ord kan det hende at barnets skår er påvirket av en mulig svak forståelse av viktige tallferdigheter og mangel på et tilstrekkelig vokabular. Dette gir mening i lys av tidligere nevnt teori, som for eksempel Aunio og Räsänen (2016) som viser til fire grunnleggende kunnskapstypene som legger til rette for aritmetiske forståelse. Disse ulike faktorene vil naturligvis kunne true begrepsvaliditeten, fordi man muligens måler andre evner og kognitive prosesser enn det begrepet som brukes tilsier.

I problemstillingen benyttes aritmetikk, og ikke matematikk som begrep. Dette er for å spesifisere hva det er som undersøkes i studien. Til tross for dette, måler enkelte av variablene, som for eksempel regneflytvariablene, også hastighet. Hoderegningsvariablene gjør også det, men her har barnet ett minutt på hvert regnestykke og kan menes å ha mindre påvirkning på variabelen. Spesielt Regneflytvariablene, som måler hastighet på denne måten, vil derfor kunne tenkes å være en trussel mot begrepsvaliditeten.

Måler de to variablene som måler det verbale arbeidsminne det samme, eller er de ulike? Dersom de hadde målt akkurat det samme, hadde korrelasjonsanalysene vist høye og signifikante korrelasjoner mellom de to variablene som måler verbalt arbeidsminne på alle korrelasjonsmatrisene. Analysene viser imidlertid ingen statistisk signifikant korrelasjon mellom arbeidsminnevariablene på «Hoderegning multiplikasjon» og «Hoderegning divisjon» hos de lavtpresterende. Dette vil kunne være en indikator på at de måler ulike kognitive ferdigheter. Årsaken til dette kan være at «Verbalt arbeidsminne manipulering» krever både visuospatial- og verbal prosessering. Dette er fordi testdeltakeren må visuelt og verbalt manipulere informasjonen. I lys av tidligere nevnt teori hevder Kane et al. (2004) at det ikke er mulig å skille verbalt- og visuospatialt arbeidsminne fra hverandre. I tillegg trekker Attout og Majerus (2015) fram at det visuospatiale arbeidsminnet er involvert i denne verbale arbeidsminnetesten da barna må lage «mentale kort» i minnet. Det kan derfor hevdes at man også tester det visuospatiale arbeidsminne, når målet er å teste det verbale arbeidsminnet isolert. Dette truer begrepsvaliditeten. «Serial order task» som Attout og Majerus (2015) eksempelvis viser til, er samme type arbeidsminnetest som «Verbalt arbeidsminne manipulering», som blir brukt i denne masterstudien. Ut ifra dette kan det tenkes at årsaken til at «Verbalt arbeidsminne manipulering» korrelerer sterkere med de aritmetiske variablene enn

«Verbalt arbeidsminne gjentakelse», er på grunn av at den måler både visuospatialt- og verbalt arbeidsminne.

Denne masterstudiens funn viser til en svakere korrelasjon mellom ferdigheter i aritmetikk og «Verbalt arbeidsminne gjentakelse», og dette hos begge utvalgene. Sett i lys av dette, kan det hevdes at en svakere korrelasjon mellom aritmetiske ferdigheter og denne arbeidsminnevariabelen kan komme av at man i mindre grad tester det visuospatiale arbeidsminnet. Dette vil muligens føre til at man får færre statistisk signifikante korrelasjoner, men samtidig kan det hevdes at denne variabelen er mer valid med tanke på begrepsvaliditet. Tidligere nevnte studier indikerer det samme, hvor MacKinnon McQuarrie et al. (2014) hevder at «Verbalt arbeidsminne gjentakelse» er sterkest relatert til det verbale arbeidsminnet, da testdeltaker skal reprodusere og ikke manipulere muntlig informasjon. Kan de andre komponentene av modellen til Baddeley og Hitch (2000) også ha påvirkning på de verbale arbeidsminnevariablene? Som nevnt i underkapittel «2.6.3 Episodisk buffer og sentral kontrollenhet», styrer og kobler disse to komponentene det visuospatiale- og verbale arbeidsminnet, og det vil derfor tenkes unaturlig at disse ikke påvirker barnas ferdigheter i verbalt arbeidsminne. Dette vil også kunne tenkes å svekke begrepsvaliditeten.

5.4 Vurdering av funnene i lys av krav til validitet

Funnene i denne masterstudien har påvist en statistisk signifikant korrelasjon mellom verbalt arbeidsminne og aritmetikk hos lavtpresterende utvalg, men innenfor få korrelasjoner. Derfor er det viktig å trekke fram de fire kvalitetskravene til Cook og Campbell (1974), og se disse i sammenheng med tidligere nevnt teori. Begrepsvaliditet er drøftet i underkapittel «5.3 Begrepsvaliditet og ulikheter mellom arbeidsminnevariabler», og vil derfor ikke nevnes her. Som nevnt, finner denne masterstudien få statistisk signifikante korrelasjoner mellom lavtpresterende utvalg og ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne. I dette tilfellet kan man begå en feil ved å konkludere med at det ikke er en statistisk signifikant korrelasjon mellom disse ferdighetene i det lavtpresterende utvalget. På den andre siden kan man gjøre det motsatte og konkludere med at sammenhengen egentlig er der, og at det er utvalget som påvirker manglende signifikante korrelasjoner. Disse feilene bekreftes i tidligere nevnt teori

som beskriver disse to typene feil (Dong & Maynard, 2013). Samtidig skriver Shadish et al. (2002) at det er umulig å sikre seg mot feilaktige slutninger, men at god statistisk validitet innebærer at det er lite sannsynlig at sammenhengen mellom variablene er tilfeldige. Man skal dog være varsom med å hevde at sammenhengen er der, da ferdighetene til de lavtpresterende i hovedsak viser til ikke-statistisk signifikante funn. Dette bekreftes i tidligere nevnt teori, hvor Kleven (2002b) skriver at man aldri skal trekke helt sikre konklusjoner.

Begge arbeidsminnevariablene i denne undersøkelsen involverer verbal informasjon og stiller krav til verbale responser. På grunn av dette kunne det ha vært interessant å ha kontrollert for språk, for å sjekke om det er språket som påvirker resultatet. I lys av tidligere nevnt teori, kan barn som strever med verbal prosessering ha vansker med å gjennomføre testene (Pickering & Gathercole, 2004). Dette kan igjen muligens føre til manglende og feilaktige statistisk signifikante korrelasjoner hos det lavtpresterende utvalget. I tillegg kunne det vært kontrollert for intelligens, for å se om det kan ha påvirkning på resultatet. Dette bekreftes av Shadish et al. (2002) som tidligere nevnt, skriver om viktigheten av kontrollvariabler og tredjevariabel for å styrke studiens indre validitet. Samtidig er det å kontrollere innad i utvalget, som er gjort i denne masterstudien, en måte å styrke indre validitet.

Det kan hevdes å være lite sannsynlig at samvariasjonene mellom aritmetikk og arbeidsminne er mye større i Nordland enn på Østlandet. Men som nevnt, har denne masterstudien tatt for seg en gruppe norskspråklige barn som er bosatt på det nasjonale snittet i sosioøkonomisk status. Dermed kan det hevdes at dette er en relativt ensartet gruppe, og det kan videre tenkes at testresultatet derfor ikke vil la seg generalisere til å gjelde andre barn med andre forutsetninger eller vansker. Det kan ifølge Lund (2002) hevdes at dette truer den ytre validiteten til studien, da god ytre validitet kan overføres til å også gjelde for andre personer og/eller situasjoner.

5.4.1 Vurdering av funnene i lys av krav til ytre validitet

Som nevnt i teoridelen i underkapittelet «3.4.4 Ytre validitet», kan det som anses som et lite utvalg variere. I dette tilfellet kan det tenkes at det er mindre utfordrende å finne testdeltakere,

med tanke på antall fjerdeklassinger (nå femteklassinger) det finnes her til lands. Det kan dermed hevdes at et større utvalg hadde gitt mer pålitelige funn, og sterkere sammenhenger mellom lavtpresterende og resterende utvalg. Spesielt med tanke på at det utvalget studien baserer seg på (lavtpresterende), er en betydelig mindre andel av det totale utvalget på $N=238$. Den totale utvalgsstørrelse på 238 anses som tilfredsstillende, og den statistiske styrken på som helhet er dermed relativt god. Men som nevnt, vil de 25 prosent lavest presterende tilsvare en betydelig mindre andel enn den totale utvalgsstørrelsen/utvalget. Dermed kan det tenkes at denne delen av utvalget har en utvalgsstørrelse som truer den ytre validiteten. En av årsakene til at resterende utvalg viser til flere statistisk signifikante korrelasjoner kan hevdes å være fordi de representerer en større andel av det totale utvalget, og dermed er tilfeldige målingsfeil av mindre betydning. Sett i lys av dette, hadde det vært ønskelig med et større utvalg som hadde gitt et større antall lavtpresterende barn. Dette støttes også av Kleven (2002b), som skriver at god reliabilitet viser til at data er fri for tilfeldige målefeil og måler det den skal måle. For denne masterstudien betyr dette at et større utvalg kunne ha ført til tilfeldige målingsfeil av mindre betydning for utfallet. Det er derimot usikkert hvorvidt et større utvalg hadde gitt flere statistisk signifikante korrelasjoner hos de lavtpresterende, sammenlignet med resterende utvalg. Ashkenazi et al. (2013) fant som nevnt, ingen signifikante ulikheter mellom typisk utviklede barn og barn med matematikkvansker i sammenheng med ferdigheter i det verbale arbeidsminnet.

5.5 Denne masterstudiens resultater opp mot tidligere forskning

Andre studier har tatt i bruk ulike tester, tilnærminger, utvalgsstørrelser, nasjonalitet og alder, og er dermed relevante å trekke inn i lys av denne masterstudiens resultater. I denne masterstudien viser resultatene til få statistisk signifikante korrelasjoner mellom aritmetikk og verbalt arbeidsminne hos lavtpresterende gruppe. Det gir mening med tanke på Friso-van den Bos (2013) sin tidligere nevnte metaanalyse. Her trekker forskeren fram at ulik bruk av tester og oppgaver, kan påvirke hvilke og hvorvidt ulike komponenter av arbeidsminnet kan predikere matematiske prestasjoner. Sett i lys av dette, kan det hevdes at hvilke tester som

brukes er avgjørende for hvilke statistisk signifikante korrelasjoner man får. Det kan dermed tenkes at valg av test kan ha påvirket denne masterstudiens korrelasjoner.

Denne masterstudien er gjennomført på ni og ti år gamle barn. Alder på barna kan ha, som nevnt ovenfor, en betydning for hvilke resultater studier får. Når man skal sammenligne denne masterstudien med andre, er det derfor viktig å nevne disse ulikhetene som en mulig forklaring på ulike tendenser. Tidligere nevnte studier som Ashkenazi et al. (2013) og Giofrè et al. (2018), har sett på hovedsakelig yngre eller eldre barn enn denne masterstudien gjør. De viser til andre eller sterkere statistisk signifikante korrelasjoner enn denne masterstudiens lavtpresterende gruppe. Man bør derfor ikke se bort ifra at alder kan ha en påvirkning på ulikheter mellom denne masterstudien og andre. Samtidig viser MacKinnon McKenzie et al. (2003) sine tidligere nevnte funn at det verbale arbeidsminnet er den delkomponenten som brukes mest hos barn over syv år.

5.6 Behovet for videre studier

Formålet med denne masterstudien er å belyse sammenhengen mellom ferdigheter i verbalt arbeidsminne og aritmetiske ferdigheter hos det lavtpresterende utvalget. Resultatene fra analysene i denne masterstudien peker blant annet på behovet for videre studier.

I teoridelen er det nevnt flere andre studier, men disse har fokusert primært på en annen aldersgruppe i tillegg til å ha et større utvalg tilgjengelig. Et større utvalg vil som nevnt ifølge Kleven (2013) kunne føre til færre feilaktige målinger. Peng et al. (2016) sin metaanalyse fant som nevnt tidligere, relasjonen mellom arbeidsminne og matematikk er sterkest hos de barna som har matematikkvansker, sammenlignet med typisk utviklede barn. Dette viser imidlertid ikke denne masterstudien, og det kan være flere tidligere diskuterte årsaker til dette. Derfor vil det være fordelaktig med framtidige studier med et større utvalg.

Sammenhengen mellom det lavtpresterende utvalgs ferdigheter i aritmetikk og verbalt arbeidsminne burde med andre ord undersøkes nærmere ved bruk av forskningsdesign som er egnet til å gjøre det. Kanskje er det behov for å kartlegge elevenes aritmetiske ferdigheter i

større grad, før man ser disse i lys av ferdigheter i det verbale arbeidsminnet. Mangelen på korrelasjon i denne masterstudien kan være et resultat av manglende strategier og informasjon lagret i langtidshukommelsen. På bakgrunn av at det er en statistisk signifikant korrelasjon for resterende utvalg, vil det kunne tenkes at det også hadde vært det for de lavtpresterende dersom testene var bedre tilrettelagt de svakeste. I lys av tidligere nevnt teori hevder Gilmore et al. (2018) at man for eksempel kan ta i bruk et «Choice/no-choice eksperiment» for å sjekke hvilke strategier barna bruker. Swanson (2014) hevder i lys av dette at barn med svakt arbeidsminne kan oppleve at svake kognitive funksjoner, som arbeidsminnet, er overarbeidet av matematisk strategitrening. Sett i lys av dette, kan aritmetiske ferdigheter bedres av å trene arbeidsminnet? Giofrè et al. (2018) har foreslått at trening i arbeidsminnet kan være nyttig for barn med matematikkvansker. Samtidig hevder Melby-Lervåg og Hulme (2013) og Shipstead et al. (2012) at det er funnet lite støtte for at det funker å trene arbeidsminnet. Dette blir bekreftet av von Tetzchner (2012) som tidligere nevnt skriver at arbeidsminnets kapasitet hovedsakelig er biologisk gitt, og at det er strategier og modning som gjør at eldre barn som regel presterer bedre enn yngre barn. Dermed skal man være forsiktig med å hevde at trening i arbeidsminne bidrar til bedring av aritmetiske ferdigheter hos det lavtpresterende utvalget.

En studie som ser på trening innenfor strategier og aritmetiske ferdigheter kan tenkes å være fordelaktig. Men samtidig hevder Geary (1993) at matematiske vansker er vedvarende og utfordrende å bedre over tid. Vanbinst et al. (2014) hevder imidlertid at god symbolsk forståelse av mengde kan være viktig for aritmetisk utvikling senere i skoleløpet.

6 Avslutning

Denne masterstudien har sett på utvikling av aritmetiske ferdigheter og verbalt arbeidsminne. Som nevnt i underkapittel «2.2.1 Forståelse av mengde» og «2.2.2 Utvikling av ikke-symbolsk mengdeforståelse», trenger barna en forståelse for presis og upresis estimering av mengde. Denne forståelsen er grunnleggende for å kunne bruke symbolske tall for å representere mengder på en oversiktlig måte. Forståelsen av symbolske tall er en viktig prediktor for senere matematiske prestasjoner. Telleferdigheter utvikler seg fra barna er små, og de ulike telleprinsippene forstås i ulik alder, men er alle viktige i veien mot aritmetisk forståelse og ferdigheter. De aritmetiske ferdighetene bygger på den ovenfornevnte kunnskapen om symbolsk- og ikke-symbolsk tallforståelse, relasjoner mellom matematiske konsepter, telleferdigheter og kunnskap om tallsymboler. Her kommer arbeidsminnet inn som en viktig bidragsyter.

Arbeidsminnet spiller en viktig rolle i bearbeidingen av matematikkrelaterte oppgaver, spesielt når det gjelder aritmetisk problemløsning. Baddeley og Hitch (2000) sin multikomponentmodell beskriver de ulike komponentene som representerer arbeidsminnet. Det verbale arbeidsminnets hovedoppgave er å holde informasjon og mellomliggende aritmetisk informasjon i minnet. Spesielt blir denne komponenten av arbeidsminnet belastet under aritmetiske oppgaver som krever verbal telling eller gjentakelse av regnestykker. Tidligere nevnte studier (Gathercole & Alloway, 2004) har vist at barn med matematikkvansker har dårligere arbeidsminnekapasitet sammenlignet med barn uten slike vansker, og de hevder videre at barn med lavere arbeidsminnekapasitet generelt også skårer lavt på tester som måler aritmetiske ferdigheter.

I underkapittelet «2.6.2 Verbalt arbeidsminne» vises det til studier som har funnet en sammenheng mellom barn med matematikkvansker og deres vansker innenfor oppgaver som krever gjentakelse eller manipulering/omrokking av rekkefølge. Dermed kan svake arbeidsminneferdigheter, inkludert svakt verbalt arbeidsminne, være assosiert med svake regneferdigheter. Det vil imidlertid nevnes at noen studier (Peng et al., 2012) har funnet at barn med matematikkvansker kan ha vansker med verbal lagring, mens andre studier ikke har

funnet den samme tendensen. Andre studier (Ashkenazi et al., 2013) har sett på hvordan visuospatialt arbeidsminne muligens har en større betydning for aritmetiske ferdigheter enn verbalt arbeidsminne. Det verbale arbeidsminnet antas imidlertid å spille en viktig rolle i læring og kan være en kilde til lærevansker hvis det er svakt. Det kan som nevnt, også være en begrensende faktor i klasseromsaktiviteter (Gathercole og Alloway, 2004).

Resultatene fra analysen i denne masterstudien viser til ulike korrelasjoner sammenlignet med flere av de andre studiene som nevnes i kapittel «2 Teoretisk og empirisk grunnlag». Masterstudiens funn viser at det er få statistisk signifikante korrelasjoner mellom lavtpresterende gruppe og ferdigheter i aritmetikk korrelert med verbalt arbeidsminne. Det har blitt drøftet mulige årsaker til dette, inkludert begrepsvaliditet, ulikheter i bruk av visuospatialt- og verbalt arbeidsminne, strategibruk og informasjon lagret i langtidshukommelsen, samt matematikkvansker. Analyser av funnene viste at ferdigheter i «Hoderegning addisjon» og «Regneflyt addisjon» hadde en statistisk signifikant korrelasjon med «Verbalt arbeidsminne manipulering» hos det lavtpresterende utvalget. Dette kan forklare ved at de lavtpresterende i større grad bruker telling som strategi ved enkle addisjonsoppgaver, noe som belaster det verbale arbeidsminne. Det ble også funnet at «Hoderegning divisjon» hadde en statistisk signifikant korrelasjon med «Verbalt arbeidsminne manipulering» hos det lavtpresterende utvalget, noe som kan hevdes er på grunn av behovet for å repetere regnestykker verbalt for å holde fokus.

Midlertid ble det ikke funnet statistisk signifikante korrelasjoner mellom ferdigheter i multiplikasjon og subtraksjon i sammenheng med verbalt arbeidsminne hos det lavtpresterende utvalget. Dette kan skyldes et overbelastet arbeidsminne, manglende strategier, informasjon lagret i langtidshukommelsen eller et begrenset utvalg. Det ble også observert ulike trender i konfidensintervallene mellom lavtpresterende- og resterende utvalg, noe som kan indikere forskjeller i ferdighetsnivå og strategibruk.

Studiens funn har implikasjoner for forståelsen av sammenhengen mellom verbalt arbeidsminne og aritmetiske ferdigheter, spesielt hos lavtpresterende elever. Videre studier kan tenkes å dra nytte av å utforske årsakene til manglende korrelasjoner og undersøke strategibruk og informasjon lagret i langtidshukommelsen hos ulike elevgrupper. Dette kan

mulig gi indikatorer på hvilke tiltak som kan settes inn for å gi et best mulig fundament for aritmetisk læring og ferdigheter. Som nevnt innledningsvis, er disse ferdighetene en viktig del av barnas daglige aktiviteter og viktige livet ut.

7 Litteraturliste

- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1 (4), pp. 134-139, Art. No.: 475D3083412].
<http://www.academicjournals.org/ERR/>
- Alloway, R. G. & Alloway, T. P. (2012). *Working memory: the connected intelligence* (pp. XIII, 320). Taylor & Francis Group.
- Andersson, U. (2010). Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British journal of educational psychology*. Volume 78, Issue 2. June 2008. Pages 181-203.
<https://doi.org/10.1348/000709907X209854>
- Anmarkrud, Ø. (2020). SPED1300: Et kognitivt perspektiv på læring: Del 1: Sentrale begreper og antagelser [PowerPoint-presentasjon]. *Universitetet i Oslo*.
<https://www.uio.no/studier/emner/uv/isp/SPED1300/v20/forelesningsvideoer/del-1-powerpoint.pdf>
- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A. W. S., Swigart, A. G., & Menon, V. (2013). Visuo-spatial working memory is an important source of domain-general vulnerability in the development of arithmetic cognition. *Neuropsychologia*, 51(11), 2305–2317.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.031>
- Aunio, P. & Räsänen, P. (2016). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years - a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24:5, 684-704, DOI: [10.1080/1350293X.2014.996424](https://doi.org/10.1080/1350293X.2014.996424)
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661300015382?via=ihub>

- Baddeley, A. (2007) Working Memory, Thought, and Action, *Oxford Psychology Series* (Oxford, 2007; online edn, Oxford Academic, 22 Mar. 2012), <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198528012.001.0001>, accessed 8 Mar. 2023.
- Clearman, J., Klinger, V., & Szűcs, D. (2017). Visuospatial and verbal memory in mental arithmetic. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(9), 1837–1855. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1209534>
- Cook, T.D., Campbell, D.T., & Day, A. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings* (Vol. 351): Houghton Mifflin.
- Demir, Ö. E., Prado, J. & James R. Booth (2014) The Differential Role of Verbal and Spatial Working Memory in the Neural Basis of Arithmetic, *Developmental Neuropsychology*, 39:6, 440-458, DOI: [10.1080/87565641.2014.939182](https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939182)
- DeStefano, D. & LeFevre, J. A. (2004) The role of working memory in mental arithmetic, *European Journal of Cognitive Psychology*, 16:3, 353-386, DOI: [10.1080/09541440244000328](https://doi.org/10.1080/09541440244000328)
- de Vaus, D. (2014). *Surveys in Social Research*. Routledge.
- Dong, N. & Maynard, R. (2013). PowerUp!: A Tool for Calculating Minimum Detectable Effect Sizes and Minimum Required Sample Sizes for Experimental and Quasi-Experimental Design Studies, *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 6:1, 24-67, DOI: [10.1080/19345747.2012.673143](https://doi.org/10.1080/19345747.2012.673143)
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29–44. <https://doi-org.ezproxy.uio.no/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Gilmore, C., Gobel, S. M. & Inglis, M. (2018). *An Introduction to Mathematical Cognition*. Routledge.

- Giofrè, D., Donolato, E., & Mammarella, I. C. (2018). The differential role of verbal and visuospatial working memory in mathematics and reading. *Trends in Neuroscience and Education*, 12, 1–6. <https://doi-org.ezproxy.uio.no/10.1016/j.tine.2018.07.001>
- Grue, J. (2015). *Teori i praksis, Analysestrategier i akademisk arbeid*. Fagbokforlaget
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number sense": The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457–1465. <https://doi.org/10.1037/a0012682>
- Hindry, M. (2011). *Arithmetics*. Springer-Verlag.
- Hulme, C. & Snowling, M. (2009). *Developmental disorders of language learning and cognition*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Humphreys, M. S., Smith S., Pachana A. P., Tehan, G. & Byrne G. J. (2009). Measuring episodic memory: A novel approach with an indefinite number of alternative forms. *Applied cognitive psychology*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/acp.1591>
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The Generality of Working Memory Capacity: A Latent-Variable Approach to Verbal and Visuospatial Memory Span and Reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(2), 189–217. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.189>
- Karagiannakis, G., Baccaglini-Frank, A., & Papadatos, Y. (2014). Mathematical learning difficulties subtypes classification. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1), 57–57. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00057>
- Karlsen, P. J. (2005). Hva skal vi med arbeidshukommelse? *Tidsskrift for Norsk psykologforening*. <https://psykologtidsskriftet.no/redaksjonelt/2005/03/hva-skal-vi-med-arbeidshukommelse>
- Kleven, T. A. (2002a). *Begrepsoperasjonalisering*. I T Lund (Red.), *Innføring i forskningsmetodologi* (s. 141-183). Fagbokforlaget.
- Kleven, T.A. (2002b). *Ikke-eksperimentelle design*. I T Lund (Red.), *Innføring i forskningsmetodologi* (s. 265-285). Fagbokforlaget.

- Kleven, T. A. (2013). Effektstørrelse. *Institutt for pedagogikk*.
<https://www.uio.no/studier/emner/uv/iped/PED4010/h13/effektstorrelse%5B1%5D.pdf>
- Lund, T. (2002). *Metodologiske prinsipper og referanserammer*. I T. Lund (red.), *Innføring i forskningsmetodologi* (s. 79-124). Fagbokforlaget.
- MacKinnon McQuarrie, M. A., Siegel, L. S., Perry, N. E., & Weinberg, J. (2014). Reactivity to stress and the cognitive components of math disability in grade 1 children. *Journal of learning disabilities*, 47(4), 349-365. <https://doi-org.ezproxy.uio.no/10.1177/0022219412463436>
- Malone, S. A., Pritchard, V. E., Heron-Delaney M., Burgoyne K., Lervåg A. & Hulme, C. (2019) Data on numerosity discrimination, inhibition and arithmetic during the early school years, *Data in Brief*, Volume 25, 2019, 104062, ISSN 2352-3409, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104062>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental psychology*, 49(2), 270-91. doi: <https://doi.org/10.1037/a0028228>
- Navarro D. J. & Foxcroft D. R. (2022). learning statistics with jamovi: a tutorial for psychology students and other beginners. (*Version 0.75*). DOI: 10.24384/hgc3-7p15 <http://learnstatswithjamovi.com>
- NESH. (2022). *Guidelines for Research Ethics in the Social Sciences and the Humanities*.
<https://www.forskningsetikk.no/en/guidelines/social-sciences-humanities-law-and-theology/guidelines-for-research-ethics-in-the-social-sciences-humanities-law-and-theology/>
- Passolunghi, M. C. & Siegel, L. S. (2001). Short-Term Memory, Working Memory, and Inhibitory Control in Children with Difficulties in Arithmetic Problem Solving, *Journal of Experimental Child Psychology*, Volume 80, Issue1,2001,Pages 44-

- 57,ISSN 0022-0965, <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626>
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 455–473. <https://doi.org/10.1037/edu0000079>
- Pickering, S. J. & Gathercole, S. E. (2004). Distinctive working memory profiles in children with special educational needs, *Educational Psychology*, 24:3, 393-408, DOI: [10.1080/0144341042000211715](https://doi.org/10.1080/0144341042000211715)
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. ISSN 1041-6080, <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>.
- Rasmussen, C & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic, *Journal of Experimental Child Psychology*, Volume 91, Issue 2, 2005, Pages 137-157, ISSN 0022-0965, <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.01.004>.
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective?. *Psychological bulletin*, 138(4), 628. <https://doi.org/10.1037/a0027473>
- Statistics Norway. (2020). *Number of Employments and Earnings*. <https://www.ssb.no/statbank/table/11652/>.
- Universitetet i Oslo (08.03.2022) *NumLit: Development of numeracy and literacy in children*. <https://www.uv.uio.no/iped/english/research/projects/numlit---development-of-numeracy-and-literacy-in-c/index.html>
- Utdanningsdirektoratet (2022). *Matematikkvansker*. *Utdanningsdirektoratet*. <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/spesialpedagogikk/spesialpedagogiske-fagomrader/matematikkvansker/#a179500>
- von Tetzchner, S. (2012). *Utviklingspsykologi* (2.utg). Gyldendal Akademisk.

Wright, R. J., Ellemor-Collins, D., & Tabor, P. D. (2012). *Developing Number Knowledge*.
SAGE Publications.