



U i T

NORGES  
ARKTISKE  
UNIVERSITET

Institutt for lærerutdanning og pedagogikk

# Matematikkferdigheter hos barn med familiær risiko for dysleksi

*En kvantitativ studie om underliggende faktorer til vansker med matematikk og lesing.*

---

**Hege Therese Skogstad**

*Masteroppgave i spesialpedagogikk mai 2018*







## Sammendrag

Skolen møter ofte elever som strever både med lesing og regning. Hva er egentlig årsaken til overlappet mellom lesing og matematikk og vanskene knyttet til begge disse områdene? Sammenlignet med dysleksi er matematikkvansker mindre forsket på og enda mindre forskning fins det på komorbiditet mellom disse vanskene (Hulme & Snowling, 2009). Forskningen som i dag foreligger rundt komorbiditet mellom matematikkvansker og dysleksi viser ikke entydige funn. Fonologisk bevissthet har vært gjenstand for mye oppmerksomhet innen leseforskning og vi vet at fonologisk bevissthet påvirker utviklingen av leseferdigheter (Caravolas, et al., 2012; Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Flere studier som finner en sammenheng mellom fonologiske prosesseringsferdigheter og aritmetiske ferdigheter, viser at fonologisk bevissthet har størst effekt på senere aritmetiske ferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Krajewski & Schneider, 2009). Basert på tidligere forskning kan det se ut til at både lesing og aritmetikk kan være avhengig av fonologiske prosesseringsferdigheter.

Denne studien er skrevet i tilknytning til *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia (TLD)*, ved UiT Norges Arktiske universitet. Formålet med studien er todelt. Første del går ut på å studere komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker. Andre del innebærer å undersøke om fonologiske prosesser er forløper for både leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter. For å undersøke dette er følgende hypoteser formulert:

$H_1$  = Det er flere som har vansker med aritmetikk i familierisikogruppen enn i kontrollgruppen.

og

$H_1$  = Tidlige fonologiske ferdigheter predikerer aritmetiske ferdigheter på 2. trinn når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse.

For å besvare hypotesene anvender undersøkelsen et kvantitativt, ikke-eksperimentelt, longitudinelt design, der data fra TLD benyttes. Studien har oversikt over familierisiko knyttet til dysleksi. Utvalget består av 62 barn som har vært testet i førskole og i 2. trinn.

Resultatene fra de ulike testene er analysert for gruppeforskjeller gjennom en uavhengig t-test. Prevalens er analysert og fremstilt grafisk. Det er også gjort hierarkisk multiple regresjonsanalyser der det er kontrollert for tallforståelse og språkforståelse. Alle analysene er gjort ved hjelp av statistikkprogrammet Statistical Package for Social Sciences (SPSS) (Johannessen, 2009).

Resultatene viser at det ikke er signifikante gruppeforskjeller i verken lesing, addisjon eller subtraksjon. Effektstørrelsen for variasjonen mellom gruppene i addisjon og subtraksjon er liten ( $d=-0.23$  og  $d=-0.10$ ) og i kontrollgruppens favør. Overlappet mellom gruppene er stort. I ordlesing er effekten liten ( $d=0.14$ ) og i risikogruppens favør, mens det i nonordlesing også er liten effekt ( $d=-0.14$ ), men riktignok i favør av kontrollgruppen. Når det kontrolleres for tallforståelse og språkforståelse forklarer ikke fonologisk bevissthet signifikant unik variasjon i aritmetikk. Effektstørrelsen er i tillegg svært liten. Imidlertid forklarer tallforståelse en større variasjon når det gjelder aritmetiske ferdigheter. For addisjon kunne tallforståelse unikt forklare 35 % av variasjonen, mens for subtraksjon forklarte tallforståelse unikt 56 %. Effektstørrelsene er signifikante og vurderes til å være rimelig sterke. Basert på resultat fra denne undersøkelsen kan vi slå fast at fonologisk bevissthet ikke predikerer senere aritmetiske ferdigheter. Tallforståelse er det viktigste for både addisjon og subtraksjon, noe som er i tråd med tidligere forskning (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Vanskene innen lesing og aritmetikk opptrer samtidig hos elever og forekomsten når det gjelder aritmetiske vansker hos elever i risikogruppen ligger på 2-7 %. Dette er i samsvar med estimat fra tidligere forskning på komorbiditet (Ostad, 2010).

## Forord

«Du har virkelig skutt gullfuglen» som studielederen så fint sa det da jeg fikk de veilederne jeg hadde ønsket. Trude Nergård-Nilssen og Monica Melby-Lervåg, dere har bidratt med faglige innspill, støtte og gode råd. Jeg er takknemlig for at jeg har fått ta del i *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia* og for at dere har vekket min interesse for forskning. Deres tilbakemeldinger og faglige tyngde har vært både til stor hjelp og inspirasjon. Tusen takk!

Denne oppgaven har til tider vært altoppslukende, spennende og tidskrevende. Jeg ønsker å takke min arbeidsgiver som la til rette for at jeg klarte å gjennomføre en mastergrad på normert tid. Takk til mine kolleger for faglige diskusjoner og oppmuntring. Gleder meg til det blir min tur til å fortelle hvor deilig det er med fri i helgene og om kveldene.

En spesiell takk til Sonja for korrekturlesing og klapp på skuldra/klask i bakhodet. Til alle dere andre som har heiet på meg; jeg setter stor pris på hvert enkelt heiarop.

Kjære Ronny, David og Lea, takk for at dere har holdt ut med og uten meg. Jeg lover å øke min tilstedeværelse fremover.

Mai 2018,

Hege Therese Skogstad

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>II</b>
<b>Forord</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Formål.....	3
1.2 Oppgavens oppbygning .....	4
<b>2 Teoretisk og empirisk grunnlag</b> .....	<b>5</b>
2.1 Utviklingen av leseferdigheter.....	5
2.1.1 Fonologisk bevissthet.....	7
2.1.2 Bokstavkunnskap .....	8
2.1.3 Hurtig benevning.....	8
2.2 Dysleksi .....	9
2.3 Utviklingen av matematikkferdigheter .....	11
2.3.1 Mengdeforståelse .....	11
2.3.2 Telling .....	12
2.3.3 Aritmetiske ferdigheter .....	12
2.3.4 Eksekutive funksjoner .....	13
2.4 Matematikkvansker .....	13
2.5 Komorbiditet mellom lesing og matematikk .....	15
2.5.1 Kunnskap om komorbiditet.....	16
2.5.2 Relasjonen mellom fonologiske prosesser og aritmetiske ferdigheter.....	18
2.6 Samlet vurdering av teoretiske og empiriske funn .....	23
<b>3 Metode</b> .....	<b>25</b>
3.1 Design.....	25
3.2 Utvalg .....	27
3.3 Datainnsamling.....	28

3.4	Instrumenter.....	29
3.4.1	Fonologisk bevissthet.....	29
3.4.2	Grunnleggende språkferdigheter.....	31
3.4.3	Matematiske ferdigheter.....	31
3.4.4	Leseferdigheter.....	32
3.5	Etiske hensyn.....	33
<b>4</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>35</b>
4.1	Deskriptive analyser av de ulike variablene .....	35
4.1.1	Vurdering av variabelen fonologisk bevissthet.....	37
4.1.2	Vurdering av variabelen aritmetiske ferdigheter.....	37
4.1.3	Vurdering av variablene for leseferdigheter.....	38
4.1.4	Vurdering av kontrollvariablene .....	38
4.2	Analyser av gruppeforskjeller .....	38
4.2.1	Gruppeforskjeller i fonologiske ferdigheter.....	39
4.2.2	Gruppeforskjeller i aritmetiske ferdigheter .....	40
4.2.3	Gruppeforskjeller i leseferdigheter.....	41
4.2.4	Gruppeforskjeller i kontrollvariabler .....	41
4.3	Statistisk styrke.....	41
4.4	Prevalens av barn med dysleksi og matematikkvansker .....	44
4.5	Bivariate korrelasjonsanalyser.....	45
4.6	Hierarkisk multippel regresjonsanalyse.....	47
4.6.1	Aritmetiske ferdigheter .....	48
4.6.2	Leseferdigheter.....	49
<b>5</b>	<b>Drøfting av resultater.....</b>	<b>51</b>
5.1	Oppsummering av analyser og funn.....	51
5.2	Undersøkelsens validitet og reliabilitet .....	52

5.2.1	Statistisk validitet .....	53
5.2.2	Begrepsvaliditet.....	55
5.2.3	Indre validitet .....	56
5.2.4	Ytre validitet.....	58
5.3	Drøfting av empiriske funn.....	58
5.3.1	Sammenhengen mellom matematikkferdigheter og leseferdigheter i et utvalg med familierisiko for dysleksi og i en kontrollgruppe uten risiko .....	58
5.3.2	Predikerer fonologiske ferdigheter senere aritmetiske ferdigheter når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse? .....	62
5.4	Avslutning .....	64
5.4.1	Pedagogiske konsekvenser.....	65
5.4.2	Behov for videre studier.....	67
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>68</b>



## Liste over tabeller

Tabell 1 Oversikt over fordeling av deltakere i masterprosjektet .....	28
Tabell 2 De ulike variablene i de to deltestingene i masterprosjektet.....	29
Tabell 3 Frekvenstabell over de ulike testene, kontrollgruppe .....	36
Tabell 4 Frekvenstabell over de ulike testene, risikogruppe .....	36
Tabell 5 Gruppeforskjeller i de fonologiske bevissthetsvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens d.....	39
Tabell 6 Gruppeforskjeller i utfallsvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens d.....	39
Tabell 7 Gruppeforskjeller i kontrollvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens d .....	39
Tabell 8 Korrelasjonen mellom målte variabler.....	46
Tabell 9 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer addisjon ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet .....	48
Tabell 10 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer subtraksjon ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet .....	49
Tabell 11 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer ordavkodingsferdigheter ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet. ....	49
Tabell 12 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer nonordlesing ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet. ....	50

## Liste over figurer

Figur 1 Nødvendig antall i utvalget for at $d=0.25$ skal være signifikant i 80 % av tilfellene ..	42
Figur 2 Antall prosent av tilfellene det er signifikante forskjeller i utvalget vårt.....	43
Figur 3 Prevalens i gruppene ved cut-off på 16.prosentil .....	44
Figur 4 Prevalens i gruppene ved cut-off på 10.prosentil .....	45



# 1 Innledning

For å kunne identifisere elever som står i fare for å utvikle vansker med lesing og regning tidligst mulig, er kunnskap om hva som predikerer vanskene avgjørende. Hvordan eleven mestrer vansken vil avhenge av hvor raskt vi diagnostiserer og setter i gang tiltak.

Stortingsmelding 18 om tidlig innsats og gode læringsmiljøer for barn, unge og voksne med særskilte behov legger føringer for at vi skal være tidlig ute (Det kongelige kunnskapsdepartement, 2010- 2011). For å følge opp Stortingsmeldingen er riktig kunnskap om hvordan vansker utvikler seg nødvendig.

Når elever skal knekke lesekoden og lære seg grunnleggende aritmetiske ferdigheter i første klasse, er det noen som strever med dette. Dersom vanskene er alvorlige nok blir disse elevene ofte diagnostisert med dysleksi og/eller matematikkvansker. Disse vanskene opptrer ofte samtidig (Landerl & Moll, 2010). Det er også moderat til høy korrelasjon mellom matematikk- og leseferdigheter i kohorter uten spesielle vansker (Krajewski & Schneider, 2009). Sammenhengen mellom matematikk og lesing gjelder ikke bare atferd. Det er også funnet en sammenheng på det nevrologiske nivået mellom fonologisk prosessering og aritmetisk gjenkalling. Blant annet viser fMRI aktivitet i de samme hjerneområdene når begge ferdighetene utøves (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003). Forskning der en har fulgt barn over tid har gitt oss indikasjoner på hva som tidlig predikerer dysleksi, men i matematikk er det færre entydige funn. Enda mindre vet vi om de underliggende faktorene for komorbiditet mellom vanskene. Forskning på spesifikk informasjon om sameksistensen mellom matematikkvansker og dysleksi er altså noe mangelfull (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015; Landerl & Moll, 2010).

Dysleksi og matematikkvansker er utviklingsforstyrrelser som kan ha negative konsekvenser både for utdanning, arbeid og psykisk helse (Bishop & Snowling, 2004). Kunnskap om vanskene, tidlig avdekking og iverksetting av tiltak vil være avgjørende for å forebygge negative konsekvenser av vanskene. Forskning viser at barn med risiko for dysleksi kan oppdages tidlig og effektive tiltak kan iverksettes raskt (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Dessverre henger praksisfeltet etter forskning på dette området, dysleksiutredninger gjøres for sent og dermed blir ikke barna ivaretatt tidlig nok (Catts, 2017). Det er lite som tilsier at dette er noe annerledes i matematikk. Min erfaring fra skolen, både som tidligere lærer og som spesialpedagog i PP-tjenesten, er at kompetansen på matematikkvansker er mer begrenset enn

hva den er på dysleksi (Øverby, 2008). Dette bidrar til at vansken ikke avdekkes tidlig nok og tiltak settes inn for sent. I tillegg er det, grunnet manglende forståelse for vanskebildet, større sjanse for å sette inn tiltak som blir for generelle. Praksisfeltet har med andre ord ikke god nok kunnskap om matematikkvansker. Dette vil nå matematikksenteret i samarbeid med Statped gjøre noe med i form av kompetanseheving for kommuner, lærere og PP-tjenesten (Matematikksenteret, 2017). Samtidig utvikles det nå ved Universitetet i Oslo et kartleggingsverktøy som kan brukes av lærere for screening av tidlige matematikkferdigheter hos norske elever (Aunio, Mononen, & Lopez- Pedersen, 2016; Melby-Lervåg, 2018). Dersom det viser seg at testen er valid og reliabel vil den være et kjærkomment hjelpemiddel i norske skoler.

I denne oppgaven skal jeg se på aritmetiske ferdigheter hos typiske barn og barn med familiær risiko for dysleksi. Jeg skal se om vanskene opptrer samtidig, om det er en sammenheng mellom gruppene og om en eventuell sammenheng skyldes felles faktorer.

Tidligere familiestudier som tar for seg sameksistensen mellom matematikkvansker og dysleksi har funnet at vanskene er påvirket av de samme genetiske risikofaktorene (Knopik, Alarcon, & DeFries, 1997; Kovas, et al., 2007). Vansker med fonologi er en av primærvanskene ved dysleksi (Hulme & Snowling, 2009). Det finnes også forskning som viser at matematikkvansker skyldes en fonologisk svikt fordi fonologisk bevissthet har sterk innvirkning på senere matematikkferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001). Annen forskning viser i midlertid at tidlige språkvansker kan forklare komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Forskning her viser altså ikke entydige resultater, og denne undersøkelsen vil være et bidrag for å forsøke nøste opp og danne mulige hypoteser om mulige årsaker til komorbiditet mellom matematikk og leseferdigheter.

Kunnskap om komorbiditet kan ha teoretisk og praktisk betydning. Det kan gi oss en bedre forståelse av typisk og atypisk utviklingsforløp innen lesing og matematikk, det kan gi oss grundigere diagnosekriterier og aller viktigst; eleven kan få riktige tiltak. Dersom teorien om at fonologiske vansker også påvirker matematikkferdigheter stemmer, kan intervensjoner rettet mot fonologiske ferdigheter ha effekt på begge domener. Det er viktig å teste ut slike teorier om årsak-virkning fordi kunnskap om kausalitet vil gjøre oss i stand til, rent teoretisk,

å begrunne hvilke tiltak som vil fungere og hvilke som ikke vil fungere. I eksperimentelle studier kan man teste årsak-virkning direkte fordi man trener den antatte årsaken og observerer virkning på effektmålet. I observasjonelle studier (som denne) må vi kontrollere for innvirkning av andre årsaker statistisk. Dersom det er sannsynlig at det er en årsakssammenheng mellom fonologiske ferdigheter og aritmetikk bør denne sammenhengen være tilstede også når vi har kontrollert for andre tredjevariabler, som i denne studien vil være tallforståelse og generelle språkferdigheter (Lund, 2002). Siden studien er longitudinell har vi kontroll over retningsforholdet mellom fonologiske ferdigheter i førskole og senere lese- og matematikkferdigheter og dermed er det mulig å komme noe nærmere kausalitet. Selv om observasjonelle studier som denne aldri kan trekke entydige konklusjoner om kausalitet, er de imidlertid velegnet til å si noe om det er sannsynlig at det eksisterer en kausal sammenheng.

## 1.1 Formål

Formålet med denne undersøkelsen er å studere komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker samt se om fonologiske prosesser er forløper for både leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter. Jeg skal undersøke om det er en sammenheng mellom fonologiske ferdigheter i førskolealder og ordavkodning og aritmetiske ferdigheter i 2. klasse hos barn med familiær risiko for dysleksi og sammenligne med en kontrollgruppe. Målet er å se om risikobarn har større vansker med aritmetiske ferdigheter og om en eventuell sammenheng skyldes vansker på det fonologiske området.

Basert på data fra *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia (TLD)* vil jeg undersøke om det, i likhet med tidligere funn fra forskning, er en sammenheng mellom underliggende risikofaktorer for å utvikle både matematikkvansker og dysleksi, og om denne sammenhengen er knyttet til fonologisk bevissthet. Siden undersøkelsen følger barn over tid er det mulig å komme noe nærmere kausalitet og si noe om retningsforholdet mellom fonologiske ferdigheter og senere lese- og matematikkferdigheter.

For å undersøke sammenhengen mellom matematikkferdigheter og leseferdigheter i et utvalg med familierisiko for dysleksi og i en kontrollgruppe uten risiko er følgende nullhypoteser og alternative hypoteser formulert:

$H_0$  = Det er like mange som har vansker med aritmetikk både i familierisikogruppen og i kontrollgruppen.

$H_1$  = Det er flere som har vansker med aritmetikk i familierisikogruppen enn i kontrollgruppen.

For å undersøke om fonologiske ferdigheter i førskolealder ligger til grunn for aritmetiske ferdigheter på 2.trinn er følgende nullhypoteser og alternative hypoteser formulert:

$H_0$  = Tidlige fonologiske ferdigheter predikerer ikke aritmetiske ferdigheter på 2. trinn når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse.

$H_1$  = Tidlige fonologiske ferdigheter predikerer aritmetiske ferdigheter på 2. trinn når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse.

## **1.2 Oppgavens oppbygning**

I kapittel 1 har det blitt gjort rede for bakgrunn, formål og problemstilling for studien. Videre har jeg i dette innledende kapittelet sett på hvordan oppgaven er satt opp. Begreper og fagtermer vil bli forklart underveis gjennom oppgaven.

I kapittel 2 presenteres forskningsprosjektets teoretiske referanseramme. Det redegjøres for lese- og matematikkutvikling og for dysleksi og matematikkvansker, og deretter hva komorbiditet innebærer og hvorfor det er nyttig å ha kunnskap om sameksisterende vansker. Sammenhengen mellom fonologiske prosesseringsferdigheter og aritmetiske ferdigheter sees på avslutningsvis i kapittelet.

Kapittel 3 redegjør for metodisk tilnærming, utvalg, datainnsamling og instrumenter. Avslutningsvis foretas etiske refleksjoner rundt forskningsprosjektet.

Kapittel 4 beskriver og analyseres resultater fra datasettet. Det blir gjort en deskriptiv analyse av de ulike variablene fordelt på gruppe. Videre vil jeg se om det er forskjell i gruppene når det gjelder aritmetiske ferdigheter, leseferdigheter og fonologiske ferdigheter. Prevalensen av elever med dysleksi og matematikkvansker vil bli studert før det avslutningsvis gjøres en regresjonsanalyse for å undersøke prediksjon.

I kapittel 5 blir reliabiliteten og validiteten til undersøkelsen vurdert. Deretter blir funnene fra analysen drøftet i lys av gjennomgått teori for å besvare hypotesene.



## 2 Teoretisk og empirisk grunnlag

Problemstillingene i undersøkelsen fokuserer på 1) graden av komorbiditet mellom lesevansker og matematikkvansker, samt hvorvidt 2) fonologiske ferdigheter påvirker aritmetiske ferdigheter på 2.trinn. Basert på problemformuleringen vil jeg her ta for meg utviklingen i lesing og matematikk og se på hva som predikerer disse to ferdighetene. Videre vil jeg beskrive hva dysleksi, matematikkvansker og komorbiditet innebærer, samt redegjøre for forskning som har undersøkt overlappet mellom matematikk og dysleksi. Til slutt drøftes empiriske funn om forholdet mellom fonologisk ferdigheter og aritmetiske ferdigheter.

### 2.1 Utviklingen av leseferdigheter

Når vi skal studere dysleksi må vi kjenne til hva lesing innebærer og hvilke delprosesser og ferdigheter som ligger til grunn. Nøyaktig og automatisert ordavkoding er en nødvendig forutsetning for lesing. Å avkode er den tekniske delen av ordlesing. Dersom avkodingen er svak, går det på bekostning av forståelsen (Gough & Tunmer, 1986). Siden den primære vansken til dysleksi omhandler ordavkoding, blir ikke momenter knyttet til leseforståelse omtalt her.

Det finnes ulike modeller for ordavkoding. Her vil jeg fokusere på Seidenberg og McClellands (1989) konneksjonistiske modell. Denne står i kontrast til tidligere stadiemodeller, som tidligere har vært brukt for å forklare hvordan leseutviklingen utarter seg. Den skiller seg også fra dual route-modellen som innebærer et hierarkisk system av delferdigheter i lesing med den direkte og indirekte vei til lesing (Hulme & Snowling, 2009; Høien & Lundberg, 2012). Seidenberg og McClellands modell er i dag kanskje den mest brukte modellen for avkoding og den som har best empirisk støtte, blant annet fordi den også tar høyde for at semantikk og språkforståelse påvirker ordgjenkjenning (Byrne, 2005). Modellen viser hvordan fonologiske, ortografiske og semantiske enheter virker interaktivt sammen i ordavkodingsprosessen, som et tenkt nettverk. I dette nettverket kan en tenke seg at ord aktiverer assosiasjoner mellom enhetene ved koding av bokstaver og fonemer. Elever med gode fonologiske representasjoner utvikler som oftest et rikt nettverk av koblinger mellom fonologi og ortografi. Elever med svake fonologiske representasjoner skaper «grovere» koblinger mellom hele ord og deres uttale. Koblinger mellom sekvenser av grafemer og

fonemer faller bort, noe som fører til problemer når nye og ukjente ord skal avkodes (Seidenberg & McClelland, 1989).

Å ha god leseflyt innebærer, som nevnt, at ord avkodes raskt og korrekt. For å kunne lese den norske ortografien med god flyt krever det altså å kunne gjenkalle fonem-grafem-forbindelsene raskt og effektivt. I transparente (lydrette) språk er det stor overensstemmelse mellom fonem og grafem. Norsk har en semi-transparent ortografi, der denne overensstemmelsen er ganske stor, men ikke perfekt. I norsk ortografi er de fleste fonem representert med et grafem, men vi finner også noen uregelrette stavemåter som er vanskelige, spesielt for dyslektikere. For eksempel grafemet /gj/ for fonemet /j/ i «gjeng» (Goulandris, 2003). Norsk inneholder i tillegg ord der ordets betydning skilles av lengden på vokalen («mine» vs «minne» og «bake» vs «bakke»). Lengden på vokallyden styres av påfølgende konsonant. Lang vokallyd signaliseres med enkel konsonant og kort vokallyd signaliseres med dobbel konsonant. Dyslektikere strever med å skille slike ord (Nergård-Nilssen, 2006). Videre er det slik i det norske språket at flere konsonanter opptrer som «stumme lyder», altså at de er skrevet, men ikke uttalt. For eksempel som i ordene «hva» (/va/) og «hjem» (/jem/). Også disse ordene fordrer gode avkodingsferdigheter for å lese med flyt (Nergård-Nilssen & Eklund, 2017).

Studier som har fulgt barn over tid har gitt oss informasjon om hvilke ferdigheter som predikerer dysleksi og som dermed er de beste markørene for vansker med ordavkodning. Det er tre ferdigheter som en rekke studier viser er sentrale; bokstavkunnskap, fonologisk bevissthet og hurtig benevning (Puolakanaho, et al., 2007; Torppa, Lyytinen, Erskine, Eklund, & Lyytinen, 2010; Furnes & Samuelsson, 2010). Forskning viser at disse tre ferdighetene er viktige for leseutviklingen uavhengig av språkets ortografi (Caravolas, et al., 2012; Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Metaanalyser viste at bokstavkunnskap, fonologisk bevissthet og benevneshastighet er tydelige markører for leseferdighet for barn som utvikler dysleksi. Disse er også prediktorer for avkodning hos barn som utvikler seg til å bli normal-lesere (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Barn som lett lærer bokstavene, som oppfatter og mestrer manipulering av lydsekvenser og som i tillegg er rask til å benevne utvikler som oftest gode avkodningsferdigheter (Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016). I det følgende vil jeg derfor ta for meg bokstavkunnskap, benevneshastighet og fonologisk bevissthet siden de er viktige for ordavkodningen og dermed for en elevs leseutvikling.

### 2.1.1 Fonologisk bevissthet

Det er enighet blant forskere om at svak fonologisk bevissthet kan gi problemer med å lære å avkode. Intervensjonsstudier har vist at fonologisk bevissthet spiller en kausal rolle i barns utvikling av leseferdigheter. I slike studier gjennomføres fonologisk bevissthetstrening i ulike former, for eksempel ved å øve på å identifisere lyder i ord, gjerne i kombinasjon med trening i bokstavkunnskap og avkodning (Catts & Kamhi, 2005; Hagen, Melby-Lervåg, & Lervåg, 2012). For at intervensjonsstudier skal gi pålitelig informasjon om at tiltak vil fungere bør de fylle visse kriterier (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Disse kriterier innebærer at tiltaket som utføres gjennomføres i en gruppe og sammenlignes med en kontrollgruppe. Deltakerne i gruppene randomiseres, altså fordeles tilfeldig i en tiltak- og sammenligningsgruppe. Det gjennomføres en pretest, slik at det er mulig å kontrollere for uheldig randomisering som har gitt forskjeller mellom gruppene før tiltaket starter. I etterkant av intervensjonene gjennomføres en ettertest. Studier med slike design kalles randomisert kontrollert studie og anses for å være gode da det er få trusler mot indre validitet (Hagen, Melby-Lervåg, & Lervåg, 2012).

En metaanalyse av Ehri og kolleger (2001) som inkluderte 52 intervensjonsstudier viste stor effekt på fonologisk bevissthet ( $d = 0.86$ ). Det samme gjaldt for barnas avkodningsferdigheter som også økte ( $d = 0.53$ ). Intervensjonsstudier har altså vist at tiltak knyttet til fonologisk bevissthet har effekt på ordavkodning. Dette er i samsvar med nyere forskning som viser at fonologisk bevissthet predikerer ordavkodning i lydrette språk, som norsk (Caravolas, et al., 2012). I lydrette språk er fonologisk bevissthet viktig for ordavkodningen kun i en begrenset tidsperiode, spesielt i det tidsrommet barnet knekker lesekode (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009).

Fonologisk bevissthet omfatter både fonembevissthet og bevissthet rundt større enheter som rim og stavelser. Fonologisk bevissthet er en eksplisitt fonologisk ferdighet og inngår som én av flere fonologiske prosesseringsferdigheter (Hulme & Snowling, 2009). Fonologisk bevissthet representerer evnen til å manipulere, være oppmerksom på eller reflektere over språklydene i språket (Catts & Kamhi, 2005). Barnet har en bevissthet om grunnleggende deler av talespråket, både fonemer og større enheter som stavelser og rim. Det innebærer å forstå at ord består av lyder og stavelser som kan uttrykkes med bokstaver, at en kan lytte ut lyder i ord samt manipulere lydene for å lage nye ord (Catts & Kamhi, 2005). Riktignok viser

forskning at fonembevissthet er en viktigere faktor for leseferdigheten enn større enheter som stavelser og rim (Melby-Lervåg, Lyster, & Hulme, 2012). Det er imidlertid undersøkelser som viser at fonologisk bevissthet utvikles gradvis i løpet av førskolealder, først for store enheter som rim og stavelse og deretter til slutt for fonem. En elev må mestre å analysere lydstrukturen i et ord før han kan lære hvilket grafem som representerer gitt fonem (Nergård-Nilssen, 2010).

Individuelle forskjeller i fonologisk bevissthet predikerer variasjonen i lesing i skolealder (Krajewski & Schneider, 2009). Fonologisk bevissthet danner grunnlaget for en elevs mestring av det alfabetiske prinsippet og er dermed viktig i leseutviklingen (Lyster, 2012).

### **2.1.2 Bokstavkunnskap**

Som nevnt er det sterk støtte for at bokstavkunnskap er viktig i tilegnelsen av leseferdigheter (Caravolas, et al., 2012). For å lære å lese, må barnet lære det alfabetiske prinsipp om hvordan de skrevne bokstavsymbolene er relatert til lydene i det muntlige språket. Bokstavkunnskap innebærer å kunne assosiere enkeltbokstaver (grafem) med deres respektive språklyd (fonem). Sikker bokstavkunnskap forutsetter at barnet har kunnskap om språkets fonemer. Det å automatisere grafem-fonem-assosiasjonen er trolig den største utfordringen med bokstavinnlæring. Hurtig og korrekt bokstavkunnskap er viktig for å kunne tilegne seg en god avkodingsstrategi (Nergård-Nilssen, 2006). Å forstå det alfabetiske prinsippet gjør at barnet har et redskap som gjør det egnet til å avkode nye og ukjente ord.

Korrelasjonen mellom fonologisk bevissthet og bokstavkunnskap er stor, noe som kan indikere at disse to ferdighetene er gjensidig relatert til hverandre (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009). Likevel, de fleste studier ser ut til å vise at de to er to distinkte ferdigheter.

### **2.1.3 Hurtig benevning**

Hurtig benevning er en implisitt fonologisk prosesseringsferdighet som innebærer å hente informasjon fra fonologisk minne. Ferdigheten krever ikke bevisst refleksjon, slik som eksplisitt fonologisk prosessering, men skjer automatisk. Ved å måle hurtig benevning kan man sjekke hvor raskt barnet mestrer å gjenkalle fonologiske representasjoner fra langtidsmindet (Hulme & Snowling, 2009). Benevningshastighet er god markør for tidlige leseferdigheter og oppgaver målt i førskolealder gir en god pekepinn på videre leseutvikling (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009). Studier viser at hurtig benevning predikerer

avkodningsferdigheter også når det er kontrollert for fonologisk bevissthet og at hurtig benevning er en stabil faktor i den videre utviklingen av avkodningsferdigheter (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009). I lydrette språk predikerer benevningshastighet også avkodningsferdigheter over tid, etter barnet har knekket lesekode (Snowling & Melby-Lervåg, 2016).

## **2.2 Dysleksi**

Dysleksi innebærer vedvarende vansker med å lære å lese og skrive. Det er spesielt den delen av leseprosessen som omhandler nøyaktig og/eller flytende ordavkodning og leseflyt som rammes. I dag er det enighet om at dyslektikere har vansker med de fonologiske prosessene som behøves for å avkode ord (Snowling & Hulme, 2012). For barn med dysleksi er det vanskelig å lære og huske hvilke lyder som hører til de enkelte bokstavene eller bokstavkombinasjoner. Dette fører til at de strever med å lese ord raskt og nøyaktig, og dermed går vansker med ordavkodningen ut over leseflyten. Dårlig leseflyt og svak avkodning kan igjen gå på bekostning av leseforståelsen (Nergård-Nilssen, 2010). Skrivevansker kan vise seg ved at ord skrives lydrett eller at bokstaver og stavelser utelates. Dette kan føre til vansker med å uttrykke seg skriftlig og produsere tekst på egenhånd. Som oftest er det stavelsesfeilene som får mest oppmerksomhet fordi de er mer iøynefallende enn produksjonsvanskene (Rygvdal, 2008). Forekomsten av dysleksi er oppgitt til å være mellom 3-6 % og er en rimelig velkjent vanske. Flere gutter enn jenter har dysleksi (Hulme & Snowling, 2009).

Kriteriene for å diagnostisere elever med dysleksi innebærer at skårene på standardiserte tester er lavere enn man forventer ut i fra barnets kronologiske alder, evnenivå og undervisning. Den praktiske utfordringen med å sette en dysleksidiagnose er at det ikke er en fastsatt «cut-off»-grense som skiller dysleksi fra lesevansker (Melby-Lervåg, 2010). I en metaanalyse der forekomsten av dysleksi i risikofamilier ble studert, fant Snowling og Melby-Lervåg (2016) at faktoren som skilte studiene var «cut-off»-grensen. De studier som benyttet strengere kriterier for klassifiseringen av diagnosen, hadde naturlig nok lavere andel med dysleksi.

Som nevnt er det enighet blant forskere at barn med dysleksi har en vanske med fonologiske prosesseringsferdigheter. Snowling og Melby-Lervågs (2016) metaanalyse viser at

fonologiske vansker finnes hos barn og voksne med familiær risiko for dysleksi. Den fonologiske vansken innebærer en svekket evne til å danne seg representasjoner i hjernen for lydene i språket, altså fonemene. De fonologiske vanskene kan variere i omfang, og vil derfor spille en rolle for graden av lesevanskene (Hulme & Snowling, 2009). Fonologiske prosesseringsvansker er en sentral årsak til dysleksi, men også andre kognitive ferdigheter spiller en rolle for graden av lesevanskene (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Det er derfor viktig å poengtere at utviklingen av leseferdigheter er en kompleks prosess der mange faktorer spiller inn på flere nivå. Det er mest sannsynlig et samspill mellom ulike årsaker, fremfor en enkeltstående årsak til dysleksi (Hulme & Snowling, 2009).

Det er forsket mye på dysleksi, noe som har ført til mange teorier og medfølgende definisjoner. I Norge står Høien og Lundberg sin definisjon sterkt. Den bygger på Orton Dyslexia Society Research Committee sin definisjon fra 1994. I 2003 kom det en nyere versjon fra The International Dyslexia Association. Den er basert på nyere forskning og definerer dysleksi som en spesifikk lærevanske med nevrobiologisk opprinnelse (Nergård-Nilssen, 2010). I den amerikanske diagnosemanualen, DSM-V, beskrives vansken som upresis eller langsom avkoding, vansker med å forstå innholdet i teksten, vansker med ortografien og vansker med å uttrykke seg skriftlig. Vanskene opptrer selv om barnet har fått adekvat opplæring og har et normalt evnenivå (APA, 2013). I ICD-10, som er diagnosemanualen Norge benytter, beskrives dysleksi som forstyrrelser i leseferdigheter som ikke kan forklares ut i fra mental alder, synsvansker eller utilstrekkelig undervisning. Ordgjenkjenning, staving, leseforståelse, evne til å lese høyt og gjennomføre oppgaver vil påvirkes. Vanskene vil ofte vedvare i voksen alder, dette gjelder spesielt vansker med staving, leseflyt og avkoding (WHO, 2000). I tillegg viser voksne med dysleksi restvansker på kompliserte fonembevissthetsoppgaver, hurtig benevning og verbalt minne (Nergård-Nilssen & Hulme, 2014).

I dag baseres ikke en dysleksidiagnose lenger på et sprik mellom IQ og avkodingsferdigheter (Snowling & Hulme, 2015). Dette på bakgrunn av en rekke studier som viser at avkodingsvansker opptrer uavhengig av intelligensnivå (Siegel, 1992; Stuebing, et al., 2002). I 2009 blir det for første gang uttalt i en definisjon at dysleksi kan forekomme på alle intelligensnivå. Definisjonen ble utarbeid av en britisk ekspertgruppe på dysleksi, deriblant Rose og Snowling. Ekspertgruppen viser til forskning som har funnet støtte for at elever med



lese- og skrivevansker presterer svakere på ordavkodning, ordgjenkjenning og fonologiske ferdigheter uavhengig av evnenivå (Rose, 2009). Hvorvidt diskrepanskriteriet er utelatt fra ICD-11, som skal publiseres inneværende år, blir spennende å følge med på.

Forskning viser at dysleksi går igjen i familier og at disposisjonen arves (Hulme & Snowling, 2009). Konklusjonen er basert på tvilling- og familiestudier der barn med risiko for dysleksi er sammenlignet med barn uten risiko. Funnene viser at dysleksi har en arvelig komponent (Snowling, Gallagher, & Frith, 2003). I familiestudier fant de at barn som utvikler dysleksi, allerede ved 3,5-års alder, har dårligere bokstavkunnskap, fonologisk bevissthet og tregere benevning sammenlignet med barn fra familier uten risiko (Snowling, Gallagher, & Frith, 2003). Ny forskning viser at barn med fonologiske bevissthetsvansker i barnehagen har fem ganger større sjans for å få dysleksi sammenlignet med barn som har god fonologisk bevissthet. Risikoen økte betraktelig dersom barnet i tillegg hadde vansker med hurtig benevning og dårlige språkferdigheter (Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016).

## **2.3 Utviklingen av matematikkferdigheter**

Matematikkferdigheter er mer mangfoldig, og mindre forsket på, enn leseferdigheter (Hulme & Snowling, 2009). Det finnes flere måter å klassifisere samt definere matematikkferdigheter. Her vil jeg i korte trekk ta for meg det som i en rekke studier har vist seg å være sentrale prediktorer for aritmetikk; preverbal mengdeforståelse, telleferdigheter og aritmetiske ferdigheter (Hulme & Snowling, 2009). Eksekutive funksjoner kan se ut til å påvirke matematikkferdigheter og vil derfor bli nevnt i korte trekk (Snowling & Hulme, 2015). I følge flere studier påvirker også fonologiske prosesseringsferdigheter den aritmetiske utviklingen (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Pollack & Ashby, 2017). Forholdet mellom aritmetikk og fonologiske prosesseringsferdigheter vil derfor bli nærmere omtalt i kapittel 2.5 om komorbiditet.

### **2.3.1 Mengdeforståelse**

Preverbal mengdeforståelse, eller Approximate number sense (ANS) består av en medfødt evne til å oppfatte nonverbale representasjoner av antall, som gradvis utvikles fra spedbarnsalder gjennom voksenlivet (Wynn, 1992; Dehaene, 1997). Evnen oppstår tidlig og ser ut til å være arvelig. Teorien om ANS er basert på forskning som viser at mennesker og enkelte dyr, for eksempel sjimpanser, er født med en grunnleggende evne til å oppfatte

mengde (Woodruff & Premack, 1981). Spedbarn mestrer å skille mellom små mengder dersom mengdene ikke er for like (Wynn, 1992). Den preverbale mengdeforståelsen videreutvikles gjennom tilegnelse av telleferdigheter og tallforståelse og har dermed betydning for utviklingen av matematiske ferdigheter (Geary, 2000; Hulme & Snowling, 2009; Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011).

### **2.3.2 Telling**

Gode telleferdigheter er en forutsetning for å utvikle tallforståelse og regneferdigheter (Snowling & Hulme, 2015). Kunnskap om tall og om telling innebærer å forstå sammenhengen mellom tallsymbolene («12»), den språklige representasjonen av tallene («tolv») samt verdien som tallordet representerer («tolv elementer») (Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Passolunghi & Siegel, 2004; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Rousselle & Noel, 2007; Reeve & Gray, 2015). For å mestre telling krever det at barnet behersker én til én korrespondanse, ordinalferdigheter og kardinalferdigheter. Én til én korrespondanse vil si at barnet forstår at objektet som telles markeres en gang, altså at kun ett tallord tildeles ett objekt (Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Hulme & Snowling, 2009). Ordinalferdigheter innebærer forståelsen av at 3 kommer før 4. Kardinalferdigheter er forståelsen av at det siste tallet som telles representerer antall objekter som er telt (Geary, 2000). Studier viser at ferdigheter med telling gradvis økes med alderen. Etter hvert vil barnet forstå at tallsystemet vårt innehar et fast system, fremfor en lang rekke vilkårlige tall og lyder som barnet gjerne har oppfattet det som tidligere. Når barnet er ved 5-årsalder er det i stand til å si tallord korrekt ved å starte med én og ved skolestart kan barnet gjenkjenne tallet 6 og telle videre derifra (Aunio & Räsänen, 2015). Å kunne telle gir grunnlag for videre aritmetiske ferdigheter og er dermed viktig for senere matematikkferdigheter (Geary, 2004; Aunio & Räsänen, 2015).

### **2.3.3 Aritmetiske ferdigheter**

Regning (addisjon, subtraksjon, multiplikasjon og divisjon) der det benyttes tallsymbol for gitte mengder kalles aritmetiske ferdigheter. I tidlig skolealder innebærer aritmetiske ferdigheter å kunne løse addisjon og subtraksjonsoppgaver med tallsymboler, både verbalt og skriftlig (Aunio & Räsänen, 2015). I starten når enkle aritmetiske oppgaver skal løses benyttes gjerne telling, med eller uten fingrene (Geary, 2011). Etter hvert lagres grunnleggende aritmetiske svar i langtidsminnet, slik at oppgaveløsningen går automatisk og

effektivt (Geary, Hoard, & Hamson, 1999). Enkle oppgaver løses ofte ved å gjenkalle svar direkte fra langtidsmindet, mens mer komplekse oppgaver krever en mer avansert teknikk og innebærer regning med flere operasjoner. Oppgavene som kan hentes fra langtidsmindet relateres til verbale strategier der eleven lagrer svaret som verbale koder. Dermed kan det se ut til at aritmetiske ferdigheter er relatert til kognitive og nevrologiske prosesser som involverer språket, inkludert fonologiske prosesser (Pollack & Ashby, 2017).

### **2.3.4 Eksekutive funksjoner**

Når matematikkferdigheter utøves er eksekutive funksjoner, som arbeidsminnet, sentralt (Snowling & Hulme, 2015). Eksekutive funksjoner kan sees på som et «paraplybegrep» som rommer flere egenskaper, deriblant evnen til å utvise fleksibilitet og tilpasse seg nye situasjoner. Innlæring av matematikk er en slik situasjon og derfor antas det at eksekutive funksjoner spiller en sentral rolle her (Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Arbeidsminnet er en kombinasjon av både lagring og behandling av informasjon og systemet gjør at vi har en unik evne til kompleks tenkning. Når matematikkferdigheter utøves holdes og bearbeides språklig informasjon i det fonologiske minnet (som er en del av arbeidsminnet). Dette vil muligens ha noe å si for oppgaver som presenteres verbalt (Hulme & Snowling, 2009).

Resultat fra flere studier viser en sterk og vedvarende sammenheng mellom eksekutive fungering og matematikkprestasjon (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Lee, Bull, & Ho, 2013). Moll og kolleger (2015) fant at variasjon i språk og eksekutive ferdigheter i førskolealder påvirker utviklingen av matematiske ferdigheter som telling og kjennskap til tall.

Til tross for at sammenhengen mellom matematikkferdigheter og eksekutive funksjoner har vært tema for mye forskning, er det fremdeles uklart hvordan denne sammenhengen utvikler seg over tid. Dette fordi det mangler gode longitudinelle studier på området (Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012).

## **2.4 Matematikkvansker**

Mens det for dysleksi er utformet forskningsbaserte konsensusdefinisjoner, er det for matematikkvansker mindre enighet om hvilken betegnelse som skal benyttes (Ostad, 2010). På nåværende tidspunkt finnes ingen direkte test som kan benyttes i diagnostiseringen og dermed heller ikke en gitt «cut-off» på hvor grensen går mellom elever med

matematikkvansker og lavtpresterende elever i matematikk (Geary, 2013). Forekomsten av matematikkvansker varierer ut i fra hvilke diagnosekriterier som er satt og prevalensen er heller ikke like veldokumentert som ved dysleksi (Hulme & Snowling, 2009). Ostad anslår at 10 % av elever i grunnskolen har matematikkvansker, mens Geary (2013) anslår at andelen ligger på 7 %.

Matematikkvansker innebærer at barnets matematikkferdigheter ikke utvikles som forventet. Det kan virke som matematikkvansker springer ut fra flere kognitive vansker, blant annet vansker med et nonverbalt tallsystem, verbale prosesser som telling og eksekutive funksjoner som påvirker alle områder (Snowling & Hulme, 2015). Typiske kjennetegn på vansken er problemer med telling og vedvarende problemer med å knytte tall til mengde (Passolunghi & Siegel, 2004; Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Rousselle & Noel, 2007; Reeve & Gray, 2015). Barn som strever med telling bruker lengre tid sammenlignet med jevnaldrende (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004). Et annet kjennetegn er vansker med å utvikle effektive regnestrategier (Aunio & Räsänen, 2015). Å gjenkalle aritmetiske svar fra langtidsmindet (retrievalferdigheter) er utfordrende for elever med matematikkvansker. Retrievalferdigheter innebærer at svar lagres i hukommelsen for deretter raskt å kunne gjenhentes. Dette kan for eksempel være vansker med å gjenkalle at svaret på  $4+3$  er 7. Et typisk kjennetegn på dette er at eleven starter å telle 4...5, 6, 7, fremfor å gjengi svaret direkte fra hukommelsen (Snowling & Hulme, 2015). Problemer med å oppdage regnefeil er også typisk for elever som strever. Elevene har færre strategier sammenlignet med jevnaldrende uten vansker og ender opp med de samme back-up-strategier, som for eksempel fingertelling. At elevene «tviholder» på de samme strategiene ser ut til å vedvare over år (Geary, 2004). Dermed stagnerer utviklingen og de blir hengende etter jevnaldrende som tar i bruk mer effektive og hensiktsmessige strategier.

Vansker med eksekutive funksjoner er mer fremtredende hos elever med matematikkvansker (Hulme & Snowling, 2009). Arbeidsminnet, som er en del av den eksekutive funksjonen, får utfordringer når regneoppgaver skal utføres (Van der Ven, Kroesbergen, Boom, & Leseman, 2012). Matematikk er avhengig av at språklig informasjon holdes i det fonologiske minnet, hvilket foregår i den fonologiske sløyfen der språkbasert og fonologisk informasjon oppbevares (Baddeley & Hitch, 1974). Problemer her kan føre til matematiske vansker, spesielt i oppgaver som presenteres verbalt (Hulme & Snowling, 2009). Ulike studier har vist

at hovedutfordringen ved arbeidsminnet hos elever med matematikkvansker er å få informasjonen lagret i langtidsminet (Hulme & Snowling, 2009; Baddeley, 2003).

I ICD-10 defineres matematikkvansker som spesifikk forstyrrelse i regneferdigheter og kjennetegnes ved vansker med grunnleggende aritmetiske ferdigheter. Videre har ICD-10 med eksklusjonskriterier knyttet til lavt evnenivå, vansker med syn eller hørsel, utilstrekkelig undervisning og at eleven ikke skal ha vansker med å oppfatte abstrakte matematiske ferdigheter (WHO, 2000). Også DSM-V har eksklusjonskriterier knyttet til evnenivå, andre vansker eller utilstrekkelig undervisning. I DSM-V betegnes matematikkvansker som en *specific learning disorder with impairment in mathematic*. Vanskene kjennetegnes ved problemer med tallforståelse og å lære tallfakta utenat. Videre er unøyaktig regning og matematiske resonnementer en del av vanskebildet (APA, 2013).

Shalev med flere (2001) fant sterk støtte for at matematikkvansker går igjen i familier, men det er en viss usikkerhet knyttet til miljømessig påvirkning. I en stor tvillingstudie gjennomført i England fant forskere hold for at disposisjonen arves (Kovas, Harlaar, Petrill, & Plomin, 2005). Hulme og Snowling (2015) konkluderer med at det er en viss risiko knyttet til arv i de få familiestudier som foreligger.

## **2.5 Komorbiditet mellom lesing og matematikk**

Vansker med lesing og regning opptrer såpass ofte samtidig at det ikke kan skyldes tilfeldigheter (Landerl & Moll, 2010). Komorbiditet eller sameksistens kan enkelt forklares ved at to eller flere vansker opptrer samtidig hos en person (Pennington, Willcutt, & Rhee, 2005). Det er først de siste 30 årene at det har vært økende bevissthet om at utviklingsmessige vansker kan være komorbide (Chinn & Ashcroft, 2017).

Ostad (2010) anslår at omtrent 6 % av barn med matematikkvansker også har lese- og skrivevansker. Andre har sett at denne prevalensen er mellom 57-64 %, avhengig av hvor «cut-off» i matematikk- og lesevansker settes (Barbaresi, Katusic, Colligan, Weaver, & Jacobsen, 2005). Flere har forsøkt å finne fellesnevneren, men det er ikke konsensus om sammenhengen.

Dysleksi og matematikkvansker har som fellestrekk at de i stor grad er arvelige (Hulme & Snowling, 2009). Delte genetiske risikofaktorer kan forklare hvorfor vanskene opptrer

samtidig hos enkeltindivider. En rekke familiestudier har funnet støtte for at vanskene er påvirket av samme gener (Knopik, Alarcon, & DeFries, 1997; Willcutt, et al., 2010). Prospektive familiestudier, slik som TLD, kan identifisere mulige markører til dysleksi og dermed kan funn fra familiestudier belyse komorbiditet mellom vansker med matematikk og dysleksi (Snowling & Melby-Lervåg, 2016).

Ved hjelp av fMRI har en sett på hvilke områder av hjernen fonologisk prosessering og aritmetiske oppgaver aktiverer. Funnene er klare på at det er overlappende områder i hjernen, nærmere bestemt venstre lateraliserte hjerneområde, som er aktivert når begge ferdigheter utøves (Dehaene, Piazza, Pinel, & Cohen, 2003; Andin, Fransson, Rönnerberg, & Rudner, 2015; Pollack & Ashby, 2017). Slike nevrologiske studier kan gi oss en indikasjon på korrelasjoner, men de vil ikke kunne si noe om årsaker.

Elever med komorbide vansker i matematikk og lesing, gjør det signifikant svakere i matematikk sammenlignet med elever med kun én av vanskene (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Konsekvensen av å streve med begge fagområder er derfor stor og nødvendigheten av å oppdage om vanskene opptrer samtidig hos en elev er derfor svært avgjørende for at riktige tiltak iverksettes.

### **2.5.1 Kunnskap om komorbiditet**

Kunnskap om komorbiditet kan gi oss en bedre forståelse av typisk og atypisk utvikling innen matematikk og lesing. Pennington, Willcutt og Rhee (2005) nevner fire grunner for at det i forskning og klinisk arbeid er nyttig å avdekke sameksisterende vansker. For det første kan kjennskap til komorbiditet ha betydning for tiltakene som iverksettes. For det andre kan vi ved å overse en komorbid vanske, tilskrive alle kjennetegn til kun den ene vansken fremfor den sameksisterende vansken. Den tredje grunnen er at komorbiditet er en «trussel» mot allerede eksisterende diagnosesystemer. Kanskje kan ny forskning sette dagens diagnosekriterier på prøve. For det fjerde kan vi, ved å tilegne oss kunnskap om sameksisterende vansker, finne underliggende årsaker og dermed gjøre oss i stand til å lage enda mer valide diagnosekriterier (Pennington, Willcutt, & Rhee, 2005).

Forskning på årsaker og implikasjoner av komorbiditet er nødvendig for at vi skal få et klarere bilde av utviklingsmessige vansker. Når man skal studere komorbiditet er første trinn på veien å se på prevalensen. Dette kan i og for seg være utfordrende nok. En må finne ut om



komorbiditet er ekte eller «konstruert», altså fiktiv (Landerl, 2015). Å estimere komorbiditet kan være vanskelig fordi det krever et representativt utvalg av barn. Dersom utvalget består av 10 % med dysleksi og 10 % med matematikkvansker og dersom vanskene er uavhengig av hverandre, vil 1 % ha en komorbid vanske ved tilfeldighet ( $0,10 \times 0,10 = 0,01 = 1\%$ ). Derfor sies det at ekte komorbiditet eksisterer dersom raten er større en 1 % (som da er ved en tilfeldighet). I virkeligheten er det ikke fullt så enkelt å fastslå ekte komorbiditet. På bakgrunn av denne kompleksiteten er det utviklet modeller som ser på hvordan vi kan skille ekte komorbiditet fra fiktiv komorbiditet (Hulme & Snowling, 2009). Komorbide vansker kan faktisk opptre ved en tilfeldighet (Pennington, Willcutt, & Rhee, 2005).

Landerl (2015) trekker frem tre forklaringer på fiktiv komorbiditet. Den første kalles *sampling bias*. Kort fortalt innebærer det en overrepresentasjon av elever med en sameksisterende vanske i utvalget. Den andre forklaringen kalles *definitional overlap* og innebærer at et spesielt diagnosekriterium opptrer i flere diagnoser. For eksempel ble det lenge sett på at å speile tall ( $84=48$ ) var et kjennetegn på dysleksi, mens vi i dag vet at det er knyttet til aritmetiske vansker. Dette tatt i betraktning, kan det tenkes at noen som er blitt diagnostisert med dysleksi egentlig hadde matematikkvansker. Den siste fiktive komorbiditet kalles *Rater bias*. Det betyr at eleven blir kategorisert med andre vansker enn det som er den primære vansken. For eksempel kan en elev bli «stemplet» som uoppmerksom, mens årsaken til uoppmerksomheten er vansker i matematikkfaget (Landerl, 2015).

For å skille fiktiv komorbiditet fra ekte har Pennington, Rhee og flere (2005) laget et teoretisk rammeverk med flere ulike modeller som forklarer og kan teste ut komorbiditet; *Alternative forms*, *Random multiformity model*, *Extreme multiformity model*, *Three independent disorders model* og *Correlated liabilities*. Modellene kan brukes til å fremsette hypoteser på hvorfor vansker i matematikk og lesing opptrer samtidig. Felles for modellene er at det er en sammenheng i risikofaktorer mellom det å utvikle dysleksi og matematikkvansker, for eksempel en bestemt genetisk sammensetning eller miljømessig påvirkning. *Alternative forms* er når dysleksi og matematikkvansker har stor grad av overlapp og der kun én av vanskene er fremtredende og/eller oppdaget grunnet tilfeldigheter eller miljømessige årsaker (Rhee, Hewitt, Corley, Willcutt, & Pennington, 2005). Det kan også tenkes at vanskene opptrer vekselvis hos personen, siden etiologien av de to vanskene er identisk (Landerl, 2015). *Random multiformity model* innebærer at den første vansken fører til kopi av den andre

vansken. Dette kalles kopi av fenotype (symptom). *Extreme multiformity model* er også en grad av kopi av fenotype, men i denne formen for komorbiditet blir vansken som er «kopiert» svært påvirket/skadet. I praksis kan denne modellen forklare hvorfor elever med komorbide vansker strever mye i begge domener sammenlignet med de som bare har én av vanskene. *Three independent disorders model* viser at to komorbide vansker kan føre til en tredje vanske. Det vil si at en sameksisterende dysleksi og matematikkvanske blir en helt egen, «ny» vanske. Den siste modellen, *Correlated liabilities*, viser til at sjansen for å få en vanske når du har den andre er stor. Eller enklere sagt betyr det at siden lesing og matematikk påvirker hverandre i løpet av skoleløpet er det dermed sannsynlig at eleven vil streve med begge (Rhee, Hewitt, Corley, Willcutt, & Pennington, 2005).

### **2.5.2 Relasjonen mellom fonologiske prosesser og aritmetiske ferdigheter**

Fonologisk bevissthet har fått mye oppmerksomhet innen leseforskning og dermed vet vi at fonologisk bevissthet påvirker utviklingen av leseferdigheter. Når det kommer til forskning på matematikkutvikling har ikke fonologisk bevissthet fått like mye oppmerksomhet (Krajewski & Schneider, 2009). Hovedvekten av de relativ få empiriske studiene som foreligger, indikerer at også utviklingen av matematikkferdigheter er påvirket av fonologisk bevissthet (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2007). Årsakssammenhengen er imidlertid uklar.

Simmons og Singleton fant i sin metastudie fra 2007 at elever med dysleksi har vansker med å gjenkalle tallfakta. De mener at siden barn med dysleksi har fonologiske prosesseringsvansker, påvirker det i negativ retning evnen til å gjøre matematikkoppgaver som er avhengig av manipulasjon av verbale koder. For eksempel å telle raskt og gjenkalle tallfakta. Evnen til å løse oppgaver som ikke krever verbale koder er imidlertid intakt (Simmons & Singleton, 2007).

Verbale koder blir altså aktivert når oppgaver skal løses i matematikk. Det kan dermed se ut til at fonologisk prosessering er en kritisk faktor når det gjelder tilegnelse av matematikkferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001). Når en oppgave løses omformes tallsymbolene til fonologisk informasjon (verbale uttrykk). Deretter prosesseres den fonologiske informasjonen og eleven finner ut hvilken strategi han skal bruke for å løse oppgaven. Svaret finner eleven ved for eksempel å benytte en back-up-strategi der han teller

videre. Da aktiveres det fonologiske systemet, i og med at tallsymbol blir omgjort til verbale koder ( $5+3=6$ ,  $7$ ,  $8$ ,  $=8!$ ). Eller så kan eleven gjenkalle svaret (som da er en fonologisk basert kode) fra langtidsminnet. Dette aktiverer også det fonologiske systemet (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001). For eksempel når multiplikasjonstabellen øves inn foregår det en forbindelse av fonologiske representasjoner ( $6 \times 8 = 48$  «seks ganger åtte er førtiåtte») (Ostad, 2010).

Det foreslås altså at det er en sammenheng mellom retrievalferdigheter og fonologiske prosesseringsferdigheter. Dersom en slik sammenheng eksisterer, er det sannsynlig at personer med en fonologisk svikt (som dyslektikere har) vil streve med aritmetiske retrievalferdigheter. De Smedt og Boets (2010) ville teste denne teorien og undersøkte derfor sammenhengen mellom fonologisk prosessering og aritmetiske ferdigheter hos voksne med dysleksi. Forskningen deres viste at dyslektikere klarte å gjenkalle færre aritmetiske svar fra langtidsminnet. I tillegg brukte de lengre tid på det enn personer uten dysleksi gjorde. Fonologisk prosessering, spesielt fonologisk bevissthet, viste seg å være relatert til aritmetiske retrievalferdigheter. Dette var spesielt synlig i multiplikasjon (De Smedt & Boets, 2010). Etter å ha kontrollert for leseferdighet fant DeSmedt og Boets (2010) fremdeles en sammenheng mellom retrieval av multiplikasjon og fonologisk bevissthet. Funnene indikerer vansker med lagring og tilgang til ferdigheter i langtidsminnet, både innen lesing og regning.

At barn strever med å hente tallfakta fra hukommelsen leder til spørsmålet om hvordan tallfakta blir lagret. Skjer det ved at tallfakta blir omgjort til verbal informasjon (fonologiske prosesser) eller finnes andre systemer? Forskning på voksne med matematikkvansker viser at retrieval av tallfakta fra hukommelsen skyldes andre systemer og ikke kan forklares med en fonologisk svikt (Hulme & Snowling, 2009). Andre studier har sett at det er en sammenheng mellom matematiske ferdigheter og fonologiske prosesseringsferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2007; Jordan, Wylie, & Mulern, 2010).

Hecht og kolleger (2001) undersøkte i sin longitudinelle studie hvordan delferdigheter i lesing påvirket barns matematiske ferdigheter. De studerte elevens kompetanse i lesing og matematikk i lys av tre ferdigheter innen fonologisk prosessering; behandling av fonologisk informasjon i arbeidsminnet (fonologisk minne), tilgang til fonologisk informasjon i langtidsminnet (rate of access) og fonologisk bevissthet. Det ble kontrollert for påvirkning fra

tidligere matematiske ferdigheter og generell språkforståelse i studien. De kontrollerte også for leseferdighet samt hvordan de tre fonologiske prosesseringsferdigheter kan påvirke variasjonen. Ved alle målinger, foruten fra andre til tredje klasse, sto fonologisk bevissthet som signifikant prediktor for matematikkferdigheter når de kontrollerte for fonologisk minne. Oppsummert viste forskningen deres at fonologisk bevissthet hadde sterkest innvirkning på elevenes matematikkferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001).

Krajewski og Schneider (2009) fant i sin longitudinelle studie at fonologisk bevissthet, målt ved 5 år, predikerer enkle matematiske ferdigheter hos kohorter uten spesielle vansker, målt ved 3. trinn. Dette gjaldt tidlige matematiske ferdigheter der tallord var isolert fra mengde, altså at barna kjenner til og kan gjengi tallordene/sekvenser med tall, men ikke nødvendigvis kan knytte mengde til disse tallene. De mener dette kan bidra til å forklare forholdet mellom tidlig leseutvikling og matematiske ferdigheter. Når det ble kontrollert for tidlige matematiske ferdigheter, fant de ingen korrelasjon mellom fonologisk bevissthet og mer avanserte matematikkferdigheter (der eleven må forstå at tallordet representerer en gitt mengde).

På bakgrunn av en intervensjonsstudie mente Ostad og Askeland (2008) at fonologiske prosesseringssevner er kausalt relatert til aritmetisk kompetanse. Dette ble bekreftet i en norsk studie der Ostad undersøkte forbindelsen mellom fonologisk bevissthet og matematikkferdigheter. Her fant de en signifikant sammenheng. Elever som har dårlig fonologisk bevissthet har større vansker i matematikk. Dette kom frem på alle alderstrinn i undersøkelsen (Ostad, 2011). Resultatene må riktignok tolkes med forsiktighet da de hadde tydelige svakheter. Studiene inneholdt ikke data som sa noe om kompleksiteten av de kognitive prosessene som skjer ved indre tale. I tillegg var det svakheter ved måleinstrumentene som gjorde det vanskelig å si noe om retningsforholdet.

De Smedt og Taylor med flere gjennomførte en studie der de så på sammenhengen mellom fonologisk bevissthet og aritmetikk med enkle tall. Deres hypotese gikk ut på at fonologisk bevissthetsoppgaver skulle være relatert til enkle regneoppgaver. Ved slike regneoppgaver antar man at svaret hentes fra langtidsmminnet som en verbal kode og dermed er avhengig av en fonologisk langtidsrepresentasjon. Da de undersøkte korrelasjonen mellom fonologisk bevissthet og de fire regneartene, fant de støtte for at fonologisk bevissthet er relatert til enkle oppgaver og til svar som må hentes fra langtidsmminnet, slik som enkel addisjon, subtraksjon

og multiplikasjon. Mens tidligere studier har funnet sterk støtte for at det faktisk er en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og aritmetikk, har denne studien avdekket et mer finmasket bilde av sammenhengen og viser at retrieval av enkle aritmetiske oppgaver og hvordan svaret blir lagret i minnet er avgjørende (De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010).

Moll med flere gjennomførte en av de første studiene som undersøkte kognitive markører for aritmetiske ferdigheter hos barn med familierisiko for dysleksi (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Tidligere forskning har vist at variasjon i språk og eksekutive ferdigheter i førskolealder påvirker utviklingen av matematiske ferdigheter som telling og kjennskap til tall. Telling og tallkunnskap vil igjen påvirke formelle aritmetiske ferdigheter som barn lærer på skolen. Moll med flere undersøkte i tillegg hvordan ferdigheter innen nonverbal IQ, eksekutive funksjoner og språkferdigheter i førskole påvirket tallforståelse, fonologisk prosessering og aritmetiske ferdigheter i småskolen. Resultatene viste at telling og tallkunnskap muligens spiller en kausal rolle for aritmetiske ferdigheter. Språk og eksekutive ferdigheter ved 3-4-års alder påvirker evnen til å lære å telle og matche tallsymboler med tallord. Forsinket språkutvikling sees oftere hos barn med dysleksi og vil derfor være en risikofaktor for senere aritmetiske ferdigheter (slik det også er for senere leseferdigheter). Tidlige språkvansker kan altså forklare komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker, ifølge denne studien. I motsetning til tidligere studier, fant ikke Moll og kolleger sammenheng mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske ferdigheter. De forklarer det motstridende funnet med at tidligere studier ikke hadde kontrollert for muntlig språk (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015).

### **2.5.2.1 Oppsummering relasjonen mellom aritmetikk og fonologi**

Forskning viser altså at fonologiske prosesseringsferdighetene kan predikere senere matematikkferdigheter. Vi snakker ikke bare om en korrelasjon på ett måletidspunkt, men også over tid. I én av studiene viser at fonologisk bevissthet predikerer senere matematikkferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001). En annen studie indikerer at fonologisk bevissthet er relatert til enkle oppgaver der svar hentes fra langtidsminnet (De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010). Krajewski og Schneider (2009) fant at fonologisk bevissthet predikerer enkle matematiske ferdigheter hos typiske barn, hvilket kan forklare forholdet mellom tidlig leseutvikling og matematiske ferdigheter.

Flere studier viser at det er sterk korrelasjon mellom fonologiske prosesseringsferdigheter og matematiske ferdigheter. Primært er det å kunne gjenkalle tallfakta og matematiske basisenheter fra langtidsmminnet sentralt i denne sammenheng (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2007; Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). En rekke andre studier viser også sterk korrelasjon mellom fonologiske ferdigheter og leseferdigheter (Catts & Kamhi, 2005; Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009; Krajewski & Schneider, 2009; Caravolas, et al., 2012).

Flere longitudinelle studier viser at fonologisk bevissthet predikerer både regning og lesing over tid. Vi må riktignok ta høyde for hvorvidt studiene har kontrollert for påvirkning fra andre relevante variabler. I de studier der det er kontrollert for språkferdigheter, forklarer ikke fonologisk bevissthet variasjonen i aritmetikk (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Krajewski og Schneider (2009) fant heller ingen korrelasjon mellom fonologisk bevissthet og mer avanserte matematikkferdigheter når det ble kontrollert for tidlige matematiske ferdigheter.

Dette masterprosjektet vil altså teste hypotesen om at fonologisk bevissthet predikerer leseferdighet og aritmetikk når vi kontrollerer for tredjevariabler (språkferdighet og tallforståelse). Dermed vil påvirkningen av fonologisk bevissthet studeres isolert, noe som vil styrke studiens indre validitet (Lund, 2002). Selv om vi riktignok forsøker å isolere fonologisk bevissthet, kan det likevel fremkomme påvirkning fra andre tredjevariabler som vi ikke har tatt høyde for. Utviklingen av tallforståelse skjer gradvis, fra mengdeforståelse (ANS) til små tallsymbol og videre til større to- og flersifrede tall, ifølge Siegler og Braithwaite (2016). Som nevnt viser tidligere forskning at utviklingen av mengdeforståelse påvirker elevenes matematikkferdigheter (Mazzocco, Feigenson, & Halberda, 2011). Nyere forskning derimot, viser at kjennskap til tall er mer avgjørende for regneferdigheter enn mengdeforståelse (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). I denne studien vil det derfor bli kontrollert for elevenes kjennskap til tallsymboler.

Undersøkelsen vil også kontrollere for språkferdigheter (vokabular) siden det ser ut til å være sentralt for lesing, og ligger til grunn for fonologisk bevissthet (Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016). I følge Snowling og Melby-Lervåg (2016) er gode språkferdigheter en beskyttende faktor for enkelte barn med risiko for dysleksi. Gode språkferdigheter har både en

indirekte og en direkte effekt på leseutvikling. Indirekte gir gode språkferdigheter bedre fonologiske ferdigheter. Direkte bidrar gode språkferdigheter, spesielt et velutviklet vokabular og god begrepsforståelse, til at eleven kan nyttiggjøre seg dette ved avkoding. Eleven mestrer da å forstå tekstens innhold ut i fra konteksten, til tross for vansker med selve avkodingen (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Tidlige vansker med språk kan, ifølge Moll og kolleger (2015) forklare komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker. Moll m. flere fant at blant annet språk ved 3-4-års alder påvirker evnen til å lære å telle og koble tallsymboler med tall (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Dermed er det relevant for oss å kontrollere for språkferdigheter, i tillegg til tallforståelse.

## **2.6 Samlet vurdering av teoretiske og empiriske funn**

Matematikkvansker og dysleksi kan opptre enkeltvis eller samtidig hos en elev. Både lesing og regning består av komplekse prosesser, og faktorer på flere nivå spiller inn når disse ferdighetene utøves. Sannsynligvis er det et samspill mellom ulike årsaker fremfor en enkeltstående årsak til vanskene. Likevel er det interessant å studere hva overlappet mellom lesing og matematikk innebærer, om det skyldes en eller flere felles komponenter og om det er mulig å komme nærmere en årsaksforklaring.

Kunnskap om komorbiditet kan blant annet gi oss mer valid diagnosekriterier og dermed kunne gi riktige tiltak (Pennington, Willcutt, & Rhee, 2005). utfordringen med å studere komorbiditet er å klare skille ekte fra konstruert komorbiditet (Landerl, 2015).

Dysleksi og matematikkvansker har som fellestrekk at de i stor grad har et arvelig innslag (Hulme & Snowling, 2009). Nevrologisk forskning viser at lesing og aritmetikk deler noen av de samme kognitive kjerneprosesser, deriblant er samme områder i hjernen aktivert når begge ferdigheter utøves (De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010). Vansker med å gjengi tallfakta fra langtidsminnet er antatt å være fellesnevneren som gjør at barn med dysleksi og matematikkvansker strever med å utvikle gode aritmetiske ferdigheter ifølge flere studier (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2007; Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Disse vanskene er kognitivt betinget og kan dermed ikke relateres til manglende undervisning, dårlig motivasjon eller lav IQ (Geary, 2004).

Lesing og matematikk kan dermed synes å være avhengig av fonologiske prosesseringsferdigheter. Fonologisk bevissthet er, sammen med bokstavkunnskap og

benevnelseshastighet, viktig for utviklingen av leseferdigheter (Caravolas, et al., 2012; Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Flere studier har funnet en sammenheng mellom fonologiske prosesseringsferdigheter og aritmetiske ferdigheter. Fonologisk bevissthet er trukket frem til å ha størst effekt på senere aritmetiske ferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Krajewski & Schneider, 2009).

Til tross for at noen studier har forsøkt å bekrefte sammenhengen mellom fonologisk bevissthet og utviklingen av aritmetiske ferdigheter og leseferdigheter, er det teoretiske grunnlaget bak denne sammenhengen fremdeles noe usikker. Svakheter ved tidligere forskning gjør også at det ikke er entydige funn. I tillegg til at flere studier ikke kontrollerer for muntlig språk, er utvalget lite i flere studier (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010; De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010). Enkelte studier måler ikke fonologiske ferdigheter før skolealder (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001). Ulik «cut-off» i studiene gjør at noen inkluderer flere innenfor vanskeområdet enn andre (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Noen få studier viser svakhet i forhold til hvem som var inkludert i risikogruppen og mangler en entydig objektiv vurdering av hvem som plasseres i risikogruppen (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Samlet gjør disse svakhetene det vanskelig å sammenligne resultat fra studier opp mot hverandre og flere studier trengs for å avklare forholdet.

De empiriske funnene er ikke entydige på om komorbiditet mellom lesing og matematikk er kausalt relatert til fonologiske prosesser. Det er likevel flere enkeltstudier som mener at fonologisk bevissthet predikerer senere matematiske ferdigheter. Dersom det stemmer vil intervensjoner knyttet til fonologisk bevissthet, i tillegg til å være effektive tiltak for barn med risiko for dysleksi, kunne redusere aritmetiske vansker (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015).

Dersom fonologiske ferdigheter i førskole kan forklare både variasjonen i leseferdighet og aritmetiske ferdigheter i 2. klasse, kan det være interessant å kontrollere hvordan generelle språklige ferdigheter og tallforståelse virker inn i sammenhengen. Om fonologisk bevissthet kan forklare unik variasjon selv etter å ha kontrollert for språkforståelse og tallforståelse, kan det indikere at fonologisk bevissthet alene predikerer lese- og regneferdigheter. Dersom forklaringen faller bort, tyder det likevel på at fonologisk bevissthet er relatert til lesing, men ikke til matematikk.



## 3 Metode

I dette kapittelet vil det redegjøres for undersøkelsens forskningsmetodiske tilnærming. Studiens design og utvalg presenteres, fulgt av prosedyrer for innsamling samt hvilke måleinstrumenter som ble benyttet. Avslutningsvis i kapittelet tar jeg for meg de etiske hensynene som ligger til grunn i prosjektet.

### 3.1 Design

Formålet med denne undersøkelsen er å studere 1) komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker 2) om det kan være en sammenheng mellom fonologiske ferdigheter i førskole og ordavkodning og aritmetiske ferdigheter i 2. klasse hos barn med familiær risiko for dysleksi og sammenligne med en kontrollgruppe. Målet er å se om fonologisk bevissthet predikerer både leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter.

For å besvare problemstillingen er en kvantitativ tilnærming benyttet. Det innebærer at jeg får oversikt, beskriver, kartlegger, analyserer og forklarer virkeligheten ved hjelp av kvantitative størrelser. Studien er deskriptiv og beskriver virkeligheten som den er på de oppgitte tidspunktene. Det forekommer ingen manipulasjon av variablene (Ringdal, 2014). Oppgaven min er deduktiv, altså teoristyr. Det innebærer at jeg avleder en problemformulering fra tidligere teoretiske funn, som jeg ønsker å teste. Problemformuleringen er formulert som hypoteser og opplegget kan da betraktes som en hypotetisk-deduktiv tilnærming (Grønmo, 2004).

Jeg benytter data fra *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia (TLD)*. Studiens design er longitudinelt. Longitudinelle studier benyttes når man ønsker å beskrive utvikling og endring hos utvalget over tid (Ringdal, 2014). Data fra utvalget samles inn fra ulike tidspunkt over en bestemt periode. I dette masterprosjektet benytter jeg forskningsdata som ble samlet inn da barna var henholdsvis 4;6 år og da de gikk i 2. trinn. For å forstå mulige kausale årsaker fra tidlig kognitive ferdigheter til senere aritmetiske ferdigheter, er longitudinelle studier fra førskolealder nyttige (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Selv om longitudinelle studier ikke kan gi sikre slutninger om årsakssammenhenger på lik linje med som eksperimentelle studier, så vil det likevel gi oss en hypotese om årsaker. Data som ligger til grunn for undersøkelsen gjør det mulig å si noe om retningsforholdet mellom fonologiske ferdigheter og senere lese- og matematikkferdigheter. Det er imidlertid viktig å kontrollere for

mulig tredjevariabler som kan være alternative forklaringer på eventuelle sammenhenger (Kleven, 2002b).

Studien har i tillegg oversikt over familierisiko knyttet til dysleksi. Hvordan barna ble inkludert i risikogruppen kommer jeg tilbake til senere når jeg redegjør for utvalgsprosessen. Familiestudier undersøker familier der en av foreldrene har dysleksi og ser på om barna i familien utvikler lesevansker eller dysleksi. For å trekke en konklusjon fra familiestudier er det nødvendig at utvalget av barn fra en familiær risikogruppe sammenlignes med en kontrollgruppe uten familiær risiko for dysleksi. Familiestudier er nyttige fordi de kan gi oss informasjon om en vanske har økt forekomst i bestemte familier. De kan også gjøre det lettere å finne barn med dysleksi i et mindre utvalg. Dersom vi finner en slik økt forekomst er det mer sannsynlig at vansken er arvelig (Rutter, 2006). I en uselektert gruppe vil mellom 5-10 % ha dysleksi, mens det i familierisikogrupper er en forekomst på omtrent 50 %. Videre kan familiestudier si noe om sannsynligheten for at dysleksi inntreffer sammen med for eksempel matematikkvansker, altså om det forekommer komorbiditet. Dersom vi finner en sameksistens av vansker i familiestudier, kan det skyldes arvelige trekk (Melby-Lervåg, 2012). Familiestudier sier ikke noe om forholdet mellom arv og miljø i samme grad som tvillingstudier, men de kan likevel gi oss indikasjoner på om barnet vil utvikle dysleksi eller matematikkvansker (Melby-Lervåg, 2012). Prospektive familiestudier, slik som TLD er, kan identifisere mulige markører til dysleksi og dermed kan funn fra denne familiestudien belyse komorbiditet mellom matematikkvansker og dysleksi (Snowling & Melby-Lervåg, 2016).

Resultatet fra denne undersøkelsen er omgjort til tallformat og analyseres ved hjelp av statistikkprogrammet Statistical Package for Social Sciences (SPSS) (Johannessen, 2009). Mulige tredjevariabler som kan være alternative forklaringer på sammenhenger må kontrolleres før studien kan si noe om en kausal sammenheng er plausibel (Kleven, 2002b). Sammenhengen i studien vil bli kontrollert med variablene tallforståelse og generelle språkferdigheter, da disse sees på som sentrale for ferdighetene som studeres (Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Gobel, Watson, Lervåg, & Hulme, 2014; Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015; Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016).

## 3.2 Utvalg

Elevene som er med i denne studien er altså en del av et større forskningsprosjekt, *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia*, i regi av UiT Norges Arktiske universitet. Målet med TLD er å studere faktorer som kan påvirke utviklingen av lese- og skrivevansker og å identifisere tidlige tegn på dysleksi. Studien er som nevnt prospektiv og longitudinell. Barna som er med i studien følges fra tidlige leveår og til og med 3. trinn (Nergård-Nilssen, 2017).

Deltakere ble rekruttert ved at det ble delt ut invitasjoner til deltakelse i forskningsprosjektet på helsestasjoner. Informasjonsplakater ble hengt opp der barnefamilier ferdes og det ble annonsert i lokale aviser. Familiene som ble med i undersøkelsen ble valgt ut etter en tretrinns-modell. Første trinn gikk ut på at foreldrene til barna i utvalget fikk tildelt informasjonsbrev og samtykkeskjema på helsestasjonen. Samtykkeskjema inneholdt en kort survey der foreldrene besvarte tre spørsmål knyttet til vansker med lesing/skriving og om deres foreldre eller andre slektninger hadde vansker med lesing og skriving. I trinn to ble foreldrene invitert til et semi-strukturert intervju, der de som hadde oppgitt vansker i familien fikk utdypet disse nærmere. I forkant av intervjuet ble foreldrene bedt om å fylle ut et detaljert spørreskjema som blant annet omhandler egen skolehistorie og utvikling. Eventuell forekomst av dysleksi, språkvansker og andre lærevansker i nær familie skulle i tillegg spesifiseres. På trinn tre ble alle foreldre, også de i kontrollgruppen, testet blant annet med lesetesten Logos (Logometrica, 2007), egenutviklede tester og generelle kognitive evner ble kartlagt. Fullskala IQ skåre ble kun benyttet som et «cut-off»-kriterium for å luke ut mulige kandidater med generelle lærevansker (Nergård-Nilssen & Hulme, 2014).

Da undersøkelsen startet i 2009 var det 70 som samtykket til deltakelse. I dag er antallet det samme, hvor noen barn har sluttet og nye har kommet til. Alle foreldre og barn som er med er enspråklige norske. Barna i utvalget er rekruttert fra et stort geografisk område og det vil være nærliggende å anta at elevene i studien er et representativt utvalg. Vi kan imidlertid ikke være sikre på representativitet siden utvalget i TLD ikke er randomisert (Ringdal, 2014).

Basert på foreldrenes opplysninger ble barna delt i to grupper, henholdsvis risikobarn og typiske barn. Risikobarn kommer fra familier der det er kjente lese- og skrivevansker, noe som gjør at barnet er født med en familiær risiko for å utvikle dysleksi. Dette ble i tillegg bekreftet objektivt ved at alle foreldrene i utvalget ble testet med Logos som en del av

utvelgelsen. Typiske barn utgjør den gruppen der foreldrene oppga å ikke ha en familiehistorikk med dysleksi, og hvor foreldrene oppnådde resultater i normalområdet på leseprøven. Av 70 deltakere er 62 med i masterprosjektet. Som det fremkommer i tabell 1 hadde 27 barn kriteriene for å bli inkludert i kontrollgruppen, mens 35 barn hadde kriteriene for å bli inkludert i risikogruppen.

Tabell 1 Oversikt over fordeling av deltakere i masterprosjektet

<b>Risiko og kontrollgruppe</b>					
		Frekvens	Prosent	Valid Prosent	Kumulativ frekvens
<b>Valid</b>	<b>Kontroll</b>	27	43,5	43,5	43,5
	<b>Risiko</b>	35	56,5	56,5	100,0
	<b>Total</b>	62	100,0	100,0	
<b>Missing</b>	<b>System</b>	0	0		
<b>Total</b>		62	100,0		

Det totale antallet (N) vil variere en del i de videre analysene siden flere av barna på nåværende tidspunkt ikke er kartlagt fordi de ikke er gamle nok til å ha gjennomført testene tilhørende 2. trinn (time 10). Det vil gi seg utslag som «missing data» og omtales i SPSS som «listwise deletion». Dersom vi har én «missing data» vil den utelates fra alle beregninger i SPSS (Christophersen, 2009; Pallant, 2016). Dermed mister man flere målinger enn nødvendig og utvalget blir mindre enn det i utgangspunktet er. Dersom vi hadde benyttet et mer avansert statistikkprogram ville vi unngått denne begrensingen.

### 3.3 Datainnsamling

Datainnsamlingen ble gjennomført av to forskningsassistenter i tillegg til leder av studien, Trude Nergård-Nilssen. Forskergruppen holdt seg til én testleder per måletidspunkt, slik at det skulle være trygt og forutsigbart for barna. Barna i utvalget er testet ved to måletidspunkt, Time 8 (4;6 år) og Time 10 (2. klasse). Alle testene ble gjennomført med stor grad av bevissthet knyttet til trygghet i testsituasjonen. Testene foregikk i et eget testrom og de ble gjennomført i en seksjon med innlagte pauser. Mor eller far fulgte barnet og var hele tiden i nærheten. Testlederen skapte tillit og bidro slik til at barna kunne prestere sitt beste i tillegg til å ha en positiv opplevelse av testsituasjonen.

### 3.4 Instrumenter

Testbatteriet barna ble testet med bestod av totalt 10 tester. Av disse har jeg i masterprosjektet benyttet meg av utvalgte deltester av TLD-testen, Test of Basic Arithmetic and Numeracy Skills (TOBANS) (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016) og Clinical Evaluation of Language Fundamentals - Fourth edition (CELF- 4) (Semel, Wiig, & Secord, 2003).

Fire deltester i TLD-testen, tre deltester i TOBANS og én deltest i CELF-4 er benyttet. I denne studien undersøkes henholdsvis variablene fonemisolasjon, fonemlengdekategorisering, addisjon uten mente, subtraksjon uten mente, tallforståelse (digit comparison), lesing av henholdsvis ord og nonord, samt generelle språkferdigheter (formulere setninger). Disse vi derfor bli benevnt i det følgende sammen med de ulike måleinstrumentene som ble benyttet.

Tabell 2 De ulike variablene i de to deltestingene i masterprosjektet

Måletidspunkt	Variabel	Tester
Time 8 4;6 år	<b>Fonologisk bevissthet</b> - Fonemisolasjon  - Fonemlengdekategorisering	TLD-testen
Time 10 2.trinn	<b>Leseferdigheter</b> - Ordlesing - Nonordlesing  <b>Aritmetiske ferdigheter</b> - Addisjon uten mente - Subtraksjon uten mente  <b>Kontrollvariabler</b> - Tallsymboler  - Grunnleggende språkferdigheter	TLD-testen  TOBANS  TOBANS- Digit Comparison  CELF-4: "Formulere setninger"

#### 3.4.1 Fonologisk bevissthet

De fonologiske bevissthetsoppgavene er målt ved å benytte de to deltestene fra TLD-testen; fonemisolasjon og fonemkategorisering. TLD-testen er utviklet i forbindelse med *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia*. Parallelt med TLD foregår det for tiden en normeringsstudie

av Fonologistesten. Denne er fremdeles under utarbeiding og dermed er reliabilitetskoeffisienten for de ulike deltestene av TLD-testen ikke fastsatt på nåværende tidspunkt (Nergård-Nilssen, 2017). Testenes reliabilitetskoeffisient vil derfor bli vurdert enkeltvis i analysedelen i kapittel 4.

#### **3.4.1.1 Fonemisolasjon**

I denne testen kartlegges fonembevissthet. Barnet får se plansjer med illustrasjoner av fire objekt og blir bedt om å identifisere det objektet som starter eller slutter på en bestemt lyd. Testleder instruerer barnet og det gis først øvingsoppgaver som ikke skåres ut. For hver oppgave får barnet instruksjonen: «Kan du peke på ordet som begynner på/slutter på...». Tiden fra stimulusordet er lest opp og frem til barnet har avgitt svar registreres. Testleder kan gi en gjentakelse. Svarene skåres som «feil» eller «riktig» dersom barnet avgir svar innen 10 sekunder. Manglende svar innen 10 sekunder registreres som «ikke besvart» og de går videre til neste oppgave. Riktig svar gis 1 poeng, mens «feil» og «ikke besvart» gis 0 poeng. Maksimalt antall poeng på deltesten er 16 poeng.

#### **3.4.1.2 Fonemlengdekategorisering**

Deltesten kartlegger barnets evne til å lytte ut forskjellen mellom minimale ordpar der eneste forskjell er lengden på vokalen (for eksempel bake - bakke). Det er fonemlengden som er betydningskillende ved at stimulusordet enten har lang eller kort vokal. Deltesten gjennomføres på nettbrett der barnet får presentert et stimulusord (sagt høyt av programmet) samtidig som det får se to illustrasjoner på skjermen. Barnet skal så raskt som mulig trykke på illustrasjonen som passer til ordet. For eksempel leses ordet «bakke» opp og barnet får se bilde av en bakke og en jente som baker, for deretter å trykke så raskt som mulig på riktig illustrasjon. Øvingsoppgavene består først av oppgaver uten minimale ordpar for at barnet skal forstå oppgaven, deretter presenteres en øvingsoppgave med et minimalt ordpar. Testleder gir barnet instruksjoner ved å si: «Du vil nå få se to bilder og høre et ord. Trykk på bildet som du mener passer til ordet som blir sagt». Dersom barnet ikke velger bilde, forsvinner de etter 7 sekunder og det kommer en ny oppgave av lik art. Barnet skåres for riktig, galt og ikke avgitt svar. Stimulus – responstid registreres automatisk av programmet for hver oppgave. Maksimalt antall poeng på deltesten er 76.

### **3.4.2 Grunnleggende språkferdigheter**

Deltesten «Formulere setninger» fra CELF-4 tester barnets ferdigheter med tanke på å formulere fullstendige, semantiske og grammatisk riktige muntlige setninger, som inneholder bestemte målord (for eksempel bilen, spiller) og som passer til en gitt bildekontekst.

Deltesten starter med at det gis øvingsoppgaver med tydelige instruksjoner. Testleder instruerer barnet ved å si for eksempel: «Nå skal du fortelle noe om bildet og bruke ordet «spiller». Se på bildet og tenk på hva du vil fortelle». Testleder noterer barnets svar på hver oppgave i protokollen. Det gis 2 poeng for en fullstendig setning der målordet benyttes, 1 poeng der målordet benyttes, men det er grammatiske eller syntaktiske feil i setningen og 0 poeng der barnet ikke har med målordet. Maksimalt antall poeng på deltesten er 44 poeng (Semel, Wiig, & Secord, 2003).

### **3.4.3 Matematiske ferdigheter**

De aritmetiske ferdighetene er målt med oppgaver fra TOBANS. Deltestene som er benyttet er addisjon uten mente og subtraksjon uten mente (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016). Siden TOBANS ikke er normert til norske forhold, kan vi ikke benytte reliabilitetskoeffisienten slik den fremstår fra testmanualen. Testenes reliabilitetsmål vil derfor bli vurdert enkeltvis i analysedelen i kapittel 4.

TOBANS inneholder deltestene addisjon og subtraksjon med mente, men disse er ekskludert fra studien fordi oppgavene blir for vanskelige for norske barn på 2. trinn. Fordelingen av resultatet vil mest sannsynlig gi en gulveffekt og kan dermed ikke benyttes i videre analyser. Det er heller ikke etisk riktig å teste elevene i noe som de ikke har hatt formell opplæring i enda.

Øvrige matematikkferdigheter, som i denne studien vil inngå som kontrollvariabler er målt ved deltestene Digit Comparison (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016). Reliabilitetskoeffisient til nevnte test vil også bli vurdert enkeltvis i analysedelen i kapittel 4.

#### **3.4.3.1 Addisjon uten mente**

Deltesten måler elevens evne til å addere enkle tall uten mente så raskt som mulig. Det gis tre øvingsoppgaver før barnet får 60 sekunder på seg til å løse så mange oppgaver som mulig. Det er totalt 90 oppgaver. Svarene gjøres skriftlig. Testleder instruerer eleven ved å si: «Regn

ut hver oppgave og skriv ned svaret. Først gjør du oppgavene i venstre kolonne, deretter i høyre. Når du er ferdig snur du arket og fortsetter på neste side». Testen kan gi maksimalt 90 poeng (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016).

### **3.4.3.2 Subtraksjon uten mente**

Deltesten måler elevens evne til å subtrahere enkle tall uten mente så raskt som mulig. Det gis tre øvingsoppgaver og deretter skal eleven løse så mange oppgaver de rekker på 60 sekunder. Det er totalt 90 oppgaver. Svarene gjøres skriftlig. Testleder instruerer eleven ved å si: «Regn ut hver oppgave og skriv ned svaret. Først gjør du oppgavene i venstre kolonne, deretter i høyre. Når du er ferdig snur du arket og fortsetter på neste side». Testen kan gi maksimalt 90 poeng (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016).

### **3.4.3.3 Tallforståelse**

Deltesten Digit Comparison kartlegger elevens kjennskap til tallsymboler. Eleven skal så raskt som mulig vurdere hvilket tallsymbol som er størst og merke det tallet de mener har høyest verdi. Det gis tre øvingsoppgaver før oppgavene med tidtaking startes. Testen er tidsbegrenset til 30 sekunder og kan gi maksimalt 66 poeng (Brigstocke, Moll, & Hulme, 2016).

## **3.4.4 Leseferdigheter**

Begge deltestene som måler barnas ordavkodingsferdigheter er fra TLD-testen. Med bakgrunn i pågående normeringsstudie av TLD-testen vil deltestenes reliabilitetsmål bli vurdert enkeltvis i analysedelen i kapittel 4.

### **3.4.4.1 Ordlesing**

Deltesten måler avkodingsferdigheter og ortografisk bevissthet. Eleven blir bedt om å lese ei liste av ord så raskt og nøyaktig som han klarer. Det gis ubegrenset tid på å gjennomføre lesingen, men testleder registrerer tiden og noterer hvor lang tid eleven brukte på å lese hele lista. Testleder instruerer eleven og registrerer tiden. I tillegg noterer testleder om ordet er uttalt riktig eller feil. Det er totalt 22 ord og deltesten kan gi maksimalt 22 poeng.

### **3.4.4.2 Nonordlesing**

Nonord er ord satt sammen av bokstavrekker som samlet ikke gir en mening for leseren. Dyslektikere strever ofte med å lese nonord (Catts & Kamhi, 2005). Deltesten måler



avkodningsferdigheter og ortografisk bevissthet. Barnet blir bedt om å lese nonord så raskt og nøyaktig som de klarer. Ordene som skal leses betyr ingenting og barnet har derfor ikke sett eller hørt dem før. Det gis ubegrenset tid på å gjennomføre lesingen, men testleder registrerer tiden og noterer hvor lang tid barnet brukte på å lese hele lista med nonord. Testleder instruerer barnet og registrerer tiden. I tillegg noterer testleder om ordet er uttalt riktig eller feil. Det er totalt 22 nonord og deltesten kan gi maksimalt 22 poeng.

### **3.5 Etske hensyn**

Hensyn med tanke på frivillighet og anonymitet må ivaretas i undersøkelser. *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia* er derfor meldt inn og har fått godkjenning av personvernombudet for forskning ved Norsk senter for forskningsdata (NSD). Ettersom jeg benytter data fra TLD behøver jeg ikke søke på nytt til NSD. I prosjektet er det både barn og voksne som testes. Foreldre informerer om barnets utvikling og eventuell forekomst av vansker i nær familie. Siden mennesker er involvert som forskningsobjekter, blir det viktig at forskerne arbeider ut i fra en grunnleggende respekt for menneskeverdet, noe som er i tråd med NESH (Den nasjonale forskningsetiske komité for samfunnsvitenskap og humaniora) sine retningslinjer for god forskningsetikk (NESH, 2016). Deltakernes frihet, integritet og medbestemmelse må respekteres. Deltakerne får informasjon om hva forskningsprosjektet innebærer. I og med at barn deltar aktivt er det viktig å poengtere at deres deltagelse er frivillig, til tross for at foreldrene har samtykket til deltakelse. De som gjennomfører datainnsamlingen må ha kompetanse til å møte barn på en tilpasset måte (NSD, 2017). Momenter som må planlegges er hensyn til at testsituasjonen blir tilpasset barnet og at barnet føler seg ivaretatt og trygg i testsituasjonen. Videre må testprotokollene anonymiseres slik at det ikke er mulig å gjenkjenne enkeltindivider (NESH, 2016).



## 4 Resultater

I dette kapitlet blir undersøkelsens resultater beskrevet og analysert. Jeg vil starte med å presentere de deskriptive analyser av de ulike variablene. Deskriptiv statistikk blir benyttet til å vurdere de enkelte variablenes normalfordeling og reliabilitet. Det vil bli gjort deskriptive analyser av variablene fordelt etter gruppe, henholdsvis risikogruppe og kontrollgruppe. Videre vil jeg benytte en uavhengig t-test for å se om det er gruppeforskjeller i de målte variablene. Forskjellen mellom gruppene ble omregnet til en standardisert størrelse, Cohens  $d$ , som gjør det enklere å sammenligne resultat fra henholdsvis risiko- og kontrollgruppen. Det blir deretter gjort en statistisk vurdering av statistisk styrke før forekomsten av barn med dysleksi og matematikkvansker i gruppene blir studert. Korrelasjonsanalyse av de ulike måleinstrumentene vil også bli gjennomført, før jeg avslutter med en regresjonsanalyse. Her vil en multippel regresjonsanalyse bli brukt for å studere styrken de uavhengige variablene har på de avhengige variablene. Rekkefølgen vil påvirke utfallet, derfor vil jeg gjøre en hierarkisk multiple regresjonsanalyse. Dette vil gjøre det mulig å vurdere om sammenhengen mellom fonologiske ferdigheter og aritmetikk og lesing påvirkes når vi kontrollerer for andre alternative forklaringer, som generelle språkferdigheter og tallforståelse. Siden størrelsen på utvalget i undersøkelsen har noe å si er det derfor et poeng å vurdere effektstørrelsen. Ved store utvalg er det ikke uvanlig at man finner signifikante sammenhenger selv på små effekter (Ringdal, 2014). Av denne grunn vil det her være hensiktsmessig å vurdere effekten av variablene ved å studere dens bidrag til endring, i tillegg til å studere om funnene er signifikante.

### 4.1 Deskriptive analyser av de ulike variablene

I tabell 3 og 4 presenteres data fra alle variablene i undersøkelsen. Tabellene gir en oversikt over variablenes gjennomsnitt, standardavvik, skjevhet, kurtosis og Cronbach's alpha-verdier i henholdsvis kontrollgruppen og risikogruppen.

Tabell 3 Frekvenstabell over de ulike testene, kontrollgruppe

<b>Kontrollgruppe</b>	<i>N</i>	Min	Max	Mean	<i>SD</i>	Skjevhet	Kurtosis	C.alpha
Fonemisolasjon	27	2	15	8,52	3,378	-0,079	-0,777	0,868
Fonemkategorisering	24	30	49	40,63	5,306	-0,282	-0,706	0,801
Formulere setninger	27	0	22	6,70	6,360	0,813	-0,285	0,910
Ordlesing	22	1	19	9,86	4,518	-0,219	-0,085	0,826
Nonord	22	3	18	8,14	4,190	0,767	0,017	0,826
Addisjon	22	4	21	11,23	4,375	0,353	-0,482	0,829
Subtraksjon	22	2	19	6,82	4,393	1,580	2,206	0,586
Tallforståelse	22	14	24	17,68	3,061	0,781	-0,301	0,730

Tabell 4 Frekvenstabell over de ulike testene, risikogruppe

<b>Risikogruppe</b>	<i>N</i>	Min	Max	Mean	<i>SD</i>	Skjevhet	Kurtosis	C.alpha
Fonemisolasjon	34	2	16	7,03	3,040	0,692	0,713	0,868
Fonemkategorisering	32	29	57	42,94	6,535	0,021	-0,015	0,801
Formulere setninger	31	0	17	4,23	4,537	1,057	0,546	0,910
Ordlesing	22	2	16	10,45	3,738	-1,163	0,969	0,826
Nonord	21	2	12	7,67	2,671	-0,474	-0,069	0,826
Addisjon	22	4	20	10,27	3,857	0,484	0,475	0,829
Subtraksjon	19	2	11	6,47	2,294	0,053	-0,114	0,586
Tallforståelse	22	11	24	17,86	3,060	0,087	0,267	0,730

Når vi ser på variablenes fordeling er det for å sjekke om den er normalfordelt siden den parametriske statistikken som brukes her forutsetter relativt normalfordelte variabler. Grafen til en normalfordeling har en klokkeformet kurve der det forekommer symmetri om den midterste skåren. En normalfordeling innebærer skjevhet- og kurtosisverdier på 0. Verdier mellom -1 og 1 er også akseptable. Mangel på normalfordeling tilsier at resultatene er sentrerte enten mot høyre eller venstre (Field, 2014). Dersom vi har en høyreskjev kurve, eller positive skjevhetsverdier, sier vi at resultatet innebærer en gulveffekt. Det betyr at oppgavene var for vanskelige for utvalget. I motsatt fall har vi det som kalles takeffekt, altså negative skjevhetsverdier og en venstreskjev kurve. Oppgavene vil være for enkle for de fleste i utvalget (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Kurtosis refererer til fordelings spissitet eller flatet. En fordeling med positiv kurtosis er spiss, mens en negativ kurtosis er flatere (Field, 2014).

Cronbach's alpha er et reliabilitetsmål som sier noe om testenes indre konsistens. Cronbach's alpha kan variere fra 0 til 1. En test har tilfredsstillende reliabilitet dersom alpha-verdien er høy. En alpha-verdi over 0.70 anses som god (Ringdal, 2014).

#### **4.1.1 Vurdering av variabelen fonologisk bevissthet**

Fonologisk bevissthet måles med testene fonemisolasjon og fonemlengdekategorisering. Tabell 3 viser at fordelingen til fonemisolasjon i kontrollgruppen er tilnærmet normalfordelt. En liten skjevhetsverdi tilsier at fordelingen hverken er spesielt høyre- eller venstreskjev. En moderat negativ kurtosisverdi gir en noe flat fordeling. Som det fremkommer av tabell 4 er også fonemisolasjon i risikogruppen tilnærmet normalfordelt. Moderate skjevhet- og kurtosisverdier viser at fordelingen er noe spiss og høyreskjev. Deltesten fonemisolasjon har en Cronbach's alpha som viser at testen har høy reliabilitet.

Fonemlengdekategorisering i kontrollgruppen er rimelig normalfordelt med en liten skjevhetsverdi. Kurtosisverdien indikerer at kurven er noe flat. Fonemlengdekategorisering i risikogruppen er normalfordelt. En liten skjevhetsverdi viser at den hverken er høyre- eller venstreskjev. Lav kurtosisverdi tilsier at fordelingen har en normal spisshet. Alpha-verdien er høy og indikerer god indre konsistens.

#### **4.1.2 Vurdering av variabelen aritmetiske ferdigheter**

Fordelingen til addisjon både i kontroll- og risikogruppen er tilnærmet normalfordelt. Deltesten innehar god reliabilitet med en høy alpha-verdi.

Som vi ser av tabell 3 er subtraksjon ikke normalfordelt i kontrollgruppen. Variabelen viser en helt klar gulveffekt med stor høyreskjevhet. En gulveffekt betyr at testen mest sannsynlig var for vanskelig for mange barn og de har havnet i nedre fordeling (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). I tillegg er kurtosisverdien svært høy, det viser at fordelings tyngdepunkt er alt for spiss sammenlignet med normalfordelingen.

Subtraksjon i risikogruppen er imidlertid normalfordelt med en lav skjevhet- og kurtosisverdi. Cronbach's alpha er på 0.586, hvilket tilsier at testen ikke er spesielt reliabel.

I utgangspunktet skulle jeg slå sammen variablene addisjon og subtraksjon til en felles variabel kalt aritmetiske ferdigheter, men siden deltesten subtraksjon viste seg å avvike fra normalfordelingen må addisjon og subtraksjon sees på hver for seg i de videre analysene.

### **4.1.3 Vurdering av variablene for leseferdigheter**

Variabelen for ordlesing slik den fremstår målt med TLD-testen er relativt normalfordelt i kontrollgruppen. Resultatet viser en liten skjevhet- og kurtosisverdi. I risikogruppen er fordelingen svært venstreskjev og bærer preg av en takeffekt som indikerer at flere av elevene har mestret oppgaven godt. En høy kurtosisverdi indikerer at fordelingen er noe spiss sammenlignet med en normalfordeling. Alpha-verdien tilsier at testen har god reliabilitet.

Nonord er også målt ved hjelp av TLD-testen, og ut i fra tabellene over ser det ut til at variabelen i både risikogruppen og kontrollgruppen er tilnærmet normalfordelt. Testen har god reliabilitet med en høy alpha-verdi.

### **4.1.4 Vurdering av kontrollvariablene**

Grunnleggende språkferdigheter er målt ved hjelp av CELF-4, mens tallforståelse er målt av deltest i TOBANS. Disse variablene benyttes i analysen for å se om fonologisk bevissthet alene forklarer variasjonen innen lesing og aritmetikk etter at grunnleggende språkferdigheter og tallforståelse er kontrollert for. Her følger kommentarer til variablenes fordeling og reliabilitetsmål.

#### **4.1.4.1 Vurdering av variabelen grunnleggende språkferdigheter**

Variabelen «Formulere setninger» er noe avvikende fra å være normalfordelt i risikogruppen. Resultatene viser en stor høyreskjevhet. Kurtosisverdien viser en relativt normal spissitet. I kontrollgruppen er deltesten tilnærmet normalfordelt med en moderat skjevhetsverdi og en liten kurtosisverdi. Deltesten har en Cronbach's alpha-verdi på 0.91, noe som sier oss at testen i høy grad er reliabel (Semel, Wiig, & Secord, 2003).

#### **4.1.4.2 Vurdering av variabelen tallforståelse**

Fordelingen av variabelen «tallforståelse» er tilnærmet normalfordelt i kontrollgruppen med en moderat skjevhetsverdi og liten kurtosisverdi. Slik det fremkommer av tabell 4 er også fordelingen i risikogruppen normalfordelt. Alpha-verdien viser at testen har en akseptabel reliabilitet.

## **4.2 Analyser av gruppeforskjeller**

En uavhengig t-test er benyttet for å sammenligne henholdsvis risikogruppen og kontrollgruppens ferdigheter i de ulike variablene. På bakgrunn av t-testen kan vi trekke

slutninger fra utvalget til populasjonen (Johannessen, 2009). Hvor stor forskjell det er mellom gruppene blir også sett på med en standardisert størrelse, Cohens *d*. Cohens *d* er en effektstørrelse som blir uttrykt i standardavviksenheter. En effektstørrelse på -1.0 viser risikogruppen skårer en standardavviksenhet lavere enn kontrollgruppen. Tommelfingerregler på effektstørrelse er usikre og må sees i forhold til fenomenet som studeres. Cohen har imidlertid foreslått en tommelfingerregel at  $d=0.2$  tilsvarer liten effekt, middels effekt tilsvarer  $d=0.5$  og stor effekt gir  $d=0.8$  (Melby-Lervåg, 2010).

Delt inn etter risikogruppe og kontrollgruppe ser resultatene for variablene slik ut:

Tabell 5 Gruppeforskjeller i de fonologiske bevissthetsvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens *d*

	Risiko			Kontroll			<i>t</i> (61)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
<b>Fonemisolasjon</b>	27	7,03	3,040	34	8,52	3,378	1,809	0,076	-0,464
<b>Fonemlengde</b>	32	42,94	6,535	24	40,63	5,306	-1,417	0,162	0,391

Tabell 6 Gruppeforskjeller i utfallsvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens *d*

	Risiko			Kontroll			<i>t</i> (61)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
<b>Addisjon</b>	22	10,27	3,857	22	11,23	4,375	0,768	0,447	-0,232
<b>Subtraksjon</b>	19	6,47	2,294	22	6,82	4,393	0,307	0,760	-0,103
<b>Ord</b>	22	10,45	3,738	22	9,86	4,518	-0,473	0,639	0,143
<b>Nonord</b>	21	7,67	2,671	22	8,14	4,190	0,436	0,665	-0,137

Tabell 7 Gruppeforskjeller i kontrollvariablene med effektstørrelse uttrykt i Cohens *d*

	Risiko			Kontroll			<i>t</i> (61)	<i>p</i>	Cohens <i>d</i>
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>			
<b>Formulere setninger</b>	31	4,23	4,537	27	6,70	6,360	1,685	0,099	-0,433
<b>Tallforståelse</b>	22	17,86	3,060	22	17,68	3,061	-0,197	0,845	0,059

#### 4.2.1 Gruppeforskjeller i fonologiske ferdigheter

I deltesten fonemisolasjon viser en t-test for uavhengige utvalg at det ikke er signifikante forskjeller mellom gruppene. Der er riktignok bare 8 % sjanse for at vi tar feil om vi sier at ulikhetene i gjennomsnitt og standardavvik for gruppene innen fonemisolasjon skyldes risikofaktorer for å utvikle dysleksi.

Effektstørrelsen er på  $-0.464$  og kategoriseres som rett i underkant av middels. En negativ effektstørrelse vil si at det er i kontrollgruppens favør. Effektstørrelsen viser at 68 % av kontrollgruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til risikogruppen og at det er 82 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen. Dersom man trekker en tilfeldig elev fra kontrollgruppen er det 63 % sjanse for at den eleven gjør det bedre enn en tilfeldig trukket person fra risikogruppen.

Innen fonemlengdekategorisering viser en t-test at det heller ikke her er signifikante forskjeller mellom gruppene. Der er 16 % sannsynlighet for at vi tar feil dersom vi mener at variasjonen i ordavkodning skyldes risiko. Effektstørrelsen på  $0.391$  er under middels, i risikogruppens favør og viser at 65 % av risikogruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til kontrollgruppen.

#### **4.2.2 Gruppeforskjeller i aritmetiske ferdigheter**

En t-test for uavhengige utvalg viser at det ikke er signifikante forskjeller på risiko og kontrollgruppens prestasjoner innen addisjon. Den to-halete signifikansen er  $0.447$ , noe som vil si at det er 45 % sjanse for at vi tar feil om vi sier at ulikhetene i gjennomsnitt og standardavvik for gruppene skyldes risikofaktorer for å utvikle dysleksi.

Effektstørrelsen for variasjonen mellom gruppene i addisjon er  $d=-0.232$ . Noe som betyr at 59 % av kontrollgruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til risikogruppen og at det er 91 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen. Dersom man trekker en tilfeldig elev fra kontrollgruppen er det 57 % sjanse for at den eleven gjør det bedre enn en tilfeldig trukket person fra risikogruppen.

Heller ikke innen subtraksjon er det signifikante forskjeller mellom gruppene. Innen subtraksjon er det 76 % sjanse for at vi tar feil dersom vi mener ulikhetene skyldes risiko.

Effektstørrelsen for variasjon i subtraksjon er  $d=-0.103$ . Også her er effektstørrelsen i kontrollgruppens favør. 54 % av kontrollgruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til risikogruppen og at det er 96 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen. Sjansen for å trekke en tilfeldig elev fra kontrollgruppen som gjør det bedre enn en tilfeldig trukket person fra risikogruppen er 53 %.



### **4.2.3 Gruffeporskjeller i leseferdigheter**

For ordlesing viser en t-test for uavhengige utvalg at det ikke er signifikante forskjeller på gruppene korrekte ordavkodning. Der er 64 % sannsynlighet for at vi tar feil dersom vi mener at variasjonen i ordavkodning skyldes risiko. Effektstørrelsen på 0.143 er liten, i risikogruppens favør og viser at 56 % av risikogruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til kontrollgruppen og at det er hele 94 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen.

Innen nonordlesing er det heller ikke signifikante forskjeller mellom gruppene. Der er 67 % sannsynlighet for at vi tar feil dersom vi mener at variasjonen i rask avkodning skyldes risiko. Effektstørrelsen på -0.137 er i kontrollgruppens favør, riktignok er effekten liten.

### **4.2.4 Gruffeporskjeller i kontrollvariabler**

Heller ikke generelle språkferdigheter viser en signifikant forskjell mellom gruppene. Her fremkommer det en forskjell i standardavviket mellom gruppene og det sier oss at det kan være flere for eksempel i ytterkantene av risikogruppen. Den to-halete signifikansen er 0.099, noe som vil si at det kun er 10 % sjans for at vi tar feil om vi sier at ulikhetene i gjennomsnitt og standardavvik for gruppene skyldes risikofaktorer for å utvikle dysleksi. Effektstørrelsen er - 0.433 og viser at 67 % av kontrollgruppen skårer bedre enn gjennomsnittsskåren til risikogruppen og at det er 83 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen. Sjansen for å trekke en tilfeldig elev fra kontrollgruppen som gjør det bedre enn en tilfeldig trukket person fra risikogruppen er 62 %.

Innen tallforståelse viser t-testen at det ikke er signifikante forskjeller mellom gruppene. Det er hele 85 % sannsynlighet for at vi tar feil dersom vi mener at variasjonen i ordavkodning skyldes risiko. Effektstørrelsen er svært liten (0.059) og viser at kontrollgruppen skårer 52 % bedre enn gjennomsnittsskåren til risikogruppen og at det er hele 97 % overlapp mellom kontroll- og risikogruppen. Sjansen for å trekke en tilfeldig elev fra kontrollgruppen som gjør det bedre enn en tilfeldig trukket person fra risikogruppen er 52 %.

## **4.3 Statistisk styrke**

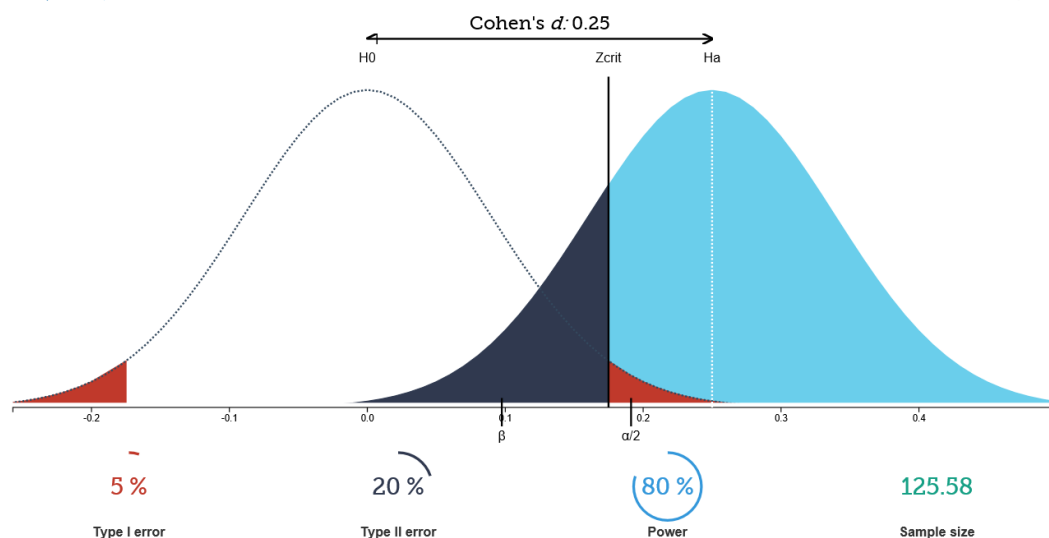
Dersom sammenhengen er statistisk signifikant og rimelig sterk anser vi at prosjektet innehar god statistisk validitet (Lund, 2002). Dersom vi finner en slik sammenheng vet vi at det mest sannsynlig ikke er tilfeldig og dermed ikke skyldes feilaktige slutninger. Dersom vi har

signifikante funn kan det likevel oppstå feilaktige slutninger, altså type I-feil. Dersom vi imidlertid ikke får signifikante funn kan vi begå en feilslutning av type II-feil (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

Lav statistisk styrke øker sjansen for å gjøre en type II-feil, altså å overse sammenhenger eller gruppeforskjeller. Det er derfor viktig å vurdere om undersøkelsen har hatt for lav statistisk styrke og at vi dermed ikke har klart å fange opp reelle forskjeller mellom gruppene. Utvalgsstørrelse er avgjørende for statistisk styrke (Ringdal, 2014). Lav statistisk styrke er en trussel mot statistisk validitet.

Som det fremkommer av analysen av gruppeforskjeller over finner vi ikke signifikante forskjeller mellom gruppene. Dette kan skyldes at utvalget er for lite og på bakgrunn av det har jeg valgt å gjøre en statistisk vurdering av statistisk styrke. Her vil jeg se på hvor mange jeg må ha i hver gruppe for at en effektstørrelse på  $d=0.25$  skal være signifikant i 80 % av tilfellene. Signifikansnivået settes til 5 %.

*Figur 1 Nødvendig antall i utvalget for at  $d=0.25$  skal være signifikant i 80 % av tilfellene*

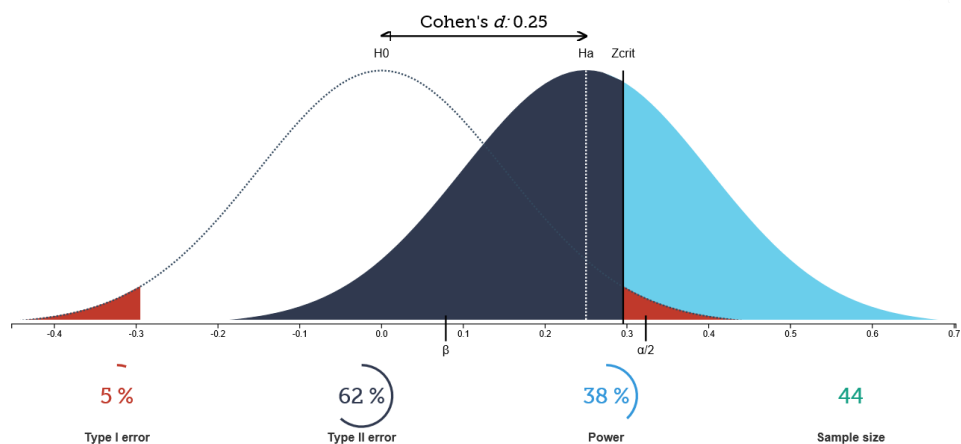


(Magnusson, 2018)

Cohens  $d$  varierer mellom 0.232 og 0.103 innen addisjon og subtraksjon der utvalget vårt består av totalt 44. I figur 1 ser vi at med en Cohens  $d$  på 0.25 må utvalget i hver gruppe bestå av 63 elever for at det skal være signifikant i 80 % av tilfellene når det gjelder aritmetiske ferdigheter. Sannsynligheten for å gjøre en type II-feil er 20 %. Jo høyere antall i gruppene, jo mindre sjanse er det for å gjøre en type II-feil. Det må altså være totalt 126 personer i utvalget

for at vi skal ha den statistiske styrken som er det som vanligvis regnes som et ønskelig nivå. Her har vi altså langt svakere statistisk styrke enn ønskelig og det øker risikoen for type II-feil.

Figur 2 Antall prosent av tilfellene det er signifikante forskjeller i utvalget vårt



(Magnusson, 2018)

Utvalget vi faktisk har i aritmetiske ferdigheter, består av i alt 44 elever. Som nevnt i metodekapittelet skyldes dette «missing data» ved tidspunkt 10 (2. trinn) siden ikke alle barna er kartlagt foreløpig. Dette utvalget er signifikant i kun 38 % av tilfellene som vi ser av figur 2. Den statistiske styrken er dermed svak (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

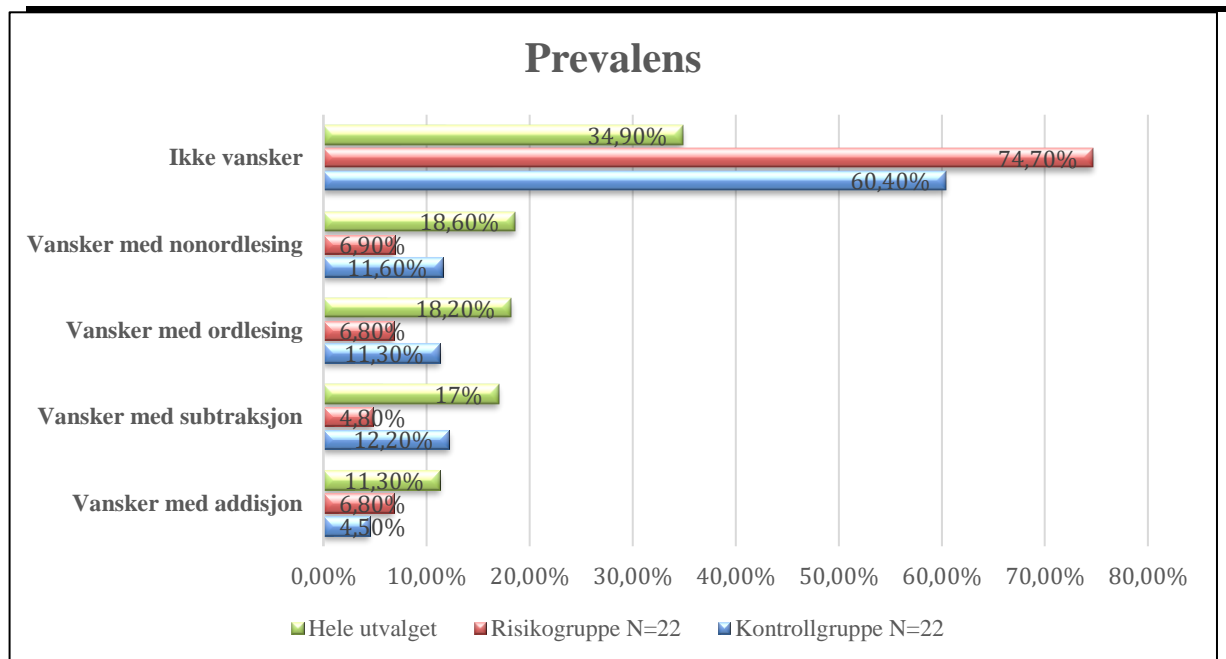
Sannsynligheten for å gjøre en type I-feil er gitt av signifikansnivået, som er satt til 0.05 (5 %). Det vil si dersom vi konkluderer med at det er en signifikant sammenheng når det ikke er det og dermed feilaktig forkastet nullhypotesen (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

Det er 62 % sannsynlighet for å gjøre type II-feil, altså dersom vi unnlater å forkaste nullhypotesen og konkluderer med at det ikke er en signifikant sammenheng når det faktisk er det (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Vi har da foretatt en feilslutning (type II) og sagt at det ikke er en forskjell når det egentlig er det. Vi kan ha oversett en reell forskjell.

#### 4.4 Prevalens av barn med dysleksi og matematikkvansker

Her skal jeg se nærmere på forekomsten i gruppene når det gjelder vansker med aritmetikk og lesing. Resultatene er omgjort til Z-scores og «cut-off» er satt til 1 standardavviksenhet fra gjennomsnittet. Tabellen nedenfor viser hvor mange (oppført i prosent) som ligger under 16.prosentil (1 *SD* fra gjennomsnittet).

Figur 3 Prevalens i gruppene ved cut-off på 16.prosentil

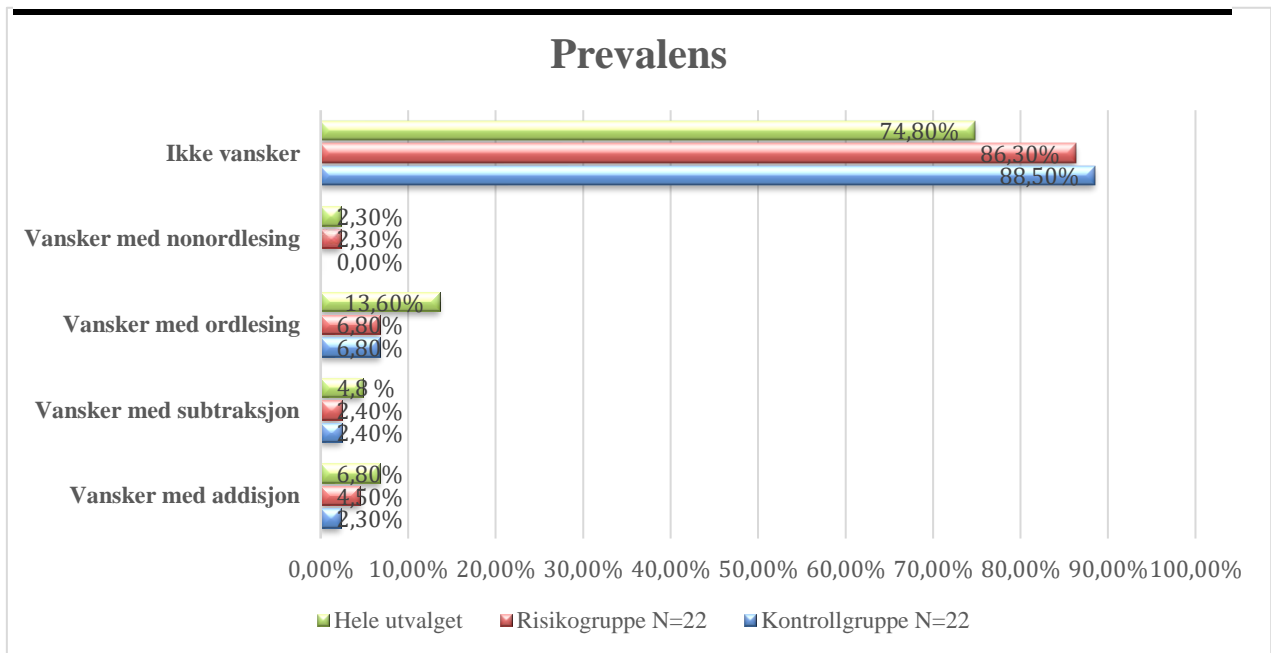


Som vi ser i figur 3 har kontrollgruppen høyere andel av elever som strever med ordavkodning og aritmetikk. Det er kun innen addisjon at en høyere andel av elever i risikogruppen strever. Prevalensen varierer mellom 4-12 %. Når det gjelder andelen av elever i risikogruppen som har vansker med aritmetikk er andelen på 4-7 %, hvilket er i samsvar med Ostads (2010) estimat når det gjelder komorbiditet. Prosentandelen for vansker med aritmetikk og lesing er også i samsvar med tidligere nevnt teori for forekomsten av vanskene (Hulme & Snowling, 2009; Ostad, 2010; Geary, 2013). Det er viktig å poengtere at prevalensen som undersøkes her vil ha en tentativ funksjon siden utvalget mitt er lite.

Forskning viser at barn med familiær risiko for dysleksi, som ikke utvikler dysleksi likevel har svakere leseferdighet sammenlignet med en kontrollgruppe (Scarborough, 1991; Gallagher, Frith, & Snowling, 2000; Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Dermed blir det glidende overganger mellom de med og uten dysleksi, siden de med familierisiko ofte også

har vansker. I denne undersøkelsen kan det da innebære at flere av risikobarna strever med lesing, men riktignok i mindre alvorlig grad. Ved å sette «cut-off» til 1.5 SD fra gjennomsnittet og dermed benytte en strengere grense som skiller vansken fra nedre del av normalvariasjon, kan jeg estimere forekomst av alvorligere vansker.

Figur 4 Prevalens i gruppene ved cut-off på 10.prosentil



Som det fremkommer av figur 4 er andelen som har alvorlige vansker lavere. Prosentandelen ligger mellom 2-7 %. Her er det ikke forskjeller mellom gruppene, foruten i addisjon der risikogruppen har høyere andel av elever som strever. Andelen av elever i risikogruppen som har større aritmetiske vansker ligger mellom 2-5 %, hvilket er mindre enn Ostads (2010) estimat.

#### 4.5 Bivariate korrelasjonsanalyser

Bivariate korrelasjonsanalyser benyttes for å si noe om samvariasjonen mellom de ulike variablene i denne undersøkelsen (Midtbø, 2007). En korrelasjonsanalyse her vil gi oss informasjon som er nyttig å få med i regresjonsanalysen i kapittel 4.6.

Tabellen viser styrkeforholdet innad i testene som måler fonologisk bevissthet, leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter. Samvariasjonen er oppgitt ved hjelp av Pearsons korrelasjonskoeffisient, Pearsons  $r$ . En korrelasjon på 0 indikerer at det ikke er en

sammenheng, mens en korrelasjon på 1 indikerer at det er en perfekt sammenheng. Høye verdier på den ene variabelen sammen med høye verdier på den andre variabelen gir en positiv korrelasjon. En negativ korrelasjon gir høye verdier på den ene variabelen og lave på den andre (Midtbø, 2007). Når Persons  $r$  er mellom 0.30 og 0.49 sier vi at styrken er medium. Over 0.5 viser en god styrke (Ringdal, 2014).

Tabell 8 Korrelasjonen mellom målte variabler

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1 Fonemisolasjon</b>	-							
<b>2 Fonemlengdekategorisering</b>	,224	-						
<b>3 Formulere setninger</b>	,412**	,148	-					
<b>4 Ord</b>	,090	,090	-,136	-				
<b>5 Nonord</b>	-,077	,045	-,246	,706**	-			
<b>6 Addisjon</b>	,243	,290	,092	,371*	,290	-		
<b>7 Subtraksjon</b>	-,010	,075	-,027	,406**	,374*	,607**	-	
<b>8 Tallforståelse</b>	,091	,264	,198	,287	,257	,578**	,738**	-

\*\* . Korrelasjonen er signifikant på 0.01 nivå (2-halet).

\* . Korrelasjonen er signifikant på 0.05 nivå (2-halet).

Som det fremgår av tabell 8 er det ulikt styrkeforhold mellom de ulike deltestene. Sterkest sammenheng er det mellom ord og de andre utfallsvariablene, mellom subtraksjon og de andre utfallsvariablene samt mellom kontrollvariabelen tallforståelse og addisjon og subtraksjon. Her er målingene signifikante og styrken er medium til god. De aller fleste er signifikant på 0.01 nivå, noe som betyr at vi med 99 % sikkerhet kan si at sammenhengen ikke er tilfeldig (Midtbø, 2007). Dette gjør det interessant å se på korrelasjonens størrelse og forklaringsvarians ( $r^2$ ).

Videre ser vi at addisjon korrelerer middels med de fleste andre variablene.

Variablene for fonologisk bevissthet ser ut til å korrelere dårlig med de fleste variablene. Det er kun signifikante målinger mellom fonemisolasjon og formulere setninger (0.412,  $p < 0.05$ ), der variasjonen forklarer 17 %.

Styrken på korrelasjonen mellom kontrollvariablene, tallforståelse og generell språkforståelse, er 0.198. Det vil si at skåren på den ene testen forklarer 4 % av skåren på den andre.

Korrelasjonen er svak.

Korrelasjonen mellom kontrollvariabelen generelle språkferdigheter og de avhengige variablene (addisjon, subtraksjon, nonord og ord) er svak. Den svakeste korrelasjonen finner vi mellom språkferdigheter og subtraksjon (-0.027). Språkferdigheter forklarer kun 0.5 % av variasjonen i subtraksjon.

Korrelasjonen mellom tallforståelse og aritmetiske ferdigheter er sterk, med henholdsvis 0.578 for addisjon og 0.738 for subtraksjon. Sammenhengen er høy. 33.4 % av variasjonen i addisjon kan tilskrives tallforståelse og 54.5 % av variasjonen i subtraksjon kan tilskrives tallforståelse. Ser vi på tidligere forskning om tallforståelses påvirkning på aritmetiske ferdigheter stemmer dette godt overens (Gobel, Watson, Lervåg, & Hulme, 2014).

Korrelasjonen mellom nonord og ord er sterk (0.706,  $p < 0.01$ ).

Selv om korrelasjonen innad i enkelte av målingene er gode kan vi ikke si med sikkerhet at vi har en klar årsakssammenheng. Vi vet heller ikke om sammenhengen skyldes andre forklaringer (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

## **4.6 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse**

Sammenhengen mellom fonologiske ferdigheter i førskole og leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter i 2. trinn blir her analysert ved hjelp av regresjonsanalyse. Siden jeg har flere variabler benyttes multippel regresjonsanalyse.

I multippel regresjonsanalyse ser vi om det er en sammenheng mellom flere uavhengige variabler og en avhengig variabel. Metoden benyttes for å fastslå hvilken variabel som best predikerer avhengig variabel. Dette kan bidra til å styrke den indre validiteten i studien (Kleven, 2002b). Det vil være mulig å vurdere hvordan sammenhengen mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske- og leseferdigheter påvirkes når det kontrolleres for andre forklaringer, som generelle språkferdigheter og tallforståelse. Ved å utføre flere sett med analyser vil det være mulig å sjekke fonologisk bevissthets betydning på aritmetikk og lesing både i kontrollgruppen og i risikogruppen. Ved å benytte hierarkisk multippel regresjon kan jeg se om den ene variabelen skal prioriteres foran den andre (Kleven, 2002b). At regresjonen gjennomføres hierarkisk betyr at de uavhengige variablene legges inn i prioritert rekkefølge. Det gjør at jeg kan undersøke hvordan nye variabler endrer effekten og øker predikert varians på andre variabler som er med i analysen (Christophersen, 2009). Siden det er funnet få

forskjeller mellom kontrollgruppen og risikogruppen vil disse slås sammen i regresjonsanalysen.

Forskningsdesignet bestemmer rekkefølgen på variablene. Den sentrale hypotesen er at fonologisk bevissthet predikerer utfallsvariablene, som her er regning og lesing. Derfor settes kontrollvariablene, som her er tallforståelse og språkferdigheter, først og fonologisk bevissthet sist (Johannessen, 2009).

I det følgende vil de ulike analysene bli presentert. Addisjon, subtraksjon, ordlesing og nonordlesing ble benyttet som avhengige variabler, mens de uavhengige variablene for tallforståelse, generell språkforståelse og fonologisk bevissthet ble brukt som prediktorer.

Variabelen fonologisk bevissthet består her av deltesten fonemisolasjon. Fonemlengdekategorisering er valgt bort fordi den vil utgjøre en trussel mot undersøkelsens begrepsvaliditet. Testen gir rom for å gjette, i tillegg krever den at barnet forstår begreper. Som det fremkommer av den uavhengige t-testen har risikogruppen høyere gjennomsnitt enn kontrollgruppen i fonemlengdekategorisering. På bakgrunn av dette har jeg valgt å ikke slå den sammen med fonemisolasjon til en ny variabel for fonologisk bevissthet.

#### 4.6.1 Aritmetiske ferdigheter

Tabell 9 Hierarkisk multipl regressjonsanalyse som predikerer addisjon ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet

Steg	Variabel	Multipl korrelasjon ( $R^2$ )	Variabelens bidrag til endring ( $R^2$ Change)	Signifikans
1	Språkforståelse	0,008	<0,001	0,568
2	Tallforståelse	0,344	0,336	0,000**
3	Fonemisolasjon	0,352	0,007	0,521

\*Korrelasjonene er signifikante på 0,05 nivå. \*\* Korrelasjonen er signifikante på 0,01 nivå

Tabellen viser at variablene tallforståelse, språkforståelse og fonemisolasjon samlet forklarer 34.4 % av variasjonen i addisjon. Tallforståelse står for 33.6 %, språkforståelse for < 0.1 % og fonologisk bevissthet forklarer 0.7 %. Tallforståelse er den variabelen som forklarer best varians og her er forklaringseffekten signifikant. Det ser altså ut til at tallforståelse har større betydning for addisjon enn fonologisk bevissthet. Fonologisk bevissthet forklarer i denne



analysen kun 0.7 % av variasjonen i addisjon etter at det er kontrollert for språkforståelse og tallforståelse.

Tabell 10 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer subtraksjon ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet

Steg	Variabel	Multippel korrelasjon ( $R^2$ )	Variabelens bidrag til endring ( $R^2$ Change)	Signifikans
1	Språkforståelse	0,001	<0,001	0,868
2	Tallforståelse	0,565	0,564	0,000**
3	Fonemisolasjon	0,565	0,000	0,868

\*Korrelasjonene er signifikante på 0,05 nivå. \*\* Korrelasjonen er signifikante på 0,01 nivå

Fonologisk bevissthet forklarer i denne analysen ikke variasjonen i subtraksjon etter at det er kontrollert for språkforståelse og tallforståelse. Tallforståelse er den variabelen som forklarer best varians med 56.4 % og her er forklaringseffekten også signifikant på 0.01 nivå.

Ut i fra analysene ser tallforståelse ut for å ha størst betydning for aritmetiske ferdigheter.

## 4.6.2 Leseferdigheter

Tabell 11 Hierarkisk multippel regresjonsanalyse som predikerer ordavkodingsferdigheter ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet.

Steg	Variabel	Multippel korrelasjon ( $R^2$ )	Variabelens bidrag til endring ( $R^2$ Change)	Signifikans
1	Språkforståelse	0,018	<0,001	0,391
2	Tallforståelse	0,109	0,091	0,053
3	Fonemisolasjon	0,111	0,002	0,770

\*Korrelasjonene er signifikante på 0,05 nivå. \*\* Korrelasjonen er signifikante på 0,01 nivå

Tabellen viser at variablene tallforståelse, språkforståelse og fonologisk bevissthet samlet forklarer 9.4 % av variasjonen i ordlesing. Fonologisk bevissthet forklarer kun 0.2 % av variasjonen i ordavkodingsferdigheter etter at det er kontrollert for språkforståelse og tallforståelse.

Tabell 12 Hierarkisk multipl regressjonsanalyse som predikerer nonordlesing ut fra generelle språkferdigheter, tallforståelse og fonologisk bevissthet.

Steg	Variabel	Multipl korrelasjon ( $R^2$ )	Variabelens bidrag til endring ( $R^2$ Change)	Signifikans
1	Språkforståelse	0,060	0,004	0,117
2	Tallforståelse	0,155	0,095	0,043
3	Fonemisolasjon	0,155	0,000	0,899

\*Korrelasjonene er signifikante på 0,05 nivå. \*\* Korrelasjonen er signifikante på 0,01 nivå

Fonologisk bevissthet forklarer i denne analysen ikke variasjonen i lesing av nonord etter at det er kontrollert for språkforståelse og tallforståelse. Tallforståelse er den variabelen som forklarer best varians med 9.5 %, men forklarings effekten er ikke signifikant.

## 5 Drøfting av resultater

Forskning på komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker viser ikke entydige funn. Gjennomgått teori og empiri viser at fonologisk bevissthet er viktig for utviklingen av leseferdigheter (Caravolas, et al., 2012; Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Flere studier viser også en sammenheng mellom fonologiske prosesseringsferdigheter og aritmetiske ferdigheter der fonologisk bevissthet ser ut til å ha størst effekt på senere aritmetiske ferdigheter (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Krajewski & Schneider, 2009). Andre undersøkelser gir imidlertid ikke støtte til dette. Denne undersøkelsen har altså til hensikt å 1) studere komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker, i tillegg til 2) å undersøke om tidlige fonologiske prosesseringsferdigheter predikerer senere leseferdigheter og aritmetiske ferdigheter.

### 5.1 Oppsummering av analyser og funn

I de deskriptive analysene i forrige kapittel kommer det frem at de aller fleste variabler er normalfordelte. Unntaket gjelder i subtraksjon i kontrollgruppen der det er en gulveffekt og ordlesing i risikogruppen som bærer preg av takeffekt. Språkferdigheter i risikogruppen er heller ikke normalfordelt.

Gjennom en t-test hvor risikogruppen og kontrollgruppens gjennomsnitt er sammenlignet viser resultatene at det ikke er signifikante forskjeller mellom gruppene i noen av variablene. Oppsummert kan vi si at det er stor grad av overlapp mellom gruppene og sannsynligheten for at vi tar feil om vi sier at ulikhetene i gjennomsnitt og standardavvik for gruppene skyldes risikofaktorer for å utvikle dysleksi er rimelig stor. En vurdering av statistisk styrke viser at undersøkelsen har en lav styrke. Dersom det skal være statistisk signifikant i 80 % av tilfellene måtte vi hatt et mye større utvalg av barn. Når det er sagt, effektstørrelsen er ikke sterk i noen av målingene, og vi måtte hatt store utvalg (omtrent 60 i hver gruppe) for å nå signifikans. De største gruppeforskjellene finner vi i favør av kontrollbarna på variablene fonemisolasjon, addisjon og formulere setninger.

Forekomst av komorbiditet, i dette tilfellet elever i risikogruppen med aritmetiske vansker, er estimert til 2-5 % når kuttpunkt er satt til 1.5 *SD* og 4-7 % ved 1.0 *SD*. Sammenlignet med tidligere forskning ser det altså ut til å være sameksistens i denne undersøkelsen, men mindre når vanskene er mer alvorlig (Ostad, 2010). I kontrollgruppen er det færre elever som strever

med addisjon og flere som strever med subtraksjon ved «cut-off» på 1 *SD*. I subtraksjon er forekomsten av elever med vansker høy, med hele 12 %. Dette kan skyldes gulveffekt. Når «cut-off» endres til 1.5 *SD* er forekomsten i kontrollgruppen med aritmetiske vansker i underkant av 3 %.

Når det gjelder korrelasjoner, er det særlig et par ting som er verdt å merke seg. Én er den svært svake korrelasjonen mellom lesing og fonologisk bevissthet. Dette er et noe overraskende funn i lys av tidligere forskning, hvor man gjennomgående har funnet korrelasjon mellom lesing og fonologisk bevissthet. Det er imidlertid mulig at barna her, siden de går i andre klasse, er forbi det stadiet hvor fonologisk bevissthet er viktig for leseutvikling. En annen mulig forklaring innebærer at benevningshastighet har tatt over som viktig prediktor for avkoding (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Dette fordi forbedring i leseferdighet på dette stadiet handler mer om å utvikle god leseflyt. Når det gjelder korrelasjonen mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske ferdigheter er denne lav. Det samme gjelder for fonologisk bevissthet og tallforståelse. I midlertid er det sterk korrelasjon mellom tallforståelse og aritmetiske ferdigheter, der sammenhengen er signifikant.

Hierarkisk multipel regresjonsanalyse viser at fonologisk bevissthet i svært liten grad forklarer variasjonen i leseferdighet og aritmetikk når generelle språkferdigheter og tallforståelse er kontrollert for. Tallforståelse har størst betydning for aritmetiske ferdigheter og forklaringseffekten er signifikant både i addisjon og subtraksjon. I subtraksjon forklarer tallforståelse best variasjon med 56 % og her var sammenhengen signifikant på 0.01 nivå.

Videre i dette kapittelet blir undersøkelsens reliabilitet og validitet vurdert før resultatene blir drøftet i lys av tidligere teori og empiri. Avslutningsvis blir pedagogiske konsekvenser og behov for fremtidige studier vurdert.

## **5.2 Undersøkelsens validitet og reliabilitet**

Validitet og reliabilitet i tilknytning til undersøkelsens resultater blir her diskutert i lys av Cook og Campbells validitetssystem. Validitet handler om slutningens gyldighet (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). I det følgende vil jeg se på holdbarheten til slutningene fra undersøkelsen med bakgrunn i Cook og Campbells fire kvalitetskrav; begrepsvaliditet, statistisk validitet, indre- og ytre validitet. For hver av disse er det formulert såkalte trusler som kan gjøre det vanskelig å oppnå valide slutninger (Lund, 2002).

### 5.2.1 Statistisk validitet

Cook og Campbell ser på statistisk validitet som en forutsetning for å sjekke ut de andre kvalitetskravene (Lund, 2002). Statistisk validitet handler om hvorvidt avhengig og uavhengig variabel korrelerer og hvordan styrken på denne samvariasjonen er (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). God statistisk validitet kjennetegnes ved at sammenhengen er statistisk signifikant og rimelig sterk (Lund, 2002). Dersom undersøkelsen har en statistisk invaliditet er det strengt tatt ikke hensiktsmessig å sjekke ut de andre kravene, ifølge Cook og Campbell. Samtidig mener de at statistisk validitet kan være tilfredsstillende selv om de andre tre kravene ikke holder mål. Dersom vi finner en statistisk signifikant og rimelig sterk sammenheng, betyr det at sammenhengen mest sannsynlig ikke er tilfeldig og dermed ikke skyldes feilaktige slutninger. Vi kan derimot likevel få feilaktige slutninger. Disse kan vi dele inn i type I- og type II-feil (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Dersom vi gjør en type I-feil har vi feilaktig forkastet nullhypotesen ved at vi har konkludert med at det er en signifikant sammenheng, når det egentlig ikke er det. Type II-feil innebærer at vi har unnlatt å forkaste nullhypotesen, altså at vi har konkludert med at det ikke er en signifikant sammenheng når det faktisk er det (Shadish, Cook, & Campbell, 2002).

I denne undersøkelsen dreier statistisk validitet seg om to ting: 1) hvorvidt det er forskjeller mellom kontroll- og risikogruppen, og i så fall hvor stor forskjellen er og 2) hvorvidt fonologisk bevissthet forklarer variasjon i aritmetiske ferdigheter i 2. trinn. Når det gjelder det første punktet er gruppeforskjeller analysert ved hjelp av en t-test for uavhengige utvalg. For nullhypotesetesting er det vanlige å kreve at  $p < 0.05$  for at resultatet skal være statistisk signifikant (Ringdal, 2014). I denne undersøkelsen fant vi ikke signifikante forskjeller mellom gruppene på noen av variablene. Effekten er heller ikke sterk. Cohens  $d$  varierer mellom 0.1 og 0.5. Vi kan altså konkludere med at det ikke er forskjeller i gruppene når det gjelder aritmetikk og lesing. Det vil si at beholder nullhypotesen i den første problemstillingen. Med det innebærer en viss risiko for å gjøre en type II-feil, altså at vi kan ha oversett en reell sammenheng. En statistisk vurdering av statistisk styrke, slik det fremkommer av analysene i kapittel 4.3, viser at en slik sammenheng er knyttet til antall i utvalget. Siden det ikke fremkommer signifikante forskjeller mellom gruppene ble det gjort en vurdering av statistisk styrke. Den viser at utvalget bør bestå av minimum 126 deltakere for at det skal ha den statistiske styrken som vanligvis regnes som et ønskelig nivå, altså være statistisk signifikant i 80 % av tilfellene. Utvalget vårt, som består av 44 deltakere, har en statistisk styrke på bare

33 %. Altså kan det hende vi har fått signifikante forskjeller dersom utvalget vårt hadde bestått av flere barn. Undersøkelsen innehar altså en lav statistisk styrke. Som nevnt tidligere kan dette skyldes at det er flere missing data ved 2. trinn (time 10) fordi alle elevene er ikke testet foreløpig, og grunnet «listwise deletion» i analyseprogrammet SPSS.

En potensiell trussel mot den statistiske validiteten gjør seg gjeldende siden subtraksjon i kontrollgruppen er preget av gulveffekt og ordlesing i risikogruppen av takeffekt. Dette gjør at det kan være variasjoner som ikke fremkommer av testen. Effektstørrelsen er som nevnt statistisk ubetydelig, noe som bidrar til å styrke sjansen for at det er riktig å akseptere nullhypotesen.

For undersøkelsens andre hypotese om hvorvidt fonologisk bevissthet forklarer variasjon i aritmetiske ferdigheter i 2. trinn, er hierarkisk multippel regresjonsanalyse benyttet for å undersøke dette. Når det kontrolleres for tallforståelse og språkforståelse, er ikke sammenhengen mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske ferdigheter signifikant. Dette innebærer at vi også her beholder nullhypotesen. Av denne grunn må type II-feil vurderes her. Dersom vi har oversett en reell sammenheng kan det trolig tilskrives utvalgsstørrelsen. Effektstørrelsen er god her, noe som støtter antakelsen om at dersom utvalget hadde vært større, kunne funnene blitt signifikante. Når det gjelder korrelasjonen mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske ferdigheter er denne lav. Dette sannsynliggjør at samvariasjonen er tilfeldig, noe som bidrar til å svekke den statistiske validiteten.

Statistisk validitet trues av svak reliabilitet. Reliabilitet uttrykker om undersøkelsen er fri for tilfeldige målefeil. Reliabilitet sier med andre ord noe om hvor pålitelig og presis masterprosjektet er (Kleven, 2002a). Svak reliabilitet kan skyldes tilfeldige målefeil eller upresise og/eller ikke-objektive datainnsamlingsmetoder (Ringdal, 2014). I vårt tilfelle kan tilfeldige målefeil utgjøre en trussel mot statistisk validitet (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Dersom dette hadde vært en reell trussel ville det ha gitt seg utslag på testenets reliabilitetskoeffisient. Denne undersøkelsen baserer seg på resultat fra måleinstrumenter og det er derfor viktig å vurdere de ulike testenets reliabilitet (Midtbø, 2007). Som det fremkommer i resultatkapittelet er reliabilitetsmålet til testene oppgitt i Cronbach's alpha. Cronbach's alpha sier noe om testenets indre konsistens. Alpha-verdien variere fra 0 til 1. En test har tilfredsstillende reliabilitet dersom alpha-verdien er høy, og verdier over 0.7 anses

som god (Ringdal, 2014). Alle testene, foruten subtraksjon med verdi på 0.59 (på grunn av gulveffekt), fikk en høy alpha-verdi. De vurderes derfor til å ha god indre konsistens og bidrar til å styrke undersøkelsens statistiske validitet (Lund, 2002).

### 5.2.2 Begrepsvaliditet

I pedagogisk forskning studerer vi teoretiske begrep som i seg selv ikke er direkte observerbare. Vi forsøker å måle abstrakte begreper, som for eksempel *fonologisk bevissthet* og *aritmetiske ferdigheter*. Hvor godt vi har klart å operasjonalisere begrepene vil derfor påvirke begrepsvaliditeten (Kleven, 2002a). I denne studien dreier det seg om det er samsvar mellom variablene uttrykt med begrepene *fonologisk bevissthet*, *aritmetiske ferdigheter*, *leseferdigheter*, *tallforståelse* samt *generelle språkferdigheter* og de måleinstrumentene som skal måle disse variablene. For eksempel er *aritmetiske ferdigheter* operasjonalisert som ferdigheter som innebærer at eleven behersker addisjon og subtraksjon uten tierovergang.

Hvorvidt testene som er valgt ut fanger opp *fonologisk bevissthet*, *aritmetiske ferdigheter*, *ordavkodingsferdigheter*, *språkforståelse* og *tallforståelse* vil påvirke begrepsvaliditeten. Resultatet fra testene som er brukt i denne studien er hentet fra et større testbatteri benyttet i TLD. En mulig trussel mot begrepsvaliditeten er at måleinstrumentene jeg har benyttet eksempelvis for fonologisk bevissthet kun representerer noen få fonologiske ferdigheter, og dermed kan gi et for snevert bilde av fonologiske ferdigheter (Kleven, 2002a). Aritmetikk er operasjonalisert som resultatet av addisjon og subtraksjon uten mente fra TOBANS. Graden av begrepsvaliditet vil derfor være avhengig om TOBANS måler det de utgir seg for å måle.

Deltesten Fonemlengdekategorisering gir mulighet for å gjette, hvilket kan forklare hvorfor kontrollgruppen gjør det dårligere enn risikogruppen. I tillegg krever den at barna har god begrepsforståelse. Denne deltesten utgjør en reell trussel for studiens begrepsvaliditet. En annen mulig trussel er om testene er standardiserte eller ikke. TOBANS er ikke normert for norske forhold og TLD-testen ikke er ferdig normert (Kleven, 2002a). I midlertid er CELF-4 standardisert og anses som meget reliabel (Semel, Wiig, & Secord, 2003).

Det bør også nevnes at reliabiliteten vil påvirke begrepsvaliditeten. Feilkilder ved måleinstrumentene kan føre til lav reliabilitet. Dersom testene som benyttes er lite reliable, vil de ikke ha god begrepsvaliditet og dermed utgjøre en trussel mot begrepsvaliditeten (Kleven,

2002a). Som nevnt hadde instrumentene her høy alpha-verdi, og dermed er svak reliabilitet lite relevant for begrepsvaliditet her.

### **5.2.3 Indre validitet**

Indre validitet innebærer om vi kan vise til et kausalt forhold mellom variablene slik de er operasjonalisert, eller om det skyldes andre forklaringer (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Dette kvalitetskravet er oftest brukt i eksperimentelle design der hypoteser basert på årsak-virkning testes direkte. I ikke-eksperimentelle design, slik denne studien er, kan vi ikke trekke direkte årsakssammenheng, men det er likevel relevant når vi skal danne kausale hypoteser om funnene vi har gjort. Vi må imidlertid være oppmerksom på at sammenhengen kan forklares med andre faktorer (Kleven, 2002b).

Retningen på det kausale forholdet utgjør en trussel mot indre validitet i ikke-eksperimentelle design. Dette fordi vi i slike design ikke kan vurdere om den ene variabelen fører til den andre variabelen (Shadish, Cook, & Campbell, 2002) (Lund, 2002). Problemet med retning innebærer altså at vi ikke kan si sikkert hva som er årsak og hva som er virkning. I og med at denne studien er longitudinell og at vi har målinger på fonologisk bevissthet *før* aritmetiske- og leseferdigheter, har vi imidlertid kontroll på retningen. Det vi ikke kan være sikre på er at det ikke er andre relevante forklaringer på sammenhengen, for eksempel kan det være mulige tredjevariabler som opererer. En mulig trussel til indre validitet kan være slike tredje variabler, altså andre mulige årsaker til variasjonen mellom variablene (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). I denne studien har vi som nevnt kontrollert for påvirkning fra andre faktorer enn den årsaken det fokuseres på (fonologisk bevissthet). Det gjør at fonologisk bevissthet til en viss grad kan studeres isolert, hvilket bidrar til å styrke undersøkelsens indre validitet (Lund, 2002). Vi har imidlertid ikke en fullstendig isolasjon av årsak-virkning. For å ha det måtte vi hatt en intervensjonsstudie der vi hadde testet ut effekten av tiltaket og dermed sagt noe om for eksempel fonologisk bevissthetstrening fører til bedre aritmetiske ferdigheter (Lund, 2002).

Gjennom regresjonsanalyse ble det undersøkt om fonologisk bevissthet forklarer unik variasjon i aritmetikk og lesing når det er kontrollert for tallforståelse og språkferdigheter. Disse analysene viste at fonologisk bevissthet i svært liten grad forklarer variasjonen og sammenhengen er heller ikke signifikant. Tallforståelse forklare best variasjon i subtraksjon



med 56 % og her var sammenhengen signifikant på 0.01 nivå. I disse analysen ble kontrollgruppen og risikogruppen slått sammen og dermed vil det også her være en potensiell trussel mot validiteten at ikke subtraksjon var normalfordelt i kontrollgruppen. En slik trussel mot den indre validiteten kalles instrumentering og innebærer forhold med testingen som gjør resultatet kunstig (Lund, 2002).

Det bør imidlertid nevnes at fonologisk bevissthet heller ikke forklarer variasjon i lesing. Det er derfor mulig at 2. trinn er for sent til å fange opp en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og henholdsvis aritmetikk og lesing, fordi elevene allerede mestrer de grunnleggende ferdighetene. Fonologisk bevissthet kan dermed ha utspilt sin rolle. I fremtidige undersøkelser kan det derfor være hensiktsmessig å undersøke yngre barn, i 1. trinn, om fonologisk bevissthet kan forklare en variasjon der.

Seleksjon utgjør en trussel for undersøkelsen indre validitet. Det dreier seg om hvordan deltakerne er fordelt. Et viktig moment med TLD er at alle foreldrene i undersøkelsen er nøye kartlagt og dermed er det liten risiko for at noen av barna er plassert i feil gruppe. At barna med en reell risiko for å utvikle dysleksi grunnet arv er plassert i risikogruppen bidrar til å styrke studiens indre validitet. Det er likevel overraskende at forskjellene mellom risikogruppen og kontrollgruppen er så små. Gitt utvalgsstørrelsen er det ikke så overraskende at forskjellene ikke er signifikante, men i lys av tidligere forskning kunne man ha forventet større effektstørrelse i favør av kontrollgruppen på fonologisk bevissthet og ordavkodning. Et viktig arbeid videre i TLD er derfor å verifisere foreldreopplysningen om dysleksi grundig med testdataene som foreligger.

Studiens indre validitet kan trues av modning, hvilket innebærer en endring i miljømessige eller biologiske faktorer for deltakerne (Lund, 2002). Dette kan for eksempel innebære at en elev i kontrollgruppen har hatt liten språkstimulering eller at andre faktorer i miljøet har bidratt til at utviklingen har stagnert. Et annet eksempel er at en elev i risikogruppen kan ha hatt en dyktig førskolelærer som har gjennomført fonologisk bevissthetstrening i kombinasjon med bokstav-lyd-øving og dermed har barnet utviklet seg i positiv retning med tanke på ordavkodning. Faktorer som dette har vi i denne studien liten kontroll over og de vil dermed bidra til å svekke den indre validiteten. Det vi riktignok har kontroll over er at foreldrene i

i TLD underveis i studien har fått informasjon om hva forskning rundt dysleksi viser og hvilke tiltak som kan forebygges. Dersom foreldrene har gått aktivt inn for å forebygges og drevet fonologisk bevissthetstrening kan det svekke studiens indre validitet ytterligere.

#### **5.2.4 Ytre validitet**

God ytre validitet innebærer at resultatet kan generaliseres til å gjelde andre barn eller situasjoner utover de som er i selve undersøkelsen, altså at det har en overføringsverdi (Shadish, Cook, & Campbell, 2002). Dersom man har flere undersøkelser, bidrar det til å styrke den ytre validiteten (Lund, 2002). For at resultatet skal kunne generaliseres må de barna som er testet være representative for gruppen det skal generaliseres til. I denne studien vil det innebære at resultatet kan overføres til alle barn i hele populasjonen med utfordringer knyttet til lesing og regning (Ringdal, 2014). Siden utfordringer med lesing og regning forekommer relativt likt både i Tromsø og øvrig i landet kan dette styrke den ytre validiteten, men siden utvalget i TLD ikke er randomisert kan vi ikke være helt sikre på representativitet. Utfordringen blir å fastslå hvor kuttunkt for «utfordringer med lesing og regning» skal være. Siden graden av komorbiditet er vanskelig å fastslå med sikkerhet, kan vi ikke automatisk si at 7 % av barn med familiær risiko for å utvikle dysleksi vil streve med aritmetikk. At studien er longitudinell og dermed har flere målinger over tid bidrar til å styrke den ytre validiteten.

### **5.3 Drøfting av empiriske funn**

Resultat fra de statistiske analysene i kapittel 4 viste at det ikke er gruppeforskjeller i verken lesing, addisjon eller subtraksjon. Fonologisk bevissthet forklarer ikke unik variasjon i lesing eller aritmetikk. Det ser riktignok ut til at tallforståelse står for en større variasjon når det gjelder aritmetiske ferdigheter. I det følgende vil oppgavens hypoteser bli drøftet hver for seg i lys av tidligere gjennomgått empiri og teori.

#### **5.3.1 Sammenhengen mellom matematikkferdigheter og leseferdigheter i et utvalg med familierisiko for dysleksi og i en kontrollgruppe uten risiko**

Siden vansker med lesing og regning opptrer såpass ofte samtidig hos en elev, er sameksistens mest sannsynlig ikke tilfeldig. Funn fra tidligere forskning viser at reell komorbiditet eksisterer. Bakgrunnen for sameksistensen er riktig nok ikke stadfestet enda (Landerl & Moll, 2010). Kunnskap om komorbiditet kan gjøre oss i stand til å finne underliggende årsaker og dermed bidra til validerte diagnosekriterier som igjen har betydning for tiltakene som

iverksettes (Pennington, Willcutt, & Rhee, 2005). For å undersøke grad av komorbiditet i denne undersøkelsen ble andelen av elever med resultat under henholdsvis 10. og 16. prosentil i aritmetiske ferdigheter studert.

Å fastslå prevalens av komorbiditet kan være utfordrende, blant annet fordi det krever et representativt utvalg av barn (Landerl, 2015). Siden utvalget vårt ikke er randomisert, kan vi ikke være sikre på at vi har et representativt utvalg. Ostad (2010) anslår en forekomst på omtrent 6 %, mens andre studier anslår hele 57-64 % (Barbarese, Katusic, Colligan, Weaver, & Jacobsen, 2005). Ulik grense mellom vansker og normalvariasjon kan bidra til å gjøre estimeringen av komorbiditet vanskelig siden «cut-off» varierer fra studie til studie. I denne undersøkelsen har vi satt opp to ulike grenseverdier som skiller normalvariasjonen fra de med vansker og dermed vist at andelen varierer. Ved 1 *SD* er prevalensen mellom 4-12 %. Ved å sette «cut-off» til 1.5 *SD* reduseres andelen til 2-7%. Dette er i samsvar med teori av forekomst (Hulme & Snowling, 2009; Ostad, 2010; Geary, 2013).

Som vi har sett i kapittel 2 finnes det teoretiske rammeverk som kan benyttes til å fremsette hypoteser på hvorfor vansker i matematikk og lesing opptrer samtidig (Rhee, Hewitt, Corley, Willcutt, & Pennington, 2005). Felles for rammeverkene er ideen om at det er en sammenheng i risikofaktorer mellom det å utvikle dysleksi og matematikkvansker, for eksempel en bestemt genetisk sammensetning eller miljømessig påvirkning. Vi vet av forskning at begge vanskene i stor grad er arvelige (Hulme & Snowling, 2009). Flere har funnet støtte for at vanskene er påvirket av samme gener (Knopik, Alarcon, & DeFries, 1997; Willcutt, et al., 2010). *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia* som er en prospektiv familiestudie kan bidra til å nøste opp i årsaker til komorbiditet mellom dysleksi og aritmetiske vansker. Ut ifra det teoretiske rammeverket er det vanskelig å konkludere med hvilken modell som best forklarer den grad av komorbiditet vi har funnet i denne studien. Matematikk og lesing har muligens en eller flere felles risikofaktorer, men denne faktoren er ikke fonologisk bevissthet ifølge denne undersøkelsen. Tallforståelse fungerer som en bedre faktor, noe jeg vil komme tilbake til senere.

Som vi har sett kan det se ut til at elever med komorbide vansker strever mye i begge domener sammenlignet med de som bare har én av vanskene (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010; De Smedt & Boets, 2010). Dette kan forklares med kopi av fenotype, altså at den ene vansken

fører til kopi av den andre vansken. Elever med en komorbid vanske i matematikk og lesing, gjør det signifikant svakere i matematikk enn elever med kun én av vanskene (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Forskning viser at elever med lesevansker gjør det dårligere på aritmetiske oppgaver sammenlignet med elever uten lesevansker (De Smedt & Boets, 2010). Moll og kolleger (2015) fant at barn med risiko for dysleksi har en økt grad av risiko for å utvikle aritmetiske vansker. Sett i lys av tidligere forskning, burde det da være en overrepresentasjon av elever med aritmetiske vansker i familierisikogruppen i denne studien.

For å undersøke sammenhengen mellom matematikkferdigheter og leseferdigheter i et utvalg med familierisiko for dysleksi og i en kontrollgruppe uten risiko, ble elevenes ferdigheter innen addisjon, subtraksjon, ordlesing og nonordlesing testet da elevene gikk i 2. trinn. En t-test hvor risikogruppen og kontrollgruppens gjennomsnitt er sammenlignet viser at det ikke er signifikante forskjeller mellom gruppene, hvilket innebærer at vi beholder nullhypotesen. Vi fant at det er like mange som har vansker med aritmetikk både i risikogruppen og kontrollgruppen. Effektstørrelsen er i tillegg liten når det gjelder aritmetiske ferdigheter. Det er stor grad av overlapp mellom gruppene og sannsynligheten for at vi tar feil om vi sier at ulikheter i gruppene skyldes risikofaktorer for å utvikle dysleksi er rimelig stor. Dermed gir denne undersøkelsen grunn til å tro at en medfødt risiko for å utvikle dysleksi ikke gir større risiko for å utvikle aritmetiske vansker, noe som ikke samsvarer med tidligere forskning (De Smedt & Boets, 2010; Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015).

At vi ikke finner en klar sammenheng mellom risiko for å utvikle aritmetiske vansker når eleven har en medfødt risiko for dysleksi vises også når vi studerer prevalens. Forekomsten av elever i risikogruppen med aritmetiske vansker er estimert til 2-5 % når kuttunkt er satt til 1.5 *SD* og 4-7 % ved 1.0 *SD*. Dette er i samsvar med estimat fra tidligere forskning på komorbiditet (Ostad, 2010). Sett opp mot Barbaresi og kolleger (2005) er andelen i denne undersøkelsen lavere. Sammenlignet med familiestudier er forekomsten av matematikkvansker mye lavere i denne undersøkelsen (Willcutt, et al., 2010) Tatt i betraktning at det ikke er mange med lesevansker i familierisikogruppen er det ikke overraskende at det er få elever med aritmetiske vansker her.

Siden utvalgsstørrelsen er liten er det ikke overraskende at forskjellene mellom gruppene ikke er signifikante, men i lys av tidligere forskning kunne man ha forventet større effektstørrelse i

favør av kontrollgruppen på ordavkodningsferdigheter. Det var overraskende få elever med lesevansker i familierisikogruppen i denne undersøkelsen og andelen er mye lavere sammenlignet med tidligere forskning. Snowling og Melby-Lervågs (2016) metaanalyse viste at det i gjennomsnitt var 46 % av barn med lesevansker i familierisikogruppen. At forekomsten var langt lavere i denne masterstudien kan skyldes to ting. For det første kan årsaken være at barna i utvalget ikke har stor medfødt risiko. Ferdighetene til foreldrene er noe TLD bør nøste opp i fremover for å få en klarhet i dette. En annen mulig forklaring er at den formelle undervisningen som er gitt har forebygget alvorlige lesevansker (Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016). Det optimale tidsvinduet for å avhjelpe dysleksi er i 1. og 2. klasse når elevene er i gang med å knekke lesekode. Tiltak her knyttet til fonologisk bevissthet og bokstavkunnskap vil kunne forhindre at vanskene blir for store (Catts, 2017). Siden vi derimot fant at fonologisk bevissthet ikke korrelerer med lesing i 2. trinn er det kanskje for sent å trene fonologisk bevissthet på dette tidspunkt. Trening på et tidligere stadium kan muligens gi effekt. Et annet moment er at foreldrene i TLD underveis i studien har fått informasjon om hva forskning rundt dysleksi viser, blant annet om sammenhengen mellom fonembevissthet og dysleksi. Mange foreldre spør i tillegg hva de kan gjøre for å forebygge. Foreldrene ønsker å vite hva de kan gjøre for å forebygge og dermed kan deres kunnskap ha påvirket resultatene vi ser her, altså at risikobarna presterer bedre i ordavkodning enn forventet.

I forskningsmiljøet knyttet til dysleksi har det i den senere tid vært interesse for å studere nettopp hvorfor noen med familiær risiko for å utvikle dysleksi, eller som har fonologiske prosesseringsvansker, likevel utvikler seg til å bli gode lesere. I frykt for å feile vil noen barn jobbe ekstra hardt for å mestre lesing og dermed klarer de det (Eklund, Torppa, & Lyytinen, 2013). Enkelte barn har det som Catts refererer til som «grit», altså en iboende evne til å ikke gi opp. Grit er en relativt ny variabel i forskningen om dysleksi og en kan forvente å høre mer om det i fremtiden (Catts, Bridges, McIlright, & Nielsen, 2016).

Funn fra denne undersøkelsen viser at det ikke er flere som strever med aritmetikk selv om de er disponert for å utvikle alvorlige lese- og skrivevansker grunnet arv. Det vil imidlertid være viktig å ta i betraktning at denne undersøkelsen hadde lav statistisk styrke. Dersom utvalget hadde vært større kan det tenkes at funnene ville vært annerledes. Vi fant heller ikke hold for

at elever i risikogruppen hadde større vansker med ordavkoding, noe som er motstridende med tidligere forskning (Snowling & Melby-Lervåg, 2016).

Selv om vi ikke kan slå fast at komorbiditet i denne undersøkelsen skyldes at vansker med lesing bidrar til vansker med aritmetikk, er det likevel et poeng å ha kunnskap om komorbiditet. Lesing og matematikk påvirker hverandre i løpet av skoleløpet er det dermed sannsynlig at noen vil streve på begge områder (Rhee, Hewitt, Corley, Willcutt, & Pennington, 2005). Som tidligere forskning viser er det større risiko å utvikle aritmetiske vansker dersom eleven er arvelig disponert for å utvikle dysleksi (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Det kan dessuten tenkes at eleven får emosjonelle blokkeringer i matematikk basert på negative erfaringer knyttet til lesing. For barn med risiko for å utvikle dysleksi bør dette være noe praksisfeltet er klar over og kan jobbe forebyggende med.

### **5.3.2 Predikerer fonologiske ferdigheter senere aritmetiske ferdigheter når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse?**

Vansker med å gjengi tallfakta fra langtidsminet kan se ut til å være en felles årsak til at elever med dysleksi og matematikkvansker strever med aritmetikk (Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Simmons & Singleton, 2007; Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Dette gir grunn for å tro at lesing og regning er avhengig av fonologiske prosesseringsferdigheter. Som vi har sett er fonologisk bevissthet viktig for leseutviklingen og den ser ut til å ha effekt på senere aritmetiske ferdigheter (Caravolas, et al., 2012; Hecht, Torgeson, Wagner, & Rashotte, 2001; Krajewski & Schneider, 2009). De statistiske analysene i forrige kapittel viste at fonologisk bevissthet i svært liten grad forklarer senere aritmetiske ferdigheter. Det samme gjaldt, kanskje overraskende, også for leseferdigheter. I det følgende vil funn innen aritmetikk og lesing drøftes hver for seg.

#### **Aritmetiske ferdigheter**

For å undersøke om fonologiske ferdigheter i førskolealder ligger til grunn for aritmetiske ferdigheter på 2. trinn, ble elevenes resultat på oppgaver som målte fonologisk bevissthet sett opp mot resultat på addisjon og subtraksjon. Regresjonsanalyser viser at fonologisk bevissthet i svært liten grad forklarer variasjon i aritmetikk når det er kontrollert for tallforståelse og språkforståelse. Fonologisk bevissthet forklarer mindre enn 1 % av variasjonen i addisjon. Innen subtraksjon bidrar ikke fonologisk bevissthet i det hele tatt til variasjon.

Dette fører til at vi beholder nullhypotesen om at tidlige fonologiske ferdigheter ikke predikerer aritmetiske ferdigheter på 2. trinn når det er kontrollert for generelle språkferdigheter og tallforståelse. Dette er i tråd med forskning hvor det ble kontrollert for muntlig språk og der de ikke fant en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og aritmetiske ferdigheter (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015).

Tidligere studier som har sett på barns ferdigheter ved fem-årsalder før de har fått noen formell trening i fonologiske og matematiske ferdigheter i skolen, har funnet en sammenheng mellom fonologiske ferdigheter og aritmetiske ferdigheter (Jordan, Wylie, & Mulern, 2010). Andre studier viser at når elevene har nådd 3. trinn er det ikke korrelasjon mellom fonologisk bevissthet og mer avanserte matematikkferdigheter (Krajewski & Schneider, 2009). Det kan derfor tenkes at det i 2. trinn er for sent å finne en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og aritmetikk og dermed bør fremtidige studier undersøke sammenhengen før elevene går i 2. klasse.

De bivariate korrelasjonene i denne undersøkelsen viser at korrelasjonen mellom tallforståelse og aritmetiske ferdigheter er sterk, med henholdsvis (0.578,  $p < 0.01$ ) for addisjon og (0.738  $p < 0.01$ ) for subtraksjon. 33.4 % av variasjonen i addisjon og 54.5 % av variasjonen i subtraksjon kan tilskrives tallforståelse.

Resultatene fra regresjonsanalyser i denne studien viser at tallforståelse er den variabelen som best forklarer variasjon både i addisjon og subtraksjon. Forklaringseffekten er i tillegg signifikant på 0.01 nivå. Vi kan altså konkludere med at tallforståelse har større betydning for aritmetiske ferdigheter enn fonologisk bevissthet. Sammenligner vi dette med tidligere forskning om tallforståelses påvirkning på aritmetiske ferdigheter stemmer dette godt overens (Gobel, Watson, Lervåg, & Hulme, 2014).

### **Leseferdigheter**

Som en kontroll gjorde vi også regresjonsanalyse av sammenhengen mellom fonologisk bevissthet og leseferdigheter. Dette var altså ikke en hypotese, men siden det er en mengde studier som viser en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og lesing burde vi også finne det her (Snowling & Melby-Lervåg, 2016). Riktignok med forbehold om at testene fungerer og tidsvinduet for å studere sammenheng mellom fonologisk bevissthet og lesing er åpent. I en transparent ortografi som norsk er dette tidsvinduet relativt kort (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009). Når barnet har lært å avkode mister fonologisk bevissthet raskt sin innflytelse.

Leseferdigheter ble målt gjennom ord- og nonordlesing i TLD-testen. Elevenes fonologiske ferdigheter ble målt i førskole og resultatet ble vurdert opp mot resultat på ordavkodingsferdighetene i 2. trinn. Regresjonsanalyser viser at fonologisk bevissthet i liten grad forklarer variasjon i ordavkodning. Fonologisk bevissthet forklarer kun 0.2 % av variasjonen i ordavkodingsferdigheter etter at det er kontrollert for språkforståelse og tallforståelse. Innen ordlesing står ikke fonologisk bevissthet for noe av variasjonen. Dette resultatet er uventet og stemmer ikke overens med tidligere forskning (Caravolas, et al., 2012). En mulig forklaring på de motstridende funnene kan skyldes svakheter ved denne undersøkelsen som vi har sett i gjennomgangen av validitet og reliabilitet tidligere. Det kan blant annet skyldes dårlig begrepsoperasjonalisering, svakheter ved måleinstrumenter og et lite utvalg. Det er imidlertid kanskje mer sannsynlig at det skyldes barnas alder. Alder kan også være en faktor som gjør at vi ikke finner sammenheng mellom aritmetikk og fonologisk bevissthet. Dette kan skyldes at barna kanskje mestrer tallforståelse og basisenheter på en slik måte at fonologisk bevissthet ikke lenger er viktig.

Bivariate korrelasjoner viser i tillegg at variablene for fonologisk bevissthet korrelerer dårlig med hovedvekten av de andre variablene. Det er kun signifikante målinger mellom fonemisolasjon og formulere setninger ( $0.412, p < 0.05$ ), der variasjonen forklarer 17 %. At fonologisk bevissthet ikke korrelerer med variablene for ordavkodning, er svært overraskende. Utvalgsstørrelsen har ikke noe å si i forhold til korrelasjoner (Ringdal, 2014). God spredning samt gode alpha-verdier tilsier heller ikke at korrelasjonen skal være dårlig. En mulig forklaring kan være foreldrenes nyervervede kunnskap om forebygging som har bidratt til dette. Når elevene i utvalget går i 3. trinn vil det bli gjennomført Logos. Om resultat fra Logos viser andre funn enn det ordavkodningstestene fra TDL-testen viser kan bli interessant å se.

Tallforståelse forklarer faktisk større variasjon i lesing enn både språkforståelse og fonologisk bevissthet, riktignok kun 9.5 % der forklaringseffekten heller ikke er signifikant. Disse funnene kan vi ikke relatere til tidligere forskning. Det kan også tenkes at siden vi har slått sammen gruppene her vil det påvirke resultatet i noen grad.

## **5.4 Avslutning**

Basert på resultat fra denne undersøkelsen kan vi slå fast at det ikke er mulig å konkludere med at fonologisk bevissthet predikerer senere aritmetiske ferdigheter. Tallforståelse står for



størst påvirkning til både addisjon og subtraksjon, noe som er i tråd med tidligere forskning (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Det en kan si er at vanskene innen lesing og aritmetikk opptrer samtidig hos elever og at forekomsten ligger under 7 %.

Tidligere forskning som er presentert i teoridelen er sprikende og dermed kan ikke tidligere forskning bidra med en entydig konklusjon om sammenhengen mellom dysleksi og matematikkvansker. Hvorvidt fonologisk bevissthet spiller en kausal rolle i denne sammenhengen står også ubesvart. I så måte er funn fra denne undersøkelsen i tråd med tidligere forskning; det er vanskelig å konkludere med en felles faktor til vanskene med lesing og regning.

#### **5.4.1 Pedagogiske konsekvenser**

Intervensjoner knyttet til fonologisk bevissthet har vært effektive for barn med risiko for dysleksi (Hagen, Melby-Lervåg, & Lervåg, 2012). Dersom teorien om at fonologiske vansker predikerer aritmetiske ferdigheter hadde stemt, kunne intervensjoner rettet mot fonologiske ferdigheter også vært effektiv for matematikkutviklingen. Resultat fra denne studien tilsier derimot at tiltak relatert til tallforståelse bør implementeres tidlig i et pedagogisk opplegg, helst i førskolealder for at det skal gi en effekt. Siden vi vet at det er en sammenheng mellom telleferdigheter, tallforståelse og senere aritmetiske ferdigheter (Snowling & Hulme, 2015), bør også tiltak som øker verbale tallferdigheter implementeres i undervisningen. Samlet kan dette bidra til å forebygge at barn med risiko for dysleksi utvikler vansker med aritmetikk (Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015).

Evidensbaserte undervisningsopplegg kan bidra til å redusere vanskenes omfang. Forskning har vist at barn med risiko for dysleksi kan oppdages tidlig og effektive tiltak kan settes inn på et tidlig stadium. Praksisfeltet holder ikke samme progresjon som forskningsfeltet på dette området. Catts (2017) bruker begrepet «dysleksiparadokset» om denne mismatchen mellom forskning og praksis. Dysleksiutredninger gjøres for sent. Ved å sette inn tiltak knyttet til fonologisk bevissthetsarbeid og bokstavkunnskap i tidlig skolealder vil en kunne forhindre at vanskene blir for store. I praksis skjer ikke utredningen før barna går i 3.-4. klasse, vanskene oppdages senere og tiltak blir mindre effektive. Dysleksiparadokset gjelder (enn så lenge) i Norge også. Diagnosen settes oftest på bakgrunn av lesetesten Logos, der noen av diagnosekriteriene er at eleven skal ha betydelige vansker med leseflyten, vanskene må ha

vedvart og tiltak må ha vært prøvd ut (Høyen, 2016). Først når eleven går i 3. trinn kan en ved hjelp av Logos måle elevens leseflyt. Med andre ord vil en da gjerne være kommet godt ut i 3. eller 4. klasse og gapet til medelevene vil være økende.

I dag jobbes det for å utarbeide normerte tester som fanger opp barn med dysleksi på et tidligere stadium, blant annet gjennom *The Tromsø Longitudinal study of Dyslexia*. Ved Universitetet i Oslo er de i gang med å utarbeide en kartleggingsprøve i matematikk for yngre barn. Denne måler barns relasjonelle ferdigheter (forståelse for tallsystemet, matematiske symboler og grunnleggende aritmetiske prinsipper), telling og tallkunnskap og enkel addisjon og subtraksjon. Kartleggingen er basert på et finsk prosjekt. I det norske prosjektet jobbes det også med å utvikle ressurser som kan støtte barnehager/skoler med evidensbaserte intervensjonsmaterialer (Aunio, Mononen, & Lopez- Pedersen, 2016; Oslo, 2017). Arbeidet som gjøres på dette feltet i dag vil forhåpentligvis bidra til å avdekke vansker tidligere og dermed forebygge at vanskene blir større enn nødvendig. Som nevnt i innledningen kan det virke som det innen matematikkvansker gjennomføres tiltak som er for generelle. Nye intervensjonsmaterialer vil være en etterlengtet styrking av matematikkundervisningen. De ovennevnte forskningsprosjektene kan dermed bidra til å fjerne «dysleksiparadokset» i Norge og gjøre at praksisfeltet lettere kan fange opp barn med risiko for å utvikle alvorlige vansker i matematikk og lesing.

Parallelt med arbeidet der det utvikles validerte kartleggingstester og evidensbaserte intervensjoner, er måten disse blir implementert i skolen eller barnehagen viktig. I implementeringsarbeidet bør PP-tjenesten ha en sentral rolle overfor skoler og barnehager, noe som ligger til deres mandat. PPT kan gjennom systemarbeid bidra til at skoler og barnehager både forstår hensikten og bruken av både testene og intervensjonene. En utfordring kan være at dette «opplegget» skal konkurrere med flere andre pågående utviklingsarbeid på skolen. Derfor mener jeg at det er av stor nødvendighet at PPT tas med når kommunens plan for utviklingsarbeid skal legges og at de i tillegg inkluderes av både Utdanningsdirektoratet og større forskningssenter som Matematikksenteret før nye utviklingsprosjekter innføres.

### 5.4.2 Behov for videre studier

På bakgrunn av funn fra denne undersøkelsen er kanskje ikke intervensjonsstudier knyttet til fonologisk bevissthet spesielt fruktbart siden det ikke ble funnet en sammenheng. Derimot bør fremtidige studier se nærmere på sammenhengen mellom tallforståelse og senere aritmetiske ferdigheter. Dette kan gi et mer finmasket bilde av denne korrelasjonen. Det samme gjelder for språkferdigheter og senere matematiske ferdigheter. Kan det tenkes at intervensjoner knyttet til språk kan ha en effekt på både lesing og regning? Kanskje kan intervensjonsstudier rettet mot tallforståelse ha effekt på senere aritmetiske ferdigheter? For å teste dette ut er det nødvendig med flere eksperimentelle studier der en kan teste årsak-virkning direkte ved å trene den antatte årsaken og observere virkning på effektmålet. Å gjennomføre en randomisert kontrollert studie i Norge på emnet ville vært svært interessant.

Fremtidige studier som måler matematiske ferdigheter i førskole og der en kan studere utviklingen over tid vil være nyttig. For eksempel kan longitudinelle studier som sjekker ut om fonologiske prosesseringsferdigheter forklarer variasjon tidlig i 1. trinn være nyttig. Å sjekke allerede i 1. trinn om det er en sammenheng mellom fonologisk bevissthet og henholdsvis aritmetikk og lesing kan være nyttig siden det muligens er for sent i 2. trinn.

Det kan tenkes at andre faktorer påvirker både lesing og regning (Landerl, 2015). Noe som vi ikke har vurdert i denne undersøkelsen er en mulig korrelasjon mellom hurtig benevning og aritmetiske ferdigheter. Benevneshastighet er god markør for tidlige leseferdigheter (Lervåg, Bråthen, & Hulme, 2009). En relativt ny metaanalyse av Koponen og kolleger (2017) viser at hurtig benevning korrelerer med aritmetiske ferdigheter og at oppgaver som måler benevneshastighet kan benyttes som en tidlig screening for å identifisere barn som kommer til å streve med aritmetikk. Dermed kan hurtig benevning være en mulig link til aritmetiske retrievalferdigheter som det kan være verdt å studere nærmere i søken etter mulige årsaker til overlappet mellom matematikk og lesing.

## 6 Referanser

- Andin, J., Fransson, P., Rönnerberg, J., & Rudner, M. (2015). Phonology and arithmetic in the language-calculation network. *Brain & Language*, ss. 97-105.
- APA. (2013). *DSM-V Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*. Arlington: American Psychiatric Association.
- Aunio, P., & Räsänen, P. (2015). Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years- a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal*.
- Aunio, P., Mononen, R., & Lopez- Pedersen, A. (2016). Think Math Matematikktest 1.trinn. *Unpublished*.
- Baddeley, A. (2003, October). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, ss. 829-839.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. I G. Bower, *The psychology of learning and motivation; Advances in research and theory* (ss. 47-90). New York: Academic Press.
- Barbarelli, W., Katusic, S., Colligan, R., Weaver, A., & Jacobsen, S. (2005). Math Learning Disorder: Incidence in a Population-Based Birth Cohort, 1976-82, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics*, ss. 281-289.
- Bishop, D., & Snowling, M. (2004). Developmental Dyslexia and Specific Language Impairment: Same or Different? *Psychological Bulletin*, 130(6), ss. 858-886.
- Brigstocke, S., Moll, K., & Hulme, C. (2016). *TOBANS: Test of Basic Arithmetic and Numeracy Skills*.
- Bull, R., Espy, K., & Wiebe, S. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, ss. 205-228.

- Byrne, B. (2005). Theories of learning to read. I M. Snowling, & C. Hulme, *The science of reading. A handbook* (ss. 105-119). Oxford: Blackwell.
- Caravolas, M., Lervåg, A., Mousikou, P., Efrim, C., Litavsky, M., Onochie- Quintanilla, E., . . . Hulme, C. (2012). Common Patterns of Prediction of Literacy Development in Different Alphabetic Ortographies. *Psychological Science*, ss. 678-686.
- Catts, H. (2017). Early Identification of Reading disabilities. I K. Cain, D. Compton, R. Parrila, & (. Press), *Theories of Reading Development*. Amsterdam: John Benjamins Publishing.
- Catts, H., & Kamhi, A. (2005). *Language and Reading Disabilities*. Boston: Pearson Education, Ink.
- Catts, H., Bridges, M., McIlright, A., & Nielsen, D. (2016, 9). Viewing a phonological deficit within a multifactorial model of dyslexia. *Reading and Writing*.
- Chinn, S., & Ashcroft, R. (2017). *Mathematics for Dyslexics and Dyscalculics. A Teaching Handbook*. Oxford: Wiley Backwell.
- Christophersen, K.-A. (2009). *Databehandling og statistisk analyse med SPSS*. Oslo: Unipub.
- De Smedt, B., & Boets, B. (2010). Phonological processing and arithmetic fact retrieval: Evidence from developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, ss. 3973-3981.
- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in childrens arithmetic skills? *Developmental science*, ss. 508-520.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, ss. 487-506.
- Det kongelige kunnskapsdepartement. (2010- 2011). *Læring og fellesskap. Tidlig innsats og gode læringsmiljøer for barn, unge og voksne med særlige behov*. Oslo.

- Ehri, L., Nunes, S., Willows, D., Schuster, B. V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, ss. 250-287.
- Eklund, K., Torppa, M., & Lyytinen, H. (2013). Predicting reading disability: Early cognitive risk and protective factors. *Dyslexia*, ss. 1-10.
- Field, A. (2014). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. London: SAGE Publications Ltd.
- Furnes, B., & Samuelsson, S. (2010). Predicting Reading and Spelling Difficulties in Transparent and Opaque Orthographies: A Comparison between Scandinavian and US/Australian Children. *Dyslexia*, ss. 119-142.
- Gallagher, A., Frith, U., & Snowling, M. (2000). Precursors of Literacy Delay among Children at Genetic Risk of Dyslexia. *Child Psychology and Psychiatry*, ss. 203-213.
- Geary, D. (2000). From infancy to adulthood: the development of numerical abilities. *European Child and Adolescent Psychiatry*, ss. 11-16.
- Geary, D. (2011, April). Consequences, Characteristics, and Causes of Mathematical Learning Disabilities and Persistent Low Achievement in Mathematics. *Journal of Developmental and Behavioural Pediatrics*, ss. 250-263.
- Geary, D. (2013). Learning Disabilities in Mathematics. I H. Swanson, K. Harris, & S. Graham, *Handbook of learning disabilities* (ss. 239-255). New York: The Guildford Press.
- Geary, D. C. (2004, January 1). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, ss. 4-15.
- Geary, D., Hoard, M., & Hamson, C. (1999). Numerical And Arithmetical Cognition: Patterns of Functions and Deficits in Children at Risk for Mathematical Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, ss. 213-239.

- Gobel, S., Watson, S., Lervåg, A., & Hulme, C. (2014). Children's arithmetic development: it is number knowledge, not the approximate number sense, that counts. *Psychological Science*, ss. 789-798.
- Gough, P., & Tunmer, W. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *RASE*, ss. 6-10.
- Goulandris, N. (2003). *Dyslexia in different languages. Cross-linguistic comparison*. Whurr Publisher Ltd.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Hagen, Å., Melby-Lervåg, M., & Lervåg, A. (2012). Barn som strever med språk og leseferdigheter: Hvilke tiltak virker? *Norsk tidsskrift for Logopedi* 4, ss. 6-13.
- Hecht, S., Torgeson, J., Wagner, R., & Rashotte, C. (2001). The relationship between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computer skills: A longitudinal study of second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Hulme, C., & Snowling, M. (2009). *Developmental Disorders of Language Learning and Cognition*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Høien, T. (2016). *Håndbok til Logos*. Bryne: Logometrica AS.
- Høien, T., & Lundberg, I. (2012). *Dysleksi- fra teori til praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Johannessen, A. (2009). *Introduksjon til SPSS*. Oslo: Abstrakt forlag AS.
- Jordan, J.-A., Wylie, J., & Mulern, G. (2010). Phonological awareness and mathematical difficulty: A longitudinal perspective. *British Journal of Developmental Psychology*, ss. 89-107.

- Kleven, T. A. (2002a). Begrepsoperasjonalisering. I T. Lund (red), T. A. Kleven, T. Kvernbekk, & K.-A. Christophersen, *Innføring i forskningsmetodologi* (ss. 141-183). Oslo: Unipub AS.
- Kleven, T. A. (2002b). Ikke-eksperimentelle design. I T. Lund (red), T. A. Kleven, T. Kvernbekk, & K.-A. Christophersen, *Innføring i forskningsmetodologi* (ss. 265-286). Oslo: Unipub AS.
- Knopik, V., Alarcon, M., & DeFries, J. (1997). Comorbidity of Mathematics and Reading Deficits: Evidence for a Genetic Etiology. *Behavior Genetics*, ss. 447-453.
- Koponen, T., Georgiou, G., Salmi, P., Leskinen, M., & Aro, M. (2017). A Meta-Analysis of the Relation Between RAN and Mathematics. *Journal of Educational Psychology*, ss. 977-997.
- Kovas, Y., Harlaar, N., Petrill, S., & Plomin, R. (2005). 'Generalist genes' and mathematics in 7-year-old twins. *Intelligence*, ss. 473-489.
- Kovas, Y., Haworth, C., Harlaar, N., Petrill, S., Dale, P., & Plomin, R. (2007). Overlap and specificity of genetic and environmental influence on mathematics and reading disability in 10-year-old twins. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, ss. 914-922.
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, ss. 516-531.
- Landerl, K. (2015). How specific is the specific disorder of arithmetic skills? I S. Chinn, *The Routledge International Handbook of Dyscalculia and Mathematical Learning Difficulties* (ss. 115-124). New York: Routledge.
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *Child psychology and psychiatry*, ss. 289-294.



- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9- year- old students. *Cognition*, ss. 100-125.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. (2013). Developmental Changes in Executive Functioning. *Child development*, ss. 1933-1953.
- Lervåg, A., Bråthen, I., & Hulme, C. (2009). The Cognitive and linguistic foundations of early reading development: A norwegian latent variable longitudinal study. *Developmental Psychology*, ss. 764-781.
- Logometrica. (2007). Logos. Bryne: Logometrica AS.
- Lund, T. (2002). Metodologiske prinsipper og referanserammer. I T. Lund (red), T. A. Kleven, T. Kvernbekk, & K.-A. Christophersen, *Innføring i forskningsmetodologi* (ss. 79- 123). Oslo: Unipub AS.
- Lyster, S. A. (2012). *Elever med lese- og skrivevansker*. Oslo: Cappelen damm AS.
- Magnusson, K. (2018). *Understanding Statistical Power and Significance Testing*. Hentet fra [www.rpsychologist.com](http://rpsychologist.com): <http://rpsychologist.com/d3/NHST/>
- Matematikksenteret. (2017, 12 12). *Matematikksenteret- Nasjonalt senter for matematikk i opplæringen*. Hentet fra [www.matematikksenteret.no](http://www.matematikksenteret.no): <https://www.matematikksenteret.no/hjem/kompetanseutvikling-elever-som-presterer-lavt-i-matematikk>. *Sist besøkt 25.04.18*
- Mazzocco, M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011, 9 14). Preschoolers' Precision of the Approximate Number System Predicts Later School Mathematics Performance. *PLOS ONE*.
- Melby-Lervåg, M. (2010). Kognitive markører for dysleksi og spesifikke språkvansker. *Skolepsykologi nr.6*, ss. 37-56.
- Melby-Lervåg, M. (2012, 03 08). Arv, miljø og dysleksi- Metoder, hovedfunn og implikasjoner for praksis. *Spesialpedagogikk*.

- Melby-Lervåg, M. (2018, 02 03). *Læringsbloggen. Forskning om barns språk, lesing og matematikkutvikling*. Hentet fra [www.laeringsbloggen.com](http://www.laeringsbloggen.com):  
<http://laeringsbloggen.com/hvordan-kartlegge-matematikkferdigheter-hos-barn/> Sist besøkt 02.05.18
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A., & Hulme, C. (2012). Phonological Skills and their Role in Learning to Read: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*, ss. 322-352.
- Midtbø, T. (2007). *Regresjonsanalyse for samfunnsvitere. Med eksempler i SPSS*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Moll, K., Snowling, M., Göbel, S., & Hulme, C. (2015). Early language and executive skills predict variations in number and arithmetic skills in children at family-risk of dyslexia and typically developing controls. *Learning and Instruction*, ss. 53-62.
- Nergård-Nilssen, T. (2006). Word-decoding deficits in Norwegian: The impact of psycholinguistic marker effects. *Reading and Writing*, ss. 265-290.
- Nergård-Nilssen, T. (2010). Lærevansker relatert til skriftspråket. I R. Haugen, *Barn og unges læringsmiljø- med vekt på lærevansker* (ss. 129-154). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Nergård-Nilssen, T. (2017, 12 27). *Dysleksistudien i Tromsø*. Hentet fra [www.uit.no](http://www.uit.no):  
[https://uit.no/prosjekter/prosjekt?p\\_document\\_id=363957](https://uit.no/prosjekter/prosjekt?p_document_id=363957) Sist besøkt 08.05.18
- Nergård-Nilssen, T., & Eklund, K. (2017). Evaluation on the psychometric properties of "the Norwegian test for dyslexia". *Dyslexia*.
- Nergård-Nilssen, T., & Hulme, C. (2014). Developmental Dyslexia in Adults: Behavioural Manifestations and Cognitive Correlates. *Dyslexia*, ss. 191-207.
- NESH. (2016, 04 27). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, jus, humaniora og teologi*. Hentet fra [www.etikkom.no](http://www.etikkom.no):  
<https://www.etikkom.no/forskningsetiske-retningslinjer/Samfunnsvitenskap-jus-og-humaniora/> Sist besøkt 24.03.18

- NSD. (2017, 11 08). *Norsk senter for forskningsdata*. Hentet fra [www.nsd.uib.no](http://www.nsd.uib.no):  
[http://www.nsd.uib.no/personvernombud/hjelp/forskningstema/barnehage\\_skole.html](http://www.nsd.uib.no/personvernombud/hjelp/forskningstema/barnehage_skole.html)  
*Sist besøkt 23.03.18*
- Oslo, U. i. (2017, 10 30). *UIO Institutt for spesialpedagogikk*. Hentet fra [www.uv.uio.no](http://www.uv.uio.no):  
<http://www.uv.uio.no/isp/forskning/prosjekter/intervensjonsstudie-i-matematikk-%E2%80%93-kan-intensiv/index.html> *Sist besøkt 03.05.18*
- Ostad, S. (2010). *Matematikkvansker. En forskningsbasert tilnærming*. Oslo: Unipub.
- Ostad, S. (2011). Private Speech Use in Arithmetical Calculation: Contributory role of Phonological Awareness in Children with and Without Mathematical Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, ss. 291-303.
- Ostad, S., & Askeland, M. (2008). Sound-based number facts training in a private speech internalization perspective: Evidence for effectiveness of an intervention in Grade 3. *Journal of Research in Childhood Education*, ss. 109-124.
- Pallant, J. (2016). *SPSS Survival manual. 6th edition*. New York: Open University Press.
- Passolunghi, M., & Siegel, L. (2004). Working memory access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of experimental Child Psychology*, ss. 348-367.
- Pennington, B. F., Willcutt, E., & Rhee, S. H. (2005). Analyzing comorbidity. *Advances in Child Development and behavior*, ss. 263-304.
- Pollack, C., & Ashby, N. (2017, 4 6). Where arithmetic and phonology meet: The meta-analytic convergence of arithmetic and phonological processing in the brain. *Developmental Cognitive Neuroscience*, ss. 1-14.
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P., Poikkeus, A.-M., . . . Lyytinen, H. (2007). Very early phonological and language skills: Estimating individual risk of reading disability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, ss. 923-931.

- Reeve, R., & Gray, S. (2015). Number difficulties in young children. Deficits in core number? I S. Chinn, *The Routledge International Handbook of Dyscalculia and Mathematical Learning Difficulties* (ss. 44-59). New York: Routledge.
- Rhee, S., Hewitt, J. K., Corley, R., Willcutt, E. G., & Pennington, B. F. (2005). Testing Hypotheses Regarding the Causes of Comorbidity: Examining the Underlying Deficits of Comorbid Disorders. *Journal of Abnormal Psychology*, ss. 346-362.
- Ringdal, K. (2014). *Enhet og mangfold. Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Rose, S. J. (2009). *Identifying and Teaching Children and Young People with Dyslexia and Literacy Difficulties An independent report from Sir Jim Rose to the Secretary of State for Children, Schools and Families*. Nottingham: DCSF Publications.
- Rousselle, L., & Noel, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematic learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, ss. 361-395.
- Rutter, M. (2006). *Genes and Behavior. Nature-Nature Interplay Explained*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Rygvold, A. L. (2008). Lese- og skrivevansker. I T. Ogden, & A.-L. Rygvold, *Innføring i spesialpedagogikk* (ss. 38-93). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Scarborough, H. (1991). Antecedents to reading disability: Preschool language development and literacy experiences of children from dyslexic families. *Reading and Writing*, ss. 219-233.
- Seidenberg, M., & McClelland, J. (1989). A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming. *Psychological review*, ss. 523-568.
- Semel, E., Wiig, E., & Secord, W. (2003). *CELF 4 Clinical Evaluation of Language Fundamentals Fourth edition*. NCS Pearson. Hentet fra [www.pearsonassessment.no](http://www.pearsonassessment.no): <http://www.pearsonassessment.no/produkter/sprak-och-motorikk/celf-4> Sist besøkt 18.04.18

- Shadish, W., Cook, T., & Campbell, D. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Shalev, R., Manor, O., Kerem, B., Ayali, M., Badichi, N., Freidlander, Y., & Gross-Tsur, V. (2001, January/February). Developmental Dyscalculia Is a Familial Learning Disability. *Journal of Learning Disabilities*, ss. 59-65.
- Siegel, L. (1992, December). An Evaluation of the Discrepancy Definition of Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, ss. 618-629.
- Siegler, R., & Braithwaite, D. (2016, 09 21). Numerical development. *The Annual Review of Psychology*, ss. 187-213.
- Simmons, F., & Singleton, C. (2007). Do Weak Phonological Representations Impact on Arithmetic Development? A Review of Research into Arithmetic and Dyslexia. *Dyslexia*, ss. 77-94.
- Snowling, M., & Hulme, C. (2015). Disorders of reading, mathematical and motor development. I A. Thapar, D. S. Pine, J. F. Leckman, S. Scott, M. J. Snowling, & E. Taylor, *Rutter's Child and Adolescent Psychiatry. Sixth edition* (ss. 702- 718). Oxford: Wiley Blackwell.
- Snowling, M., & Hulme, S. (2012). Annual research review: The nature and classification of reading disorders - a commentary on proposals for DSM-5. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry* 53:5, ss. 593-607.
- Snowling, M., & Melby-Lervåg, M. (2016). Oral Language Deficits in Familial Dyslexia: A Meta-Analysis and Review. *Psychological Bulletin*, ss. 498-545.
- Snowling, M., Gallagher, A., & Frith, U. (2003). Family Risk of Dyslexia Is Continuous: Individual Differences in the Precursors of Reading Skill. *Child Development*, ss. 358-373.
- Stuebing, K., Fletcher, J., Josette M. LeDoux, Lyon, G., Shaywitz, S., & Shaywitz, B. (2002). Validity of IQ-Discrepancy Classification of Reading Disabilities: A Meta-Analysis. *American Educational Research Journal*, ss. 469-518.

- Torppa, M., Lyytinen, P., Erskine, J., Eklund, K., & Lyytinen, H. (2010). Language development, literacy skills and predictive connections to reading in Finnish children with and without familial risk for dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, ss. 308-321.
- Van der Ven, S., Kroesbergen, E., Boom, J., & Leseman, P. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship . *British Journal of Educational Psychology*, ss. 100-119.
- WHO. (2000). *ICD-10 Psykiske lidelser og atferdsforstyrrelser*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Willcutt, E., Pennington, B., Duncan, L., Smith, S., Keenan, J., Wadsworth, S., . . . Olson, R. (2010, September). Understanding the complex etiologies of developmental disorders: Behavioral and molecular genetic approaches. *Journal of Developmental and Behavioural Pediatrics*, ss. 533-544.
- Woodruff, G., & Premack, D. (1981, October). Primitive mathematical concepts in the chimpanzee: Proportionality and numerosity. *Nature*, ss. 568-570.
- Wynn, K. (1992, 27 August). Addition and Subtraction by Human Infants. *Nature*, ss. 749-750.
- Øverby, k. (2008). *Elever med vansker i matematikk. En veileder i utredning og tiltak*. Hentet fra [www.statped.no](http://www.statped.no): <http://www.statped.no/globalassets/fagomrader/ervertvet-hjerneskaade/elever-med-vansker-i-matematikk.pdf>. Sist besøkt 02.05.18