

Komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker

En litteraturstudie

Mona-Malin Berglund



Masteroppgave i pedagogisk psykologisk rådgiving

Institutt for pedagogikk
Det utdanningsvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

Vår 2014

Komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker.

© Mona-Malin Berglund

2014

Komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker

Mona-Malin Berglund

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

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Dette er en masteroppgave i pedagogisk psykologisk rådgiving innenfor området språk, kommunikasjon og læring. Formålet med oppgaven er å se på komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker. Komorbiditet vil si når to eller flere vansker opptrer i et individ samtidig. Det å si noe om komorbide vansker kan være til nytte for at man i fremtiden skal kunne utvikle enda mer presise diagnostiske kriterier og en kan få vite mer om en vanskes etiologi noe som kan ha betydning for behandling av vansken. I tillegg vil det kunne ha betydning for hvordan man kartlegger og legger opp undervisning for barn med komorbide vansker i skolen.

Det er forsket relativt mye på dysleksi, mindre på matematikkvansker og aller minst på komorbiditet mellom disse to vanskene. Dette til tross for at det ikke er noen nyhet for verken forskere, lærer eller spesialpedagoger at elever som viser vansker med lesing-og skriving også ofte ser ut til å vise vansker med å tilegne seg matematikk. Også kan en jo begynne å undre seg over hvorfor det er slik at matematikkvansker ofte ser ut til å opptre hos mennesker som har dysleksi. Dette leder til forskningsspørsmålet denne oppgaven prøver å besvare er:

Hvilke likheter viser forskning at forekommer mellom dysleksi og matematikkvansker?

Hovedfokuset ligger på i hvilken grad det forekommer prevalens, genetiske og fonologiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker. For å kunne si noe om dette er det først gjort en redegjørelse for hva lesing og dysleksi er. Deretter er det sett på hva matematisk kompetanse og matematikkvansker er. Så er det sett på hva komorbiditet er og hvilken og hvorfor det er viktig i forskningsøyemed. Lesing er en kompleks prosess som handler om mer enn bare det å avkode og forstå en tekst. For å bli en god leser må en også ha en god porsjon motivasjon og konsentrasjon, utholdenhet og leserens forforståelse. For at man skal få et godt utbytte av lesingen må det være en god «match» mellom leseren og teksten. Lesing handler i bunn og grunn om at man er på konstant søken etter mening. Hvorvidt man klarer å skape denne meningen eller ikke kommer an på hvor god interaksjon det er mellom leseren som forstår, teksten som blir forstått og selve aktiviteten som må til for at lesingen skal skje. Mennesker med dysleksi strever i stor grad med å lese-og skrive. Det ser ut til å være relativt bred enighet i forskningsmiljøet rundt at primærvansken ved dysleksi er knyttet til fonologi.

Det er ikke like bred enighet om det rundt hva matematikkvansker er. Men slik det går frem av forskning på feltet ser det ut til at det i stor grad blir årsaks forklart med vansker knyttet til semantisk minnet, vansker med matematiske prosedyrer og visuo- spatiale vansker. Semantisk minne handler om å streve med å gjenhente tallfakta fra langtidsmminnet og det er dette det er størst enighet rundt. Mennesker som har matematikkvansker strever på en eller flere av disse områdene og de strever med å oppnå en adekvat matematisk kompetanse. Med matematisk kompetanse menes det hvorvidt du klarer å se at et tall faktisk representerer en gitt fysisk mengde. Det handler om hvorvidt du klarer å se at et tall skal foran eller bak et annet tall i tallrekken fordi det er større eller mindre i verdi. Og sist men ikke minst handler det om å ha kjennskap til matematiske begreper og tegn. Eller sagt på en enklere måte matematisk kompetanse handler om å både inneha ferdighet, men også forståelse.

For å svare på selve forskningsspørsmålet er det foretatt systematisk søk etter relevante studier og artikler i universitetets databaser. Målet har vært å basere seg på så ny forskning som mulig, men det ettersom det ikke har vært forsket så mye på feltet har ikke dette gjennomgående vært like lett å oppdrive. Oppgaven tar derfor for seg studier fra 90-tallet og frem til i dag.

Hovedfunnene i denne oppgaven er basert på en sammenligning av ulike longitudinelle studier og meta-analyser på feltet. Og alle studiene peker i retning av at det er noen helt klare likheter mellom dysleksi og matematikkvansker. Når det gjelder prevalens viser studiene at det er en komorbiditetsrate på om lag 3-6% i populasjonen, litt avhengig av hvilken studie man støtter seg til. Ulike tvillingstudier viser at det ser ut til å være en sjanse for at det finnes genetiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker. Når en tror at flere genene kan ligge til grunn for utviklingen av ulike ferdigheter kaller man det for «generalist genes». En tror med andre ord at både dysleksi og matematikkvansker i stor grad er arvbart, men man må absolutt ikke utelukke miljøets innvirkning her. Når det gjelder fonologiske likheter ser det ut til at både dysleksi og matematikkvansker blir påvirket av fonologiske ferdigheter. Da spesielt knyttet til fonologisk prosessering som innebærer fonologisk minne, «Rate og Access» og fonologisk bevissthet. Fonologisk prosessering kan med andre ord både påvirke dine leseferdigheter og din utvikling av regneferdigheter.

Forord

Arbeidet med denne oppgaven begynte ubevisst lenge før jeg i det hele tatt viste at jeg skulle ta en master. Hadde det ikke vært for alle elevene jeg har hatt i spesialundervisning hadde min undring og engasjement rundt temaet dysleksi og matematikkvansker aldri blitt vekket til liv. Livet er underlig sånn, veien blir liksom til mens man går og det er noe av sjarmen ved det hele, selv om det aldeles ikke alltid går helt som planlagt. Noen bakker er veldig bratte og noen er fryktelig svingete. Enkelte dager ser man lyset i enden av tunnelen og andre ganger ikke. Heldigvis har jeg hatt mange flotte venner og familiemedlemmer som har fulgt meg og heiet med frem uansett hvor bratte bakkene enn har måttet vært. Noen prosesser føler man aldri at man kommer helt i mål med, men så må man til slutt gi slipp og gå videre i hverdagen likevel. Denne oppgaven er i stor grad en slik prosess, men så får man håpe at man i det minste har vokst litt på den.

En spesielt stor takk rettes til min fantastiske venninne Katrine som har hjulpet meg med å lese korrektur og kommet med verdifulle innspill! En takk rettes også til min veileder Arne Lervåg for all støtte og faglige innspill det lille du fikk veiledet meg når stormen raste som verst i mitt lille vannglass. Jeg vil også takke alle jentene på PPR studiet for alle faglige diskusjoner, men også for alle stundene fylt med kaffe, latter og smil. Dere har gjort denne reisen så utrolig mye bedre!

Mona-Malin Berglund, Oslo 17.07.14

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Formål og forskningsspørsmål	1
2	Hva er lesing?.....	2
3	Hva er dysleksi? Ulike definisjoner av begrepet.....	8
3.1	Kort oppsummert om hva lesing og dysleksi er.	19
4	Hva er matematisk kompetanse og hvordan utvikles den?	20
5	Hva er matematikkvansker?	23
5.1	Kort oppsummering av hva matematisk kompetanse og matematikkvansker er.	29
6	Hva er komorbiditet og hvorfor er det viktig I forskningsøyemed?	31
7	Metode og utvalg av studier.	33
7.1.1	Modell som viser oversikt over systematiske søk og utvalg av studier.	34
8	I hvilken grad forekommer det prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker?	35
8.1	Presentasjon av fire studier som ser på prevalensen mellom dysleksi og matematikkvansker.....	35
8.2	Sammenligning av studier.	37
8.3	Resultat av studiene.	38
8.4	Oppsummering av funn på feltet.	39
9	Forekommer det genetiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker?.....	40
9.1	Presentasjon av fire studier som ser på genetiske likheter.	40
9.2	Sammenligning av studier.	46
9.3	Resultat av studiene.	49
9.4	Oppsummering av funn på feltet.	54
10	Finnes det noen likheter mellom dysleksi og matematikkvansker knyttet til fonologi? ..	56
10.1	Presentasjon av tre studier som ser på fonologi.....	56
10.2	Sammenligning av studiene.	60
10.3	Resultater av studiene.	61
10.4	Oppsummering av funn på feltet.....	64
11	Oppsummerende konklusjon.....	66
	Litteraturliste	71

1 Innledning

1.1 Formål og forskningsspørsmål

Ostad (2010) nevner at det ikke er noen stor nyhet for lærere og spesialpedagoger å oppleve at elever som har dysleksi også ofte strever med matematikk. I mitt eget arbeid som spesialpedagog er dette noe jeg i stor grad kan støtte meg til, men også undrer meg over. Er det tilfeldig at det er slik eller har det noen dypere forklaring?

Hulme og Snowling (2009) påpeker at dysleksi er den utviklingsmessige kognitive vansken det trolig er forsket mest på, matematikkvansker er det forsket en del mindre på. Men aller minst ser det ut til å ha bli forsket på komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker (Dirks, Lieshout, Spyer og Sonnevill 2008). Dette til tross for at en allerede på 40-tallet så tendenser til at det kunne forekomme likheter mellom svake leseprestasjoner og vansker i matematikk, men man kunne ikke den gang peke på hva denne sammenhengen skyldtes (Ostad 2010).

Formålet med denne oppgaven er å gjennom en systematisk litteraturgjennomgang se nærmere på forskning som har tatt for seg komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker med hovedfokus på prevalens, genetiske og fonologiske likheter. Derav lyder mitt forskningsspørsmål som følger:

Hvilke likheter viser forskning at forekommer mellom dysleksi og matematikkvansker?

For å prøve å besvare denne problemstillingen har jeg valgt å vekte oppgaven i to deler. I den første delen vil jeg først redegjøre og drøfte litt nærmere rundt hva lesing og dysleksi er, samt se på hva matematisk kompetanse og matematikkvansker innebærer. Det vil også bli gått inn på hva som menes med komorbiditet og hvorfor dette er viktig i forskningsøyemed. Deretter vil det bli sagt litt kort om systematisk litteraturgjennomgang som metode og om hvordan jeg har foretatt mitt utvalg av forskningsartikler og studier til oppgaven. I den andre delen blir det sett på studier som ser på prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker, studier som omfatter genetiske likheter, og studier som kan si noe om fonologiske likheter. Til slutt kommer en oppsummerende konklusjon med tanker omkring videre utfordringer og mulige interessante forskningsområder på feltet.

2 Hva er lesing?

Lesing er en ferdighet som man i dagens samfunn er svært avhengig av. Det meste rundt oss er tekstbasert og det kreves at en kan lese og skrive for å kunne utføre de fleste jobber. Det sier seg derfor selv at det å mestre lesing og skriving er svært viktig (Refsahl 2012). Går en ut ifra den *sosiokulturelle tradisjonen* som har hatt sterk innflytelse av den den russiske pedagogen Lev Vygotskij, kan en si at læring først og fremst er et produkt av sosiale og kulturelle prosesser. Man lærer og utvikler seg i samspill med felleskapet. I denne prosessen er språket i følge Vygotskij en viktig nøkkel og et sentralt verktøy for kommunikasjon og kognitiv utvikling. Vi mennesker lærer ved selv å være aktive i samfunnet og i vår egen læringsprosess. Vi lærer derimot dårlig ved å være passive objekter som bare er mottakere av informasjon og på den måten bli opplyste slik *behavioristene* mente (Vygotskij 1978, Refsahl 2012).

I denne *konstruktivistiske* læringsprosessen bygger menneskene stadig opp sin kunnskap byggestein for byggestein på en aktiv måte i samspill og kommunikasjon med en ideelt sett støttende og sosial omgivelse. Sann sett kan en si at undervisning bør foregå på en dialogisk måte, altså i gjensidig samspill mellom den som lærer bort og den som skal lære (Refsahl 2012). Den som underviser må klare å se potensiale i, hjelpe og støtte eleven sin frem. Det er dette Vygotskij kaller den proksimale utviklingssonen, nærmere kjent som «den nærmeste utviklingssone» (Vygotskij 1978, Refshal 2012). Selv om disse tankene er gamle er de fortsatt like aktuelle i dag. Går en ut ifra dette perspektivet kan en si som Refshal (2012) at: «...*lesing er en sosial og funksjonell aktivitet, og opplæringen vil på tilsvarende måte ta utgangspunkt i livssituasjonen til hver enkelt.*»

Gough og Tunmer kom i 1986 med sin lesemodell kalt «The Simple View of Reading». Den baserer seg i hovedsak på at lesing består av to komponenter: avkoding og forståelse (Høien og Lundberg 2012), eller som Gough og Tunmer selv setter opp formelen: Lesing = Avkoding * Forståelse (Gough og Tunmer 1986). Det er viktig å merke seg at dette kalles en formel fordi gangetegnet knytter de to komponentene til hverandre og de to bestanddelene kan ikke fungere optimalt hver for seg. Lesing kan som Refshal (2012) forklarer det ikke bare være avkoding alene, fordi om man bare leser ved å automatisk avkode ordene så betyr ikke det at

man nødvendigvis har forstått noen ting. Mulig har man bare klart å produsere en haug av lyder uten mening? Lesing kan heller ikke bare være forståelse alene, med mindre man lytter til en tekst på eksempelvis lydbok altså i form av lytteforståelse. Men hvis man prater om bare lytteforståelse så har man jo i hovedsak beveget seg fra poenget som var lesing i seg selv. Derfor er det viktig at man i leseprosessen knytter komponentene avkoding og forståelse uløselig sammen på en balansert måte (Refsahl 2012).

Gough og Tunmer sin leseformel, selv om den fortsatt er aktuell, har vært utsatt for en del kritikk. Leseforsker Solveig-Alma Lyster mener blant annet at formelen er for enkel. Dette fordi hun mener at formelen mangler sentrale komponenter som burde inngå i en god lesesituasjon (Lyster 2011). Disse komponentene mener Lyster er godt beskrevet hos Frost (2003) som blant annet påpeker i sin definisjon av lesing at selve leseprosessen blir direkte påvirket av konsentrasjonen, utholdenheten, selvtilliten, motivasjonen og den sosiale virkeligheten til den som leser teksten. Høien og Lundberg (2012) og Snowling (2000) fremhever også spesielt dette at motivasjon er viktig for lesing. Er en ikke motivert til å lese så vil en trolig heller ikke lese så mye, noe som kan påvirke leseutviklingen i en negativ retning. I tillegg må man ikke glemme at bakenforliggende funksjoner som syn, hørsel og kognitive funksjoner som hukommelse, samt generelle evnemessige forhold også vil påvirke den som leser (Frost 2003, Lyster 2011, Refsahl 2012).

Lyster (2011) påpeker også at det i praksis også kan være vanskelig å skille mellom hva som er *avkoding* og hva som er *forståelse* da disse henger så sterkt sammen. Avkoding handler jo om hva som står skrevet, og da forstår man som regel noe samtidig, men man har ikke nødvendigvis forstått ting i dybden, men kanskje heller litt på overflaten. Det å ha en dybde i forståelse handler derimot om å forstå noe mer enn bare å skjønne det som bokstavelig talt står skrevet. For eksempel det å kunne lese mellom linjene i en tekst, eller å kunne tolke metaforer. God avkoding er derfor nødvendig for god forståelse, men er ikke tilstrekkelig alene (Frost 2003, Lyster 2011, Refsahl 2012)

Avkoding som nevnt omhandler å kunne lese det som står skrevet. Avkoding blir ofte ansett som den tekniske delen av lesing, men både Bråten (2007), Lyster(2011) og Refsahl (2012) påpeker at avkoding er så mye mer, siden lesing handler om at man konstant er på leting etter mening. Det å innøve en haug av leseteknikker, og å kunne lese rent teknisk er ikke nok for å bli en god leser. Avkoding som sådan handler altså om det tekniske ved å lese, men det handler også om meningssøkende. For å få til dette mener Refsahl (2012) at man også må

implementere kognitive og språklige prosesser i avkodingsprosessen. Det å *avkode* i seg selv handler om å finne ut hvilket ord som står skrevet. Noen ord er kjente og noen ord er ukjente, noen ord er meningsbærende og noen ord er non-ord dvs. at de ikke gir mening i seg selv. Hvorvidt et ord er kjent for oss eller ikke, handler om hvorvidt vi har det lagret fra før i vårt «mentale leksikon» eller ikke (Høien og Lundberg 2000, Refsahl 2012).

Høien og Lundberg (2000) sier på en meget billedlig måte at det vi gjør når vi avkoder er å finne ulike veier inn til informasjonen i vårt mentale leksikon. For å kunne gjøre dette trenger vi informasjon og denne informasjonen kalles *holdepunktene* for avkodning. Disse holdepunktene er delt inn i to komponenter. Den første komponenten er *indre holdepunkter*. Her er det snakk om hvilken informasjon man får ut av ordet i seg selv. For eksempel ved at man setter sammen enkeltbokstavene til en bokstavrekkefølge og ser om det leder til et meningsbærende ord. Den andre komponenten er *ytre holdepunkter*. Dette tar vi i bruk i stor grad når vi prøver å forstå en tekst. Med ytre holdepunkter menes det hvilken kontekst ordet er brukt i, altså hvilken setting, hvilket tema, setning eller situasjon ordet er brukt i. Ord kan tolkes og forstås forskjellig ut ifra konteksten de er brukt i (Høien og Lundberg 2000, Refsahl 2012).

For å kunne bruke disse holdepunktene på en hensiktsmessig måte må man ha kjennskap til hvordan talespråket kan deles opp i mindre enheter. Eller som Frost(2003), Hagtvedt (2004) og Lyster (2011) sier at man må være *metaspråklig bevisst*. For å lære å lese er dette svært sentralt. Det å være metaspråklig bevisst handler om at man forstår at ord kan deles inn i stavelser (omhandler rytme i språket), meningsdeler og enkeltlyder. For eksempel at ordet «katt» kan deles inn i lydene k-a-t-t. Disse lydene kalles *fonemer* (Bjerkan 2005, Refsahl 2012). Språklydene flyter på sett og vis over i hverandre i vår dagligtale, og når vi leser med en adekvat hastighet. Derfor er det ikke så lett å skille ut fonemlydene, med mindre man snakker veldig langsomt og tydelig. Dette er derfor ferdigheter som faktisk må tillæres og for personer som strever med språkvansker som eksempelvis dysleksi kan dette være en utfordring (Refsahl 2012).

Vellutino (2003) og Bråten (2007) ser på sett og vis ut til å bruke begrepet *fonologisk bevissthet* for det Bjerkan(2005) og Refsahl (2012) kaller *metaspråklig bevissthet*. Bråten (2007) påpeker også at i tillegg til fonologisk bevissthet, som omhandler å knytte lyd-bokstav, bokstav-lyd forbindelser, så må man også inneha *ortografisk bevissthet*. Dette innebærer at man har kjennskap til, eller i så fall til en viss grad klarer å gjenkjenne de mønstre og

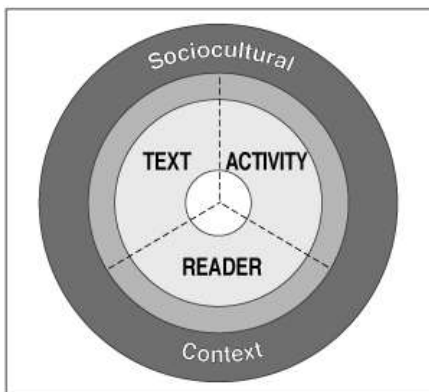
bokstavkombinasjoner som ofte forekommer i det språket man leser på. Videre nevner Bråten (2007) at en persons ordforråd og kognitive basale evner er viktige for selve ordavkodingen. Ved uttrykket kognitive basale evner tenker Bråten (2007) på en persons fonologiske minne og evnene til å knytte linker mellom verbal og visuell informasjon, noe som også er viktig for forståelsen. Dette understreker på sett og vis også det Lyster (2011) prøver å poengtere ved at det ikke nødvendigvis er så enkelt å dele inn lesing i avkoding og forståelse hver for seg, men at de er i interaksjon med hverandre på en uløselig måte. Samt at de evnene som må ligge til grunn for avkodingen også i stor grad ligger til grunn for forståelsen av en tekst.

Når det gjelder det å *forstå* en tekst er først og fremst *forforståelse* viktig. Forforståelse er det leseren bringer med seg av kunnskap om tema, eller nærliggende temaer som han kan knytte referanser til, når han leser en tekst. Det er forforståelsen man bygger videre på når man tilegner seg ny kunnskap. En person med gode forkunnskaper om et tema vil trolig lese og forstå teksten på en helt annen måte og nivå, enn en som har lite forkunnskaper når han starter å lese teksten. En persons lesestrategier, ordforråd, verbal hukommelse, språklig bevissthet, grammatiske og muntlige ferdigheter er også sentrale for hvor godt man leser og forstår teksten (Bråten 2007, Refshal 2012).

Det finnes mange ulike lesestrategier. Selve strategi-begrepet blir definert av Bråten (2007:12) som: «*en tenkemåte eller handling en person utfører for å nå et bestemt mål eller løse et problem*». Disse strategiene kan ifølge Bråten (2007) brukes bevisst eller mer ubevisst dersom de er godt internalisert i leseren. Med ordforråd mener han i likhet med Refsahl (2012) hvor mange ord du har tilgjengelig i det mentale leksikonet ditt. Verbal hukommelse sier Vellutino (2003) at er avhengig av det verbale minnet. Med dette menes det evnene til å hente frem meningsfulle ord og setninger som er lagret i korttidsminnet. Korttidsminnet fungerer slik Bråten (2007) beskriver det i sekunder. En må altså være i stand til å lagre det en har lest så, så mange sekunder i korttidsminnet for å kunne klare å oppfatte hva ordene betyr. Deretter i arbeidsminnet som regnes i minutter, finner en frem til meningen av det leste ordet, og en prøver å sette det inn i en større sammenheng. Hvis en elev klarer å bearbeide informasjon fra teksten både i korttids- og langtidsminnet vil det virke positivt inn på elevens forståelse av teksten, altså selve leseforståelsen.

Med grammatiske ferdigheter menes det at eleven innehar adekvate grammatiske kunnskaper om for eksempel hva et substantiv og et verb er og hvilken funksjon disse har i språket. Språklig bevissthet dreier seg om at man har et bevisst forhold til språkstrukturer. Vellutino (2003) og Bråten (2007) påpeker her spesielt viktigheten av *syntaktisk* og *pragmatisk bevissthet*. *Syntaktisk bevissthet* omhandler hva som er grammatisk akseptert. For eksempel at man kan avsløre om en setning gir lite mening fordi den tilsynelatende har feil grammatisk oppbygging. *Pragmatisk bevissthet* på sin side igjen dreier seg om hvordan man bruker språket i sosiale settinger, nærmere sagt hvordan man bruker språket på en god og hensiktsmessig måte når man kommuniserer. For eksempel at man prøver å forstå det den man prater med har å si, og at man tilpasser ordforråd, intonasjon og stemmestyre ut ifra hvem man prater med. Eksempelvis vil man trolig prate litt annerledes med et lite barn, enn det man gjør med en voksen (Bråten 2007). Bråten(2007) påpeker også at det kanskje ikke er noen overraskelse at muntlige ferdigheter har en innflytelse på leseforståelsen. En elev klarer ikke å lese med særlig forståelse hvis det skorter på den muntlige språkkompetansen, altså at eleven ikke har et godt utviklet muntlig ordforråd. Dette ser vi spesielt at er en utfordring for minoritetsspråklige som skal lære norsk som andrespråk (Bråten 2007).

Anne Posseli Sweet og Catherin E.Snow (2003) som begge er anerkjente leseforskere innenfor RAND Reading Study Group i USA, har kommet med en egen leseforståelsesmodell kaldt «A Heuristic for Thinking About Reading Comprehension» som også Refshal (2012) støtter seg til og har laget sin egen forenklete modell ut ifra (se Refsahl 2012 s. 16) . Modellen til Sweet og Snow (2003:3) sees gjengitt under:



Sweet og Snow (2003) definerer her lesing som en prosess hvor man samtidig trekker ut og konstruerer mening fra tekst. I modellen ser en (1) leseren som forstår, (2) teksten som blir forstått og (3) selve aktiviteten som fører til leseforståelsen. Disse tre komponentene må forstås ut ifra en sosiokulturell kontekst som både former og blir formet av individet. Det er interaksjonen mellom leseren og teksten som «bestemmer» om leseforståelsen oppnås. For

at lesingen skal bli suksessfull må det altså være en «match» mellom leseren og teksten.

Modellen viser at aktivitetene ikke skjer hver for seg, men i interaksjon og på tvers av hverandre. Det er viktig å skille mellom hva leseren har med seg til lesingen (forforståelse) og hva leseren tar med seg ut av lesingen (hva han har lært/sitter igjen med). Det er viktig å merke seg at man kan modnes som leser i takt med at man modnes kognitivt. For å bli en god leser har også kvaliteten på den leseundervisningen som blir gitt i klasserommet mye å si (Sweet og Snow 2003). Sweet og Snow sin modell oppsummerer også godt det som innledningsvis ble sagt om at lesing er en sosial og kulturell aktivitet og at læring skjer i interaksjon med omgivelsene i tråd med Vygotskij (1978) og Refsahl (2012).

Refsahl (2012) mener at det i praksis vil være mulig å se hvilke lesere som har sin avkoding og forståelse i balanse og hvem som ikke har det. Den gode lesingen kan observeres ved at man hører at den som leser har god *leseflyt*. Med leseflyt menes det at den som leser har god prosodien (uttalens klang/setningsmelodi), at leseren tar pauser i lesingen og små tenkepauser der det vil være naturlig. I tillegg må leseren kunne nyttiggjøre seg av hensiktsmessige lesestrategier når det er noe som er uklart. Det er først når leseren både tar rett strategivalg, har fin prosodien og tar naturlige pauser at han har god balanse mellom avkoding og forståelse. Når dette er oppnådd kan vi si at leseren har kontroll og behersker sin leseprosess. En person som strever med lesingen derimot sliter ofte med å oppnå balanse mellom avkoding og forståelse. Det er blant annet denne balansen mange mennesker med ulike språkvansker, for eksempel de med dysleksi, finner en utfordring i (Refsahl 2012).

3 Hva er dysleksi? Ulike definisjoner av begrepet.

Det at noen mennesker strever med å lese trykte symboler ble oppdaget av Orton allerede i 1925. Han fant at noen spesielt blandet lydlike og formlike bokstaver som for eksempel b/p, g/q. Dette er relativt vanlige feil å gjøre i begynnelsen av leseopplæringsprosessen, men i et normalt utviklingsforløp så vil ikke disse vanskene vedvare slik de gjør hos mennesker med dysleksi (Snowling 2000).

For mennesker med dysleksi er det generelt sett vanskelig å lese og skrive (Høien og Lundberg 2012). Fletcher, Fuchs og Barnes (2007) har vist at primærvansken ved dysleksi er knyttet til selve avkodingsprosessen. I det man snakker om forståelsesvansker i dysleksi så er dette i hovedsak å regne som en tilleggsproblematikk. Det er altså fonologi som ansees som den primære vansken ved dysleksi (Hulme og Snowling 2009), og det ser ifølge Melby-Lervåg (2012) ut til å være relativt bred enighet i forskningsmiljøene omkring dette.

Fonologi er læren om lydene i språket vårt, og er slik det blir forklart i boken til Hulme og Snowling (2009) delt inn i to komponenter; *eksplisitt* og *implisitt* fonologisk prosessering. Dette er spesielt viktig i forhold til lesing. *Implisitt* fonologisk prosessering er det som skjer automatisk for eksempel i oppgaver som engasjerer korttidsminnet. I kontrast til implisitt fonologisk prosessering står eksplisitt fonologisk prosessering. *Eksplisitt* fonologisk prosessering handler om barnets evne til å manipulere med språklydene i et ord. Eksplisitt fonologisk prosessering er også referert til som fonologisk bevissthet (Hulme og Snowling 2009). Vansker knyttet til fonologi som er primærårsaken til dysleksi omtales ofte som «The Phonological Representation Hypothesis» (Snowling 2000, Pugh og McCradle 2009, Hulme og Snowling 2009). Melbye-Lervåg (2012 s. 44) som støtter seg til Snowling (2000) og Hulme og Snowling (2009) i sin artikkel «Arv, miljø og dysleksi-Metoder, hovedfunn og implikasjoner for praksis» forklarer denne hypotesen på en enkel måte:

«Den rådende forståelsen er at barn med dysleksi har en fonologisk vanske som medfører en svekket evne til å danne representasjoner i hjernen for lydene i språket (fonemer).»

Videre påpeker Melbye- Lervåg (2012) at lesing er en kompleks prosess og at vi ikke må glemme at det er mange faktorer som spiller inn på selve leseopplæringsprosessen. Både det genetiske, nevrologiske og miljømessige spiller en viktig rolle. Når noen utvikler dysleksi er det i likhet med andre utviklingsforstyrrelser sjelden på bakgrunn av bare en faktor, men heller en kombinasjon av faktorer som opptrer i interaksjon med hverandre. Noen faktorer viser seg her som beskyttelsesfaktorer, mens andre er risikofaktorer (Hulme og Snowling 2009, Melbye- Lervåg 2012). Moats (1995) påpeker også at de fleste som strever med avkodingsvansker på bakgrunn av fonologiske vansker som oftest også strever med rettskriving.

Hulme og Snowling (2009) påpeker at mennesker som utvikler dysleksi ofte viser tegn til fonologiske vansker allerede før de lærer å lese og skrive. Longitudinelle studier blant annet av Scarborough (1990) viser dette. De fant blant annet at barn helt ned i 2,5 års alder kunne streve med uttale i spontan tale og at de ved 3 års alder kunne streve med reseptivt vokabular og å fremkalle navn på objekter. Ved 5 års alder, altså rett før skolestart viste barna tegn til vansker med å gjenkjenne bokstaver (letter knowledge), de strevde med fonologisk bevissthet og å kunne navngi objekter. Dette viser at barna ikke bare strever på det rent fonologiske området, men at de også viser tegn til vansker med språket på andre områder, som for eksempel at de uttrykker seg mer kortfattet (shorter utterance) og at de har mindre syntaktisk kompleksitet enn andre barn. Som tidligere nevnt av Bråten (2007) så er syntaktisk bevissthet viktig for forståelsen av det en leser. Det betyr at selv om forståelsesvansker regnes som en tilleggsvanske ved dysleksi er det trolig en sjanse for at vanskene opptrer samtidig og gjør leseprosessen mer krevende.

Hulme og Snowling (2009) sier at et barn kan vise tegn på en tidlig fonologisk vanske, men at denne vansken kan avta i takt med at barnet utvikler seg, og at problemet kan ha «gått over» før skolestart. Samtidig kan en se at noen barn derimot har vedvarende fonologiske vansker også i skolealder, som gjør at de også vil streve med lese- og skrive utviklingen. Hvor stor din fonologiske vanske er i omfang vil igjen gjenspeile hvor store vansker du får med å lese og skrive (Hulme og Snowling 2009).

Høien og Lundberg (2012) mener at det burde være et kriterium at alle som skal utredes for dysleksi bør testes med samme standardiserte test før en fastsetter diagnosen eller ikke. Videre mener de at det bør foretas en dynamisk kartlegging. Med dette menes det at eleven bør testes med flere ulike tester og en må se på helhetssituasjonen rundt eleven for å få et bredt bilde av elevens sterke og svake sider og hva eleven kan og hva han bør jobbe mer med (Gelzo og Fretz 2001). I medisinen verden har det lenge vært slik at enten så har du en diagnose eller så har du det ikke. Like enkelt er det ikke nødvendigvis med dysleksi mener Høien og Lundberg (2012). Hvor går så egentlig grensen for hvem som har dysleksi og ikke? Og finnes det noen enhetlig definisjon på hva dysleksi er?

Melbye- Lervåg (2012) fant i sin metaanalyse at hvor mange barn som prosentvis blir diagnostisert med dysleksi i stor grad avhenger av hvor man setter kuttunktet i lesetestene man bruker. For eksempel fant hun ut at i noen av studiene hun så på var kuttunktet for dysleksi satt til 10.prosentil når det gjaldt leseferdigheter. Dette medførte igjen en gjennomsnittsprevalens på 35 %. I studier som derimot hadde brukt en prosentil på < 15. så ble gjennomsnittlig prevalens hele 53 %, noe som gir en signifikant forskjell ($Q(1)=11,36, p < .001$). Sagt med andre ord så er det liten tvil om at eksakte prosenttall for hvor mange som har dysleksi eller ikke er veldig avhengig av metodevariasjon i studiene (Melbye- Lervåg 2012).

Det har opp igjennom årene og i takt med trendene i forskningsmiljøene rundt temaet blitt utarbeidet mange ulike definisjoner på hva dysleksi er. Noen av disse vil bli presentert her. En av de første teoriene som fikk gjennomslag ble utviklet av World Federation of Neurology i 1968. Definisjonen blir bare omtalt som **diskrepansdefinisjonen** og lyder som følger:

“A disorder manifested by difficulty in learning to read, despite conventional instruction, adequate intelligence and sociocultural opportunity. It is dependent upon fundamental cognitive disabilities which are frequently of constitutional origin.”(World Federation of Neurology, gjengitt i Høien og Lundberg 2012: 20).

Denne definisjonen har vært mye omdiskutert i årenes løp. Kort fortalt fokuserer denne definisjonen på at dysleksi omhandler at personen med dysleksi har et tydelig avvik, altså en diskrepans mellom leseferdigheter og intelligensnivå. Dette er selvfølgelig uventet hvis en person med høy intelligens ikke klarer å utvikle gode lese og skrive-ferdigheter. Dette fordi

man normalt sett vil tro at en person med normal eller høy intelligens også ville kunne tilegne seg leseferdigheter på et adekvat nivå (Høien og Lundberg 2012).

Anderson (2008) stiller også noen interessante spørsmål rundt dysleksi og diskrepans ved å spørre seg hvorfor barn med aldersadekvat eller høyere intelligens strever med å lese? Han mener at utfordringen vår ligger i å kunne stadfeste at det er snakk om en spesifikk vanske, da med tanke på at det kan vises til en svikt et bestemt sted i hjernen. Intelligens vil i så måte bare få en sekundær rolle i selve leseprosessen knyttet til automatiserte avkodingsferdigheter. Men denne forskjellen vil i så fall kunne skille spesifikke vansker fra mer generelle lærevansker. Så kan en jo selvsagt spørre seg om dette er en grense som i virkelighetens verden egentlig er så naturlig? Anderson utdyper dette ved å dra frem spørsmålet som Max Coltheart engang stilte: hvorfor kan det ikke nødvendigvis være slik at mennesker som har under adekvate kognitive evner også kan ha dysleksi?

Anderson (2008) selv prøver å besvare dette spørsmålet ved å si at; selvfølgelig kan mennesker med nedsatte generelle evner kunne ha fonologiske vansker som er tilnærmet identisk med dysleksi. Samtidig så er det kanskje nødvendig å sette en grense via diskrepans i vår diagnostisering av dysleksi rett og slett for at man skal kunne kjenne det igjen, ellers ville man kanskje ikke sett skogen for bare trær. Videre trekker Dyck (2004) frem at det er noen naturlige konsekvenser som melder seg når en prøver å innlemme diskrepans som en del av dysleksi. Blant annet mener Dyck (2004) at sjansen for at man da kanskje har en vanske vil øke i takt med hvilket intelligensnivå man har.

I 2003 kom Sahywitz og Shaywitz derimot med en ny og interessant definisjon av hva dysleksi kan være:

«Dyslexia is a specific learning disability that is neurobiological in origin. It is characterized by difficulties with accurate and/or fluent word recognition and poor spelling and decoding abilities. The difficulties typically results from a deficit in the phonological component that is often unexpected in relation to other cognitive abilities provision of effective classroom instruction.»(Shaywitz og Shaywitz 2003:2).

Definisjonen påpeker at dysleksi er en vanske av nevrobiologisk karakter. Videre sier den at mennesker med dysleksi strever med automatiserte ordavkodingsvansker og

rettskrivingsvansker grunnet en fonologisk svikt. Man har også dårlig korttidsminne. Vansken opptrer uventet sett på bakgrunn av elevens ellers adekvate kunnskapsnivå. I tillegg må vanskene ikke kunne være et resultat av mangelfull undervisning. Wolf (2009) nevner også at i tillegg til fonologiske vansker så strever også mennesker med dysleksi med hurtig benevning også kjent som «rapid naming» problematikk. Dette skyldes trolig at mennesker med dysleksi bruker for lang tid på å hente frem informasjon fra sitt mentale leksikon. Med dette menes det at de ikke får raskt nok tilgang til de fonologiske representasjonene som blir lagret i korttidsminnet (Høien og Lundberg 2012).

Rose (2009) kommer også med en lignende definisjon i sin rapport «Identifying and Teaching Children and Young People with Dyslexia and Literacy Difficulties», som på folkemunne blir kalt «The Rose Review» (Rose 2009, British Dyslexia Association 2014). Rapporten ble skrevet på oppdrag for Department for Children i Storbritannia etter et stort ønske fra veldedige organisasjoner som jobber for å fremme saker for mennesker med dysleksi. Både britiske skoler og utdanningsdepartementet i Storbritannia har godtatt og jobber for å følge anbefalingene Sir Jim Rose kommer med i denne rapporten (British Dyslexia Association 2009). Norges Dysleksiforbund og The British Dyslexia Association støtter seg til denne definisjonen og bruker den på sine offisielle nettsider:

«Dyslexia is a learning difficulty that primarily affects the skills involved in accurate and fluent word reading and spelling. Characteristic features of dyslexia are difficulties in phonological awareness, verbal memory and verbal processing speed. Dyslexia occurs across the range and intellectual abilities. It is best thought of as a continuum, not a distinct category, and there are no clear cut-off points. Co-occurring difficulties may be seen in aspects of language, motor co-ordination, mental calculation, concentration and personal organization, but these are not, by themselves, markers of dyslexia. A good indication of severity and persistence of dyslexic difficulties can be gained by examining how the individual responds to well founded intervention.» (Rose 2009:10).

Rose sin definisjon setter diagnosen dysleksi inn i et mer omfattende perspektiv. Dette fordi definisjonen blant annet trekker frem at dysleksi opptrer på et kontinuum og den nevner også komorbide tilstander. Dysleksi blir her ansett som en vanske av utviklingsmessig karakter, som i Lyon, Shaywitz og Sahaywitz (2003) sin definisjon. Den trekker frem at vanskene

dreier seg om fonologisk bevissthet, verbalt minne og prosesseringshastighet. I tillegg nevnes det at dysleksi kan forekomme på alle intellektuelle nivå.

Dette går kanskje litt i mot diskrepanshypotesen som sier at mennesker med dysleksi har som fellestrekk at vanskene forekommer på tross av adekvat kognitivt evnenivå på andre områder (Hulme & Snowling 2009). Med kognitivt evnenivå menes det her resultater som fremkommer på en intelligestest (Snowling 2000). At Rose (2009) definerer dysleksi som en vanske som forkommer på et kontinuum innebærer at det ikke nødvendigvis er noen helt klare avgrensninger eller «cut-off point» for diagnosen (British Dyslexia Association 2009). Siegel (2006) forklarer dette med at vanskene forekommer på et kontinuum på denne måten:

«The diagnosis of dyslexia involves the use of reading tests, but the continuum of reading performance means that any cutoff point is arbitrary. The IQ score does not play a role in the diagnosis of dyslexia. The cognitive difficulties of dyslexics include problems with speech perception, recognizing and manipulating the basic sounds in a language, language memory, and learning the sounds of letters. Dyslexia is a neurological condition with a genetic basis...»

Ut ifra dette kan en kort fortalt si at vanskene kan forekomme på alle kognitive nivå og at diskrepans ikke nødvendigvis har noe å si, ifølge Siegel (2006). De kognitive vanskene knyttet til dysleksi viser seg ved verbal persepsjon og ved gjenkjenning og manipulering med selv de mest grunnleggende lydene i et språk. En person med dysleksi vil derav streve med å huske lyder og lære seg bokstavenes lyd. Videre påpekes det at dysleksi er en nevrologisk tilstand med rot i en genetisk base. Dette stemmer godt overens med definisjonene til både Shaywitz og Shaywitz (2003) og Rose (2009). Den går derimot på akkord med de som prøver å beskrive dysleksi ut ifra diskrepans alene.

I Rose (2009) sin definisjon nevnes det også at dysleksi kan opptre sammen med andre komorbide vansker som eksempelvis språkvansker, motoriske vansker, vansker med hoderegning, konsentrasjons- og organiseringsvansker. Med komorbide vansker menes det vansker som opptrer samtidig i et og samme individ (Hulme og Snowling 2009). Når det gjelder matematikkvansker så mener Hulme og Snowling (2009) at dysleksi ikke

nødvendigvis kun medfølger vansker med hoderegning, men også i forhold til matematikk mer generelt.

Alle definisjonene som hittil er nevnt påpeker at dysleksi har en biologisk basis. Hva ligger egentlig i dette? Både Sousa (2005) og Høien og Lundberg (2012) sier at lesing og skriving er såkalte kulturproduserte fenomener. Det vil si at vi fra naturens side ikke har noe senter i hjernen som helt naturlig tar seg av lesing og skriving, men for å kunne utføre dette likevel så støtter vi oss til våre basale funksjoner. Med dette menes det blant annet visuell persepsjon, hukommelse, fonologi og språkforståelse. Det er viktig å poengtere at det at noen strever med å lese og skrive ikke ene og alene er knyttet til den biologiske basisen, men også i stor grad er påvirket av miljø (Snowling 2000, Høien og Lundberg 2012). Et problem som ofte har oppstått når en har forsøkt å se på sammenhengen mellom arv og miljø i forhold til dysleksi er at en ofte hopper til en for enkel konklusjon. Blant annet har man lenge sagt at barns utvikling er et direkte resultat av arv og miljø, men man har glemt å se nærmere på hva som ligger bakenfor dette. Det mangler i stor grad direkte konkretisering av hva dette innebærer. En annen ting som også blir nevnt som uheldig i tidligere forskning er at den har vært styrt av økonomiske krefter som ønsker å påvise det ene eller det andre til fordel for egen sak, og da bør man stille seg kritisk til resultatenes gyldighet. Et annet problem som nevnes er at genetikkens rolle kanskje har blitt viet for mye fokus, da den har blitt frontet av store forfattere med stor gjennomslagskraft (Melbye-Lervåg 2012).

Nå i nyere tid ser det ut til at forskningsmetodene har blitt mer pålitelige. Når en ser på arv, miljø og dysleksi er det i hovedsak to studietyper som benyttes: atferdsgenetiske studier og molykylærgenetiske studier. *Atferdsgenetiske studier* ser på arv og forholdet mellom arv og miljø ved å bruke naturlige eksperimenter. Et naturlig eksperiment kan være at man ser på tvillinger eller på hvordan en vanske opptrer og arves i familier (Melbye-Lervåg 2012, Rutter 2006). Når en ser på *familiestudier* kan en for eksempel se på hvorvidt dysleksi forekommer hyppigere i en eksperimentgruppe bestående av barn med foreldre som har dysleksi sammenlignet med en kontrollgruppe som ikke har familiær risiko for dysleksi.

Det er viktig å merke seg at familiestudier ikke kan si noe om selve forholdet mellom arv og miljø fordi det ikke er tvillingstudier. Altså kan familiestudier kun si noe om sannsynligheten for at et barn kommer til å utvikle dysleksi. Familiestudier kan også gi oss nyttig informasjon

om komorbiditet, altså sjansen for at en eller flere vansker opptrer samtidig i et individ (Melbye Lervåg 2012, Pennington 2002). Videre kan familiestudier hjelpe oss til å avdekke fenotypen til en vanske, altså hvilke særegne karakteristika som er fremtredende ved diagnosen (Melbye-Lervåg 2012, Hulme og Snowling 2009).

Tvillingstudier går ut på at man tester forskjellen mellom eneggede og toeggede tvillingpar hvorav eneggede tvillinger deler 100 % av arvematerialet, mens toeggede tvillinger deler 50 %. Tvillingstudier foretas ofte på den måten at man individuelt tester tvillingene med hensyn til f.eks. fonologiske ferdigheter og ut ifra dette igjen foretar en interklassekorrelasjon (Melbye-Lervåg 2012, Stromswold 2001). Gjennom denne utregningen kan man få oversikt over hvorvidt to personer innenfor en gruppe ligner på hverandre og man beregner da selvfølgelig en for de eneggede tvillingene og en for de toeggede tvillingene. Hvis eneggede tvillinger er mer like enn de toeggede tvillingene man studerer kan man trekke den slutningen at selve forskjellen har oppstått som følge av en genetisk påvirkning (Melbye-Lervåg 2012).

Den enkleste modellen for analyse av tvillingdata kalles *ACE-modellen*, også kaldt *Falconer's h^2* . Den består av at man ser på (A) den arvelige komponenten, (C) det felles miljøet (common environment) og (E) som er en komponent for individuell unik miljøpåvirkning. I følge Neale og McArdle (2000) kan man også nå i ACE-modellen ta høyde for miljøinteraksjon og man kan regne ut hvordan ulike gener kan få ulike utslag i ulike miljøer. Man kan også bruke *Defries & Fulker's h^2* g når man analyserer tvillingstudier. Da ser man på hva som kan forklare forskjellen mellom grupper med og uten vansker. Forskjellen mellom de nevnte metodene er altså at den ene undersøker forskjellen mellom variasjonen i hele populasjonene, mens man i den andre metoden kan se på variasjonene mellom grupper når det gjelder for eksempel leseferdigheter (Melbye-Lervåg 2012).

Rutter (2006) påpeker at tvillingstudier har noen svakheter som det er verdt å merke seg. For eksempel er det fare for at den genetiske påvirkningen vil bli overestimert gitt at den ene tvillingen har blitt utsatt for en sterk effekt på en miljøvariabel som igjen får en sterk effekt på den egenskapen som studeres. Men sannsynligheten for at dette skjer er ikke nødvendigvis så stor. I de fleste tilfeller behandles tvillinger relativt likt og vokser opp i et relativt likt miljø (Melbye-Lervåg 2012, Rutter 2006).

Det er også viktig å merke seg at estimatene i tvillingstudier kun gjelder utvalget. En kan altså ikke automatisk generalisere, og for eksempel si at estimatet for leseferdigheter på 60% skyldes genetiske faktorer for alle som har lesevansker. En må heller ikke glemme at miljøet kan ha meget stor betydning selv om arveligheten er høy. Dette gjelder også for ferdigheter som i stor grad må tillæres, som f.eks. ordforråd (Melbye-Lervåg 2012, Stromswold 2001).

Molykylærgenetiske studier prøver å identifisere hvilke gener som ligger til grunn for arveligheten av dysleksi som blir påvist i atferdsgenetiske studier. Molykylærgenetiske studier er noe helt annet enn atferdsgenetiske studier fordi deres formål er å identifisere gener og trekk som kan bidra til å forklare arveligheten til en vanske. En deler molykylærgenetiske studier inn i to grupper: *koplingsstudier* og *assosiasjonsstudier*. I *koplingsstudier* studerer man for eksempel søsken som begge har dysleksi. En prøver å kartlegge om de har like genetiske segmenter ved å se på absolutt hele deres genetiske sammensetning. Fordi påvirkningen fra enkeltgener når det gjelder akkurat dysleksi ser ut til å være relativt svak krever selve designet i molykylærgenetiske studier at man har en veldig stor utvalgsstørrelse. Dette for at man skal kunne være i nærheten av å kunne påvise noe som helst. Målet er selvsagt å finne ut gjennom statistisk analyse om det man har funnet ut er noe mer enn det som bare ville oppstått som et resultat av tilfeldigheter (Melbye-Lervåg 2012).

Den andre hovedgruppen molykylærgenetiske studier er *assosiasjonsstudier*. Her prøver man for eksempel å finne ut om en gruppe mennesker med dysleksi har større sjans for å ha en gitt genetisk sammensetning enn kontrollgruppen uten dysleksi. Det er lett å få falske positive funn i denne typen studier rett og slett fordi det er vanskelig å statistisk bestemme sannsynligheten for at en gitt genkombinasjon har oppstått tilfeldig eller ikke. Samtidig er denne typen studier interessante nettopp fordi de kan hjelpe oss å finne ut hvilke enkeltgener som kan ha innvirkning på dysleksi (Melbye-Lervåg 2012, Rutter 2006).

I sin metaanalyse fant Melbye-Lervåg (2012) at den familiære risikoen for å utvikle dysleksi når en av dine foreldre har dysleksi er anslagsvis omkring 44 % (konfidensintervall 38-50, $p < .05$). Det viser seg når en ser på Melbye-Lervåg sin metaanalyse av tvillingstudier at om lag 51% (95% KI, 44.2-64.7) er arvbarhet, mens de resterende prosentene antas å faktisk kunne tilskrives miljøfaktorer (Melbye-Lervåg 2012). En må likevel som Melbye-Lervåg selv påpeker tolke disse resultatene med noe forsiktighet da de ikke er basert på uavhengige studier. Det er også generelt sett stor forskjell på hvilke prosentvise resultater de ulike

studiene kom frem til. En av årsakene til dette er at alvorlighetsgraden til lesevansken kan virke inn uten at det kanskje er tatt høyde for dette i de ulike studiene. Det er påvist at lesevansker med sterk alvorlighetsgrad kan være mer arvbart enn lesevansker av en litt mildere karakter (Melbye-Lervåg 2012, Wadsworth, DeFries, Olson og Wilcutt 2007).

En annen ting som kan virke inn på undersøkelsene er barnas alder. Barnets kognitive ferdighet og arveligheten øker med barnets alder. Dette kan kanskje høres noe snodig ut, men blant annet Haworth, Wright og Luciano 2010 mener å kunne forklare dette ved å si at desto eldre barnet blir desto mer tilbøyelig er det til å skape et miljø rundt seg som samsvarer med dets genetiske potensiale, i mye større grad enn det barn kan når de er yngre. De samme forskerne mener også at barn som vokser opp i lavtstående sosioøkonomiske familier ikke får brukt sitt genetiske potensiale til det fulle, fordi de blir understimulert, og estimatet for arv av kognitive ferdigheter blir derav lavere enn hos de med høyere sosioøkonomisk status (Melbye-Lervåg 2012).

Poelmans, Buitelaar, Pauls og Franke foretok i 2011 en metaanalyse over koplingsstudier og assosiasjonsstudier på dysleksi. Det har tidligere vært et problem i følge Rutter (2006 kap.8) at det har vært vanskelig å etterprøve molykylærgeniske studier. Og om man i en studie har klart å påvise at et gen kan ha betydning for dysleksi, så har man kanskje ikke klart å bevise dette på nytt i en ny studie av det samme. Metaanalysen som har blitt gjort har derfor vært til nytte fordi den har klart å sammenfatte funnene fra de ulike studiene som har vært gjort tidligere (Melbye-Lervåg 2012). I metaanalysen fant de at dysleksi ser ut til å kunne være knyttet til 14 ulike gener. Av disse genene har man klart å plassere 10 gener i et nettverk som beskriver hvordan disse påvirker dannelsen og migrasjonene av nerveceller (Melbye-Lervåg s.10). Dette beviser i så måte hypotesen om at dysleksi har en sterk arvbar komponent. Likevel er det svært viktig å understreke at det ikke er et gen alene som fører til utviklingen av dysleksi, men at det heller kan være flere gener og kombinasjoner av disse som gjør utslaget sammen med miljømessige faktorer (Melbye-Lervåg 2012).

I løpet av de siste 10 årene har det litt lagt ned mye krefter for å finne ut av hvilke hjernestrukturer som ligger til grunn for dysleksi (Hulme og Snowling 2009). Vansker ligger som tidligere nevnt i den fonologiske prosesseringen og det vil derfor være nærliggende å tro at det er områdene som er ansvarlige for språkprosessen våre som er svekket hos mennesker

som har dysleksi. Språkfunksjoner kan befestes i den venstre hemisfære av hjernen. Dette har blitt bevist ved at folk som er blitt utsatt for ulykker og har fått en skade i Broca`s området i den venstre frontallappen får vansker med språkproduksjon, mens skader i Wernic`s området som ligger i den venstre frontallappen bak Broca`s området kan medføre vansker med å forstå talespråk (Hulme og Snowling 2009).

Hos mennesker med dysleksi viser hjernen seg å være mindre assymetrisk enn hos mennesker uten dysleksi. Personer uten dysleksi ser ut til å ha en stor språkdominant høyre hemisfære. Både Hynd et.al (1990) og Pennington (2000) sier mer presist at det trolig er en mindre asymmetri i planum temporale for de som har dysleksi. Planum temporale strukturer er en del av vår språklige prosessering. En må likevel være litt forsiktig med hvilke konklusjoner man trekker fra slike funn fordi alle individer kan ha noe ulik størrelse på sine hjerner. Likevel ser det ut til at det er en bred enighet rundt at det er regionene i den venstre hemisfæren som viser en anormalitet hos mennesker med utviklingsmessig dysleksi (Hulme og Snowling 2009).

I 1999 foretok Brunswick, McCrory, Price Frith, og Frith en studie der de sammenlignet 6 voksne som var diagnostisert med utviklingsmessig dysleksi med en kontrollgruppe mens de ble utsatt for oppgaver hvor de måtte lese meningsbærende ord og non-ord høyt. Det viste seg at de samme hjerneområdene ble aktivert under lesing, mens de voksne med dysleksi viste mindre aktivitet i venstre inferior og midtre temporale hemisfære, venstre frontale operculum og cerebellum (lillehjernen). Forskerne mente at den nedsatte aktiviteten i venstre temporale hemisfære påvirket deres evne til å gjenhente (retrieve) uttalen av det trykte ord, altså at de som sagt strever med å gjenhente informasjon fra sitt mentale leksikon og strever med fonologi.

De voksne med dysleksi viste samtidig økt aktivitet i premotor cortex, noe forskerne så på som et tegn for at de med dysleksi i stor grad prøver å kompensere ved å ta i bruk andre områder av hjernen når de skal artikulere seg. En kan jo undre seg over hvorvidt de forskjellige aktiveringsmønstrene i hjernene man ser hos mennesker med dysleksi når de utfører lesing og ulike fonologiske oppgaver er en konsekvens av vansken, fremfor en årsak til vansken? Dette er et spørsmål som hittil i forskningen står ubesvart og det trengs mer forskning omkring hjernens funksjon for å kunne si noe med større sikkerhet (Hulme og Snowling 2009).

3.1 Kort oppsummert om hva lesing og dysleksi er.

Lesing er en kompleks prosess som går langt utover det å bare avkode det skrevne ord (Refsahl 2012). Sweet og Snow (2003) oppsummerer hva det hele dreier seg om i sin modell. De definerer lesing som en prosess der man samtidig trekker ut og konstruerer ny mening. På den ene siden har man leseren som prøver å forstå, på den andre siden har man teksten som skal bli forstått, også har man selve aktiviteten leseren må utføre for å få leseforståelse. Denne interaksjonen mellom leseren, teksten og aktiviteten må sees ut ifra den sosiokulturelle konteksten leseren befinner seg i. For at lesingen skal bli vellykket må det altså være en god match mellom leseren og teksten. For å bli en god leser snakker Refsahl (2012) om at det må være en balanse. Denne balansen handler om at den som leser må klare å velge riktig lesestrategi, ha god uttale og ta naturlige pauser underveis i teksten i tillegg til at han har en god dynamikk mellom avkoding og forståelse. De som strever med å lese og skrive sliter ofte med å oppnå denne balansen.

Bruce Pennington (2009) viser til et par karakteristika som han mener er tilstede hos mennesker som strever med å lese og skrive. Det første er at ordavkodingen ikke er automatisert godt nok. Dette medfører dårlig lesetempo. Mennesker med dysleksi leser få ord per minutt og dette er et problem som kan vedvare inn i voksen alder. For det andre har de som tidligere nevnt store vansker med å avkode non-ord, dette fordi de strever med fonologi. For det tredje sliter de med rettskriving. Lesevanskene er resistente. Det vil si at de som oftest vedvarer over flere år. (Pennington 2009, Hulme og Snowling 2009, Høien og Lundberg 2012).

4 Hva er matematisk kompetanse og hvordan utvikles den?

Før en kan si noe om hva matematikkvansker er må man først vite noe om hva matematisk kompetanse er, og hvordan vår forståelse av tall utvikles. I følge Martinsson og Thomson (2006) er matematikk læren om tall, rom og de mange generaliseringene av disse som skapes av det menneskelige intellekt. Griffin (2010) sier nærmere at matematisk kompetanse omfatter tre verdener. Den ene verdenen handler om at man klarer å forstå den faktiske fysiske mengden et tall representerer, slik at et tall faktisk gir en mening og ikke bare blir et ord vi sier. Den andre verdenen handler om at vi klarer å telle og har forståelse av at noen tall kommer på den og den plassen i tallsystemet/-rekken fordi det er større eller mindre enn andre tall. Den tredje verden består av at vi forstår matematiske begreper og tegn som for eksempel hva pluss og minus er og hvilke tegn som brukes for å vise dette. Matematisk kompetanse består altså av å kunne forstå disse tre verdenene og hvordan de er i relasjon og aksjon med hverandre (Griffin 2010).

Holm (2007) prøver i likhet med Griffin å definere hva matematisk kompetanse er, men hun kaller det derimot for matematikkunnskap. Hun mener at matematikkunnskap kan defineres som *ferdighet* pluss *forståelse*. Et barns matematiske kompetanse starter lenge før den abstrakte fremstillingen av tall som vi blir møtt med i lærebøker på skolen. De fleste barn kan allerede telle til 10 når de begynner på skolen, men det er en stor forskjell mellom det å faktisk kunne telle til 10 og det å forstå hva en gjør og å forstå hva alle tallene frem til 10 betyr (Holm 2007, Hulme og Snowling 2009). Hvis en bare ramser opp en haug av tall i riktig rekkefølge uten å forstå hva det betyr, så kunne en kanskje like greit ha sagt en hvilken som helst regle? For å bygge opp en matematisk kompetanse må en altså både inneha ferdigheten, som i dette eksemplet er telling, og forståelse, som innebærer kunnskap om mengde og plassverdisystemet.

Hvordan utvikles så tallkunnskap? Wynn (1992) fant i sin studie ut at menneskebabyer har en preverbal forståelse av tall. I sitt eksperiment viste hun 5 måneder gamle babyer en leke som deretter ble plassert bak en skjerm. Deretter ble babyen vist en tilsvarende ny leke som også

ble plassert bak samme skjerm. Deretter ble den ene leken bak skjermen tatt vekk uten at babyen fikk se det. Skjermen ble så fjernet og den ene leken kom til syne igjen. Babyen viste da tegn til å være overrasket ved at han/hun stirret veldig lenge på den ene leken når det ble vist bare én leke i stedet for to. En tolker dette dithen at babyen hadde forventet at det skulle være 2 objekter bak skjermen og ikke bare et, siden babyen stirret lenger når det ble vist frem en leke enn når det ble fremvist 2 leker (Hulme og Snowling 2009).

Andre studier igjen har vist at 6 måneder gamle babyer til en viss grad klarer å skille mellom mengder så lenge mengdene ikke er for store eller for like i størrelse. I et eksperiment klarte for eksempel babyene å skille mellom 8 og 16 prikker og 16 og 32 prikker, som ansees som ulike mengder, men de klarte ikke å skille mellom 16 og 24 prikker som er mer like mengder (Xu og Spelke 2000, Xu, Spelke og Goddard 2005). Dette viser tilsynelatende at det finnes en slags preverbal tallforståelse hos babyer, men at det numeriske systemet de innehar ikke er helt presist utviklet enda. I tillegg ser det ut til at de bare klarer å forholde seg til små tallstørrelser (Hulme og Snowling 2009).

Når man studerer hvordan barn utvikler matematiske ferdigheter oppdager man fort at det består av mange bestanddeler. Sagt på annet vis er matematikk komplekst i så måte at et matematisk problem ofte kan bli løst på flere forskjellige måter og man vil kunne komme frem til identiske svar. Man kan altså bruke forskjellige prosedyrer og strategier for å komme frem til en løsning. Hvor sofistikerte barna er i sine strategivalg er ofte knyttet til hvilken alder barnet har (Hulme og Snowling 2009).

Barnets matematiske forståelse og utvikling starter som nevnt allerede med den preverbale forståelsen og de fleste barn kan telle i ulik grad før de begynner på skolen, men hvordan utvikles så de tidlige matematiske ferdighetene herfra? Noe av det første en møter på skolen er hvordan man adderer enkelttall (f.eks. $2+2$). Addisjon kan sees på som en naturlig forlengelse av det å lære å telle. Addisjon som for oss voksne kanskje ser tilsynelatende enkelt ut er en relativt kompleks ferdighet (Hulme og Snowling 2009). I begynnelsen bruker en kanskje en prosedyre som fokuserer på tallet som representerer sluttsummen. Eksempelvis teller man fra tallet 1 og opp til tallet 4, altså en-to-tre-fire, og sier at summen av $2+2$ er fire. Dette kan en også gjøre ved hjelp av objekter.

En mer effektiv strategi derimot vil være å etter hvert få barnet til å klare å starte på tallet 2 og telle derfra og opp til tallet fire. Den mest sofistikerte måten er å få barnet til å identifisere hvilket av tallene som er størst og deretter få det til å telle opp derfra f.eks. hvis stykket en skulle løse var $2+3$ ville det egentlig vært mest hensiktsmessig å starte å telle fra tallet 3 og deretter legge til 2. Dette innebærer at barnet har forstått at når det gjelder akkurat addisjon så vil ikke det å alternere rekkefølgen på tallene utgjøre noen forskjell for sluttsummen, men det å velge å starte på det høyeste tallet og telle derfra vil være mest effektivt. Denne strategien har også vist å gi mindre tellefeil og kalles for «min»-strategien (Hulme og Snowling 2009).

Dette bringer oss til en fundamental distinksjon det er viktig å kjenne til for å forstå hvordan man utvikler matematiske ferdigheter. Denne distinksjonen ligger mellom konseptuell (conceptual) og prosedyrisk (procedural) kunnskap. Når et barn blir stilt ovenfor et matematisk problem som eksempelvis $(3+4)$ så kan de velge å telle alt eller å telle ved å velge en bestemt prosedyre som for eksempel «min»-strategi. Begge prosedyrene vil være korrekte i og med at svaret blir likt, men ikke like effektive. Det at et barn *vet noe* (commutativity) betyr ikke nødvendigvis at de automatisk og direkte benytter seg av den mest hensiktsmessige strategien (som her var «min»-strategi).

Senere når barna lærer seg nummerbåndene kan de lære seg å gjenkalle svarene automatisk fra minnet (retrieval strategies), noe som selvfølgelig er enda mer effektivt enn å måtte telle. Barn som strever med matematikk vil bruke lang tid på å bygge opp en database av tallfakta i minnet sitt og de feiler derfor stadig i sine forsøk på å gjenhente tallfakta raskt når de regner (Geary 1993, Hulme og Snowling 2009, Ostad 2010). Men hvordan blir så disse ferdighetene automatisert i minnet? Selv voksne med god matematisk kompetanse ser ut til å ha lettere for å gjenhente mer riktige svar fra minnet når det er snakk om små tall (f.eks. $2+3$) enn større tall som $(8+9)$. Dette mener noen forskere er fordi det er lettere å huske små mengderepresentasjoner enn store og at det derav også er lettere å skille mellom små mengderepresentasjoner i minnet enn store. Hvor mange ganger du har blitt utsatt for et regnestykke kan også spille inn på hvor godt du husker svaret. Har du altså blitt eksponert for regnestykket $(8*9)$ mange ganger så kan det hende du husker det selv om tallene er store (Hulme og Snowling 2009).

5 Hva er matematikkvansker?

I metaanalysen til Swanson og Jerman (2006) nevnes det at Badian (1983) fant at om lag 6-7% har matematikkvansker i større eller mindre grad. Men dette prevalensestimater kan selvfølgelig bli noe annerledes om det etterprøves fordi man kanskje benytter andre målekriterier. De påpeker også at matematikkvansker ser ut til å være like vanlige som lese- og skrivevansker, men at det likevel hittil i forskningen har blitt rettet størst fokus mot sistnevnte. Det rettes også fokus mot at matematikkvansker ofte er komorbide med lese- og skrivevansker (Jerman og Swanson 2006).

I den europeiske diagnosemanualen ICD-10 (Helsetilsynet 2000) kalles matematikkvansker for «Spesifikk forstyrrelse i regneferdigheter» under kode F81.2. Den fokuserer på at forstyrrelsen ikke kan forklares ved generell psykisk utviklingshemning eller ved utilstrekkelig undervisning. Videre sier den at regnevanskene omhandler manglene evne til å mestre grunnleggende regnemetoder (altså de 4 regnearter) og at det ikke nødvendigvis dreier seg om å mestre mer abstrakt matematikk som algebra og geometri. Videre nevnes det at matematikkvansker er mindre forsket på enn lese- og skrivevansker og at kunnskapen på feltet er heller begrenset. Likevel prøver de å skissere opp noen diagnostiske retningslinjer og sier følgende:

«Barnets regneferdigheter må være vesentlig dårligere enn det som forventes i forhold til dets alder, generelle intelligens og skolenivå, og vurderes best ved hjelp av en individuell, standardisert regnetest. Lese- og staveferdighetene må ligge innenfor det normale spekteret som forventes i forhold til barnets mentale alder, fortrinnsvis som vurdert ved hjelp av egnede standardiserte tester. Regnevanskene må ikke hovedsakelig skyldes svært utilstrekkelig undervisning eller være direkte følge av syns-, hørels-, eller nevrologiske svekkelser, og må ikke skyldes nevrologiske, psykiatriske eller andre lidelser.» (Statens Helestilsyn 2000 s.246).

Den Amerikanske diagnosemanualen DSM-IV(1994) definerer matematikkvansker slik:

«Mathematical ability, as measured by an individually administered standardized test is substantially below that expected, given the person's chronological age, measured

intelligence and age-appropriate education.” (DSM-IV gjengitt i Hulme og Snowling 2000 s.172).

Det går frem at både den europeiske og den amerikanske definisjonen fokuserer på de samme kriteriene når det gjelder diagnostisering av matematikkvansker. Begge fokuserer på at eleven må ha en skåre på de standardiserte testene som ikke står i forhold til elevens kronologiske alder og målte intelligens. Det er egentlig veldig likt måten begge diagnosemanualene også definerer lese- og skrivevansker som nevnt tidligere. I tillegg sier ingen av definisjonene noe særlig om hva årsaken til hva matematikkvanskene kan være, selv om ICD-10 versjonen nevner at vansken er spesifikk, nevnes det ikke på hvilken måte. Begge diagnosemanualene sier heller mer om hva det ikke kan være, altså at det ikke kan skyldes lavt generelt evnenivå, psykiatriske lidelser, syns-, hørsels- eller andre nevrologiske svekkelser eller andre diagnoser og vanskene kan heller ikke skyldes svært utilstrekkelig undervisning. Så hva er egentlig årsaken til matematikkvansker?

Metaanalysen til Jerman og Swanson (2006) prøver å gi et overblikk over hva som har skjedd innenfor forskningsfeltet på matematikkvanskefronten de siste tiårene. De kommer på sett og vis frem til at det ikke er noe som er helt sikkert, og at det er mye uenighet. Geary (1993 og 2003) har foretatt en av de mest omfattende studiene av kognitiv litteratur og selv om det ikke er en ren kvalitativ analyse har de fått mye oppmerksomhet. Studien til Geary (1993) viser at matematikkvansker trolig ikke er knyttet til generell forsinket utvikling eller noen form for utviklingshemning, selv om enkelte med matematikkvansker selvsagt også kan ha dette. I så tilfelle vil matematikkvanskene være mer forventet og må regnes som en sekundær og ikke primær vanske. Geary (1993) mener altså at matematikkvansken på en eller annen måte må være mer spesifikt kognitivt manifestert. Dette stemmer godt overens med det som går frem av diagnosemanualene DSM-IV og ICD-10.

Det trekkes frem at barn med matematikkvansker er en heterogen gruppe som viser vansker på en eller flere kognitive områder som en mener kan bidra til å årsaksforklare vanskene. Matematikkvansker innebærer at man har vansker på en eller flere av disse tre områdene: 1.) Vansker knyttet til *semantisk minne* (Semantic memory deficit) 2.) Vansker med den matematiske *proseduren* (Procedural difficulties) 3.) *Visuo-Spatiale vansker*.

Det å ha vansker knyttet til *semantisk minne* handler om at man strever med å gjenhente tallfakta (retrieval) og man har store sjanse for å gjenhente feil fakta (errors in recall). En tror at nettopp det å ikke klare å gjenhente informasjon fra langtidsminnet er noe av det som definerer matematikkvansker. Det at barna ikke klarer å gjenhente tallfakta fra langtidsminnet fort nok, noe som igjen fører til at de løser matematiske oppgaver sakte og at disse vanskene er vedvarende over alder, mener Geary (1993) er et bevis på at vanskene ikke skyldes forsinket utvikling. Det tyder heller på at vi står ovenfor en spesifikk kognitiv vanske som er vedvarende på tross av barnets modning og aldring. Likevel skal en ikke se bort ifra at det selvfølgelig er noen barn som har en forsinket utvikling og som på grunn av det også har en umoden måte å telle på, for eksempel at de teller på fingrene, men dette blir ikke det samme som å ha en spesifikk matematikkvanske (Jerman og Swanson 2006). Landerl og Moll (2004) derimot utfordrer Geary (1993) sin tankegang når de sier at de ikke tror at semantisk minne er direkte knyttet til tallprosessering. I stedet fremmer de en tanke om at tallprosessering kan være mediert via et annet system, uten at de sier noe nærmere om hvor de tror det er befestet. De påpeker bare at de tror at tallprosessering er noe distinkt annet en semantisk minne.

Vansker med den *matematiske prosedyren* omhandler at barnet har umodne metoder for numeriske kalkulasjoner og derav får problemer med å løse oppgaver med mange ledd og som krever mer komplekse prosedyrer. Barn med matematikkvansker ser ut til å ha en basisforståelse av tall og små mengder, men det de derimot strever med er å holde denne informasjonen i arbeidsminnet sitt. Dette medfører at de ikke klarer å ha oversikt over sin telleprosess og de gjør derfor lett feil når de teller. Barn med matematikkvansker vil derfor streve med å både løse enkle og mer komplekse oppgaver fordi de har en svikt i sin matematiske prosedyre som gjør at de lett mister oversikten over telleprosessen eller de teller feil (Jerman og Swanson 2006).

Den tredje vansken man kan ha er knyttet til *visuo-spatiale vansker*. Barn som har denne typen vanske har vansker knyttet til å kunne behandle numerisk informasjon spatialet. I praksis innebærer dette at de kan ha vansker med å sette tall på en tallinje eller de kan streve med å lage og lese av tabeller. De kan også ha vansker med rotasjon av tall og geometriske oppgaver som krever spatiale ferdigheter (Jerman og Swanson 2006).

Selv om det er noe uenighet rundt hva som er årsaken til matematikkvansker og det fortsatt forskes på dette ser det ut til at det er enighet rundt at det både er kognitive og nevrologiske årsaker som ligger til grunn. Og det er hittil utbredt en viss enighet rundt teorien om at barn med matematikkvansker ikke klarer å gjenhente (retrieve) tallfakta fra minnet og at dette kan være knyttet til nevrologiske strukturer. Spesielt venstre del av hjernebarken (left basal ganglia), den fremre delen av hjernestammen (thalamus) og venstre parietale-occipitale-temporale lobe ser ut til å være involvert, da disse områdene blir assosiert med det å ikke klare å gjenhente tallfakta fra langtidsminnet.

Det må likevel ikke utelukkes at det å kunne gjenkalle korrekt til dels kan settes i sammenheng med hvor øvd man er i denne ferdigheten. Hver gang man blir utsatt for en gitt regneoperasjon vil man danne assosiasjoner rundt dette stykket. Til slutt vil man kanskje klare å huske stykket og svaret og dermed gjenkalle det korrekt. Dette vil selvsagt gå fortere hos en med normal hukommelsesfunksjon enn for en med matematikkvansker. Dette viser hvor viktig arbeidsminnet vårt faktisk er når vi skal lære matematikk. Sliter man med å gjenhente aritmetiske fakta fra minnet, leder dette til vansker med å utføre regneoppgavene korrekt og det igjen leder til at man lett tyr til umodne problemløsningsstrategier som eksempelvis å telle på fingrene (Geary 1993, Swanson og Jerman 2006).

Baddeley og Logie (1999) beskriver arbeidsminnet som et sentral eksekutivt lagringssystem med limitert kapasitet. Det interagerer med to sett passive midlertidige lagringssystemer som behandler ulike typer informasjon. Det ene er den språkbaserte fonologiske sløyfen og den andre en slags visuell notatblokk. Den fonologiske sløyfen er ansvarlig for midlertidig lagring av verbal informasjon. Segmenter blir holdt fast og lagret i den fonologiske sløyfen over en kort periode. Segmentene blir tatt opp i den fonologiske sløyfen fordi vi ytrer dem via tale. Den visuelle notatblokken derimot er ansvarlig for å lagre visuo-spatial informasjon over kortere perioder og spiller en sentral rolle i vår generering og monitorering av mentale bilder.

Begge lagringssystemer er i direkte kontakt med det sentral eksekutive systemet som primært er ansvarlig for å koordinere aktivitet innad i det kognitive systemet, men noe av dets funksjon er også å være en støtte til de to subsystemene slik at de kan øke sin kapasitet til å bearbeide informasjon. Hovedoppgaven til det eksekutive systemet er å hente ut informasjon fra vårt langtidsminne.

Den distinksjonen man gjør mellom det sentrale eksekutive systemet og det passive lagringssystemet (altså den fonologiske sløyfen og den visuelle notatblokken) er parallell med den distinksjonen man gjør mellom arbeidsminnet og korttidsminnet. Arbeidsminnet kan beskrives som et lagringssystem med begrenset kapasitet som er involvert i prosessen med å ivareta informasjon mens man samtidig prosesserer den bestemte informasjonen eller annen informasjon. I kontrast fungerer korttidsminnet som et system der små segmenter av informasjon blir holdt passivt og deretter blir reproduisert på en sekvensiell måte. Dette medfører at bare minimale ressurser fra langtidsminnet trengs å aktiveres for å utføre oppgaven som for eksempel en tall- eller ordoppgave.

Baddeley og Logie mente allerede i 1999, i likhet med Geary (1993), at defekter i arbeidsminnet kunne forklare noe av vanskene en ser hos mennesker med matematikkvansker, da en i matematikk i stor grad er avhengig av å gjenhente informasjon fra langtidsminnet for å løse den matematiske oppgaven man har for hånden. Arbeidsminnet er ansett som et subsett av informasjonssegmenter lagret i korttidsminnet. Dette betyr at om en separerer innholdet i korttidsminnet fra arbeidsminnet står en igjen med et korttidsminne som kontrollerer oppmerksomhet og eksekutiv prosessering. På den andre siden ser vi at arbeidsminnet består av tre funksjoner; det eksekutive, den fonologiske sløyfen og den visuo-spatiale notatblokken. Spørsmålet blir dermed om arbeidsminnet i sin helhet spiller en rolle for å gjenhente (retrieve) aritmetisk fakta fra minnet, eller om en av de gitte komponentene er mer viktige enn andre? Dette ser det ikke ut ifra nåværende litteratur å være noe entydig svar på.

Geary (1993, 2003) hevder at de hukommelsesvanskene man ser hos barn med matematikkvansker i stor grad ligner på de vanskene man ser hos barn med lese- og skrivevansker, og at det trolig er de samme fonologiske og semantiske minnefunksjonene som man støtter seg til i avkoding i lesing som man også tar i bruk når man utfører regneoperasjoner. Hvis det er tilfellet vil det si at de fonologiske vanskene som bidrar til lese- og skrivevansker (dysleksi) også kan være årsaken til matematikkvansker (Hecht,Rashotte,Torgersen og Wagner 2001). Derimot er det andre igjen som mener at det ikke er noen nevrologisk evidens for at det er noen direkte sammenheng mellom matematikkvansker og språk (Cohen, Dehane, Cochon, Lehericy, Naccache 2000).

I studien til Jerman og Swanson (2006) kommer det frem at barn med matematikkvansker ser ut til å være litt bedre til å løse litterære oppgaver enn det barn med lese- og skrivevansker er. Dette mener forskerne gir mening fordi matematisk resonnering er sterkt knyttet til litterær resonnering som eksempelvis leseforståelse. Barn med lese- og skrivevansker utmerker seg derimot som bedre når det gjelder hurtig benevning og visuo-spatiale oppgaver som er forbundet med arbeidsminnet. Likevel sier Jerman og Swanson (2006) at disse funnene kanskje bør tolkes med noe varsomhet da effektstørrelsene de fant var noe inkonsistente.

Jerman og Swanson (2006) testet også hvorvidt barnas minnefunksjoner, altså langtidsminnet, korttidsminnet og arbeidsminnet påvirket deres IQ, matematiske ferdigheter og leseferdigheter. Det de kom frem til var at spesielt arbeidsminnet så ut til å påvirke alle tre, og at barn med matematikkvansker ser ut til å ha et fungerende korttidsminne. Med andre ord utmerket arbeidsminnet seg som en unik og signifikant varians, som var større enn det en kunne ha forventet at skulle kunne oppstå ved tilfeldigheter (p.0004). En tolket dette dithen at arbeidsminnet er en avgjørende faktor som utgjør forskjellen mellom barn som har god matematisk kompetanse og de som ikke har det.

Studien viste også at matematikkvansker er vedvarende med alderen og ikke er noe man vokser av seg. Dette kom de frem til ved å se på hvorvidt de kognitive defektene så ut til å endre seg i takt med barnets modning eller om de så ut til å være tilstede uavhengig av alder. Det så altså ut til at modning ikke spilte så stor rolle (Jerman og Swanson 2006).

Lewis, Hitch og Walker (1994) og Hanich, Jordan og Dick (2001) sine studier viser også at matematikkvansker ofte opptrer samtidig med lese- og skrivevansker. Barn med rene matematikkvansker så ut til å være bedre på språkrelaterte oppgaver, enn de som hadde matematikkvansker og lese- og skrivevansker kombinert. Derimot så det ut til at begge grupper var svake når det gjaldt visuo-spatiale evner og tallmanipulasjon. Studien til Jerman og Swanson (2006) ga også svake indikasjoner på at dette kan stemme. Det spørsmålet man dog stadig kommer tilbake til er hvorvidt matematikkvansker og lese- og skrivevansker kan årsaksforklares ved de samme kognitive defektene eller ikke?

Swanson og Sachse-Lee (2001) sin studie viste at barn med matematikkvansker ofte gjør det dårlig på svært komplekse matematikkoppgaver som for eksempel oppgaver som innebærer

«word-problems». De mener at årsaken til dette ikke nødvendigvis kan forklares ved tallvansker alene, men at både fonologisk og eksekutiv prosessering trolig spiller inn. Desto større krav oppgaven stiller til dine fonologiske ferdigheter desto større er likhetene mellom de som har lese- og skrivevansker og de som har matematikkvansker.

Dette støttes oppunder av Swanson og Jerman (2006) som viste at barn med matematikkvansker og barn med lese- og skrivevansker skårer relativt likt når det gjelder oppgaver som stiller krav til fonologisk minne (eksempelvis kortidsminneoppgaver for ord og tall). Nærmere sagt ble effektstørrelsen målt til .16 for kortidsminneoppgaver med ord og .03 for kortidsminneoppgaver med tall for begge gruppene. Noe merkelig er det likevel at barn med lese- og skrivevansker skåret bedre enn barn med matematikkvansker når det gjaldt hurtig benevning, noe som er ment å måle evnene til fonologisk prosessering.

Barna med matematikkvansker ser ut til å komme dårligere ut enn barn med lese og skrivevansker når det gjelder oppgaver som stiller krav til andre ferdigheter enn fonologisk minne, som visuo-spatiale ferdigheter knyttet til arbeidsminnet. Forskerne ser ikke bort i fra at barn med matematikkvansker og barn med lese- og skrivevansker kan dele defekter knyttet til fonologiske ferdigheter siden de fant en signifikant effektstørrelse mellom lesing og matematikkvansker når de ble målt med oppgaver som stilte krav til verbalt arbeidsminne. Men hvis det er tilfellet tror de at vansken i stor grad er knyttet til eksekutiv prosessering (Jerman og Swanson 2006).

5.1 Kort oppsummering av hva matematisk kompetanse og matematikkvansker er.

Griffin (2010) sier at matematisk kompetanse omfatter at vi klarer å forstå hva det faktiske tall representerer rent fysisk. Altså at tallet 3 både skrives på den og den måten, og uttales slik og slik, men også at tallet 3 kan representere en gitt mengde, f.eks. 3 blyanter eller 3 biler. Sagt med andre ord så må tallet gi oss mening. Vi må også klare å telle og ha forståelse for hvorfor noen tall kommer før eller bak andre tall i tallrekken. Sist, men ikke minst må vi ha forståelse for matematiske begreper og tegn. Holm (2007) kaller matematisk kompetanse for

matematikkunnskap. Det å ha matematikkunnskap innebærer at man både har *ferdigheter* og *forståelse*. Det er som sagt en forskjell på å kunne telle til 10 og det å faktisk forstå hva man gjør når man teller til 10. Barns matematiske forståelse starter allerede med preverbal forståelse lenge før barna begynner å få formell matematikkundervisning i skolen (Hulme og Snowling 2009).

Matematikkvansker kan en på sett og vis si at oppstår når man kommer til kort i den matematiske kompetansen. For å bli diagnostisert med matematikkvansker må man ifølge ICD-10 og DSM-IV prestere dårligere enn det som er aldersadekvat forventet av deg på standardiserte regneteste. Og vanskene må ikke være en følge av nedsatt generell intelligens eller være et resultat av utilstrekkelig undervisning (Hulme og Snowling 2009). Årsakene til hva matematikkvansker skyldes er det forsket lite på, men mye tyder i retning av at det kan skyldes vansker med å gjenhente tallinformasjon fra langtidsmminnet (Geary 1993, Jerman og Swanson 2006).

6 Hva er komorbiditet og hvorfor er det viktig I forskningsøyemed?

Komorbiditet er relevant for utviklingsmessig teori for det kan gi oss større innsikt i hvordan diagnoser utvikler seg. Hver diagnose kan sies å følge et gitt utviklingsforløp, hvor noen normale mekanismer ser ut til å være ødelagte, mens noen mekanismer er intakte. Kunnskap om komorbiditet kan bidra til at vi kan forstå både typisk og utypisk utviklingsforløp bedre.

Komorbiditet blir enkelt forklart som når to eller flere diagnoser oppstår samtidig i et individ (Pennington, Rhee og Willcutt 2005).

Det å avdekke komorbiditet kan både ha en vitenskapelig og klinisk verdi. Det å sette en diagnose innebærer både at man skal prøve å finne en forklaring på de symptomene pasienten beskriver. Har man ikke kunnskap om at vansker kan være komorbide kan man få vansker med å stille rett diagnose. Kanskje kan to komorbide diagnoser simpelt nok bare være to ulike manifesteringer av symptomer på samme underliggende sykdom, i så fall trenger man bare å konstruere en diagnose. En må også huske på at et symptom kanskje kan opptre i én setting, mens et annet symptom vil opptre i en annen setting, og selv om man ikke opplever de samtidig så opptrer symptomene fortsatt i samme individ. Så for å kunne sette riktig diagnose er det viktig at man har god oversikt over hvilke diagnoser som finnes og hvilke som kan opptre samtidig slik at man kan utelukke, eller si at her opptrer det komorbide vansker (Pennington, Rhee og Willcutt 2005).

Det finnes også epidemiologisk bevis for at komorbiditet blant psykiatriske diagnoser overgår det som en kunne ha forventet å finne ved ren tilfeldighet (Corley, Hewitt, Pennington, Rhee og Willcutt 2005). Sjansen for at det er snakk om komorbide vansker er større når den diagnostiske konstruksjonen er deskriptiv i stedet for årsaksforklarende. Når diagnosekriteriene er deskriptive vil det si at vi foreløpig ikke vet så mye om de underliggende mekanismene. Slik er det med de fleste psykiatriske diagnoser i motsetning til medisin generelt. Dette ser vi spesielt i de psykiatriske diagnosemanualene ICD-10 og DSM-IV som intensjonelt er skrevet på en deskriptiv måte, som kun beskriver symptomer. Dette fordi vi enda ikke vet nok om de underliggende mekanismene, altså årsakene til vanskene, til

at vi kan bruke dem til å definere diagnosene vi setter. Det å avdekke komorbiditet kan være et skritt på veien mot å klare å beskrive de underliggende mekanismene til psykiatriske diagnoser bedre. I tillegg vil det være avgjørende for valg av behandling, etiologi og hvordan man klassifiserer diagnosen (Pennington, Rhee og Willcutt 2005, Corley, Hewitt, Pennington, Rhee og Willcutt 2005).

Pennington, Rhee og Willcutt (2005) påpeker i alt fire hovedgrunner til hvorfor det er viktig å forske på komorbiditet og klinisk praksis. For det første kan det å vite om komorbide vansker få betydning for behandlingsforløpet. For det andre, hvis en komorbid vanske blir ignorert eller forblir uoppdaget vil en kanskje konkludere med at enkelte variabler er forbundet med en gitt diagnose når de egentlig er variabler som beskriver en komorbid vanske. For det tredje kan komorbiditet være en trussel mot allerede eksisterende valide diagnoser. Kanskje må vi gå i dybden og se om ting virkelig henger sammen slik vi opprinnelig trodde. For det fjerde vil altså kunnskap om komorbide tilstander kunne hjelpe oss på vei mot å finne ute av underliggende mekanismer for psykiatriske diagnoser og på den måten kanskje hjelpe oss på vei mot å bygge enda mer valide diagnosekriterier.

7 Metode og utvalg av studier.

Valg av metode bestemmes i stor grad av forskningsspørsmålet (Befring 2007). I denne oppgaven er målet å svare på «Hvilke likheter viser forskning at forekommer mellom dysleksi og matematikkvansker?». I så måte vil en systematisk form for litteraturstudie være godt egnet. En litteraturstudie innebærer at man gjør systematiske søk og prøver å sammenligne og diskutere rundt de funnene som andre forskere har gjort i sine studier for å besvare ens eget forskningsspørsmål. Målet er ikke å sammenligne resultater rent statistisk som i en metaanalyse, men å gi et slags overblikk over relevant litteratur på feltet (Kleven 2002, Pawson 2006, Befring 2007).

For å velge ut relevant litteratur ble det satt som krav at artiklene/studiene skulle være publisert i et internasjonalt anerkjent tidsskrift og at artiklene helst ikke skulle være eldre enn år 2000 så vidt det lot seg gjøre. For å velge ut artikler ble det derfor foretatt systematiske søk i databasene Eriq proquest, ISI, Scopus og Science Direct. I tillegg ble det foretatt søk i Google Scholar.. Det som fort kom frem var at dette er et tema det ikke er forsket mye på. Det måtte mye leting til for å finne relevante artikler og mange av de artiklene som ble funnet er derfor av eldre karakter, selv om det også er tatt med noen nyere artikler der det var tilgjengelig.

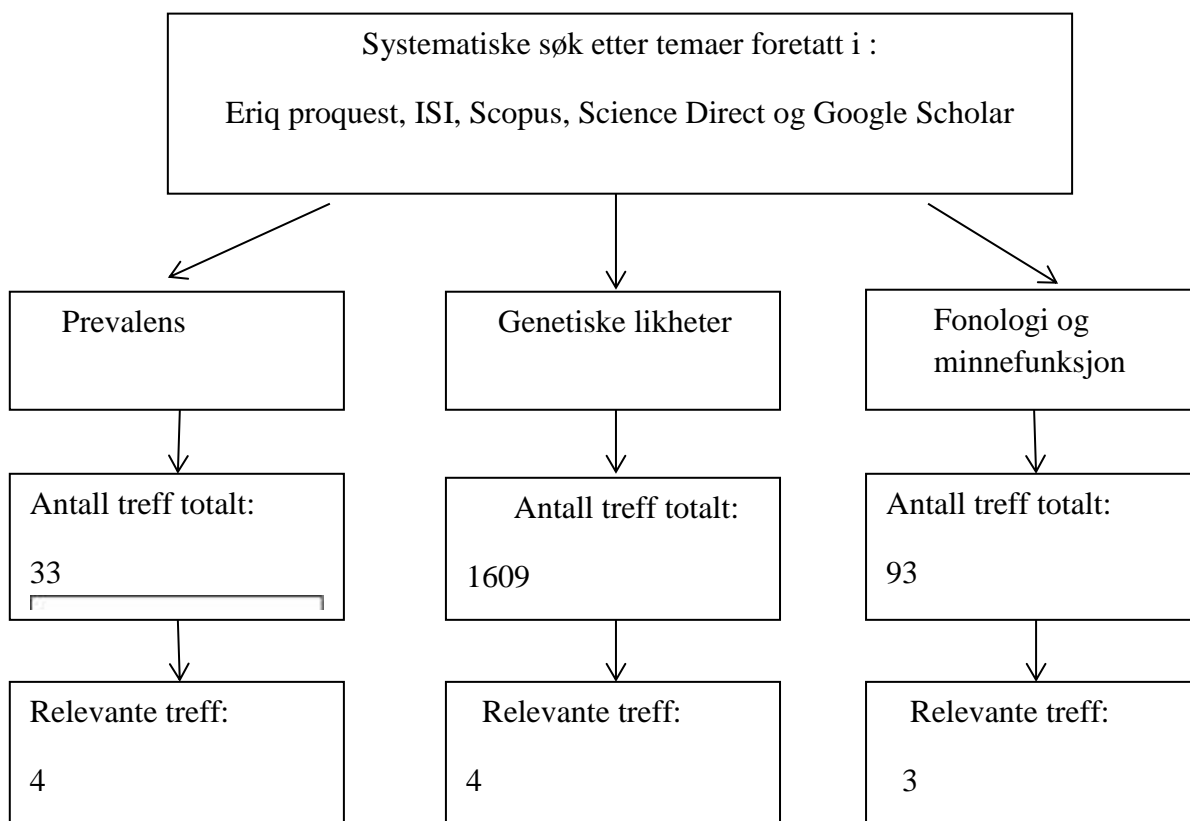
De systematiske søkene ble kategorisert etter temaer oppgaven skulle prøve å belyse. Det første temaet det ble forsøkt å finne artikler om var hvorvidt det forekommer prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker og følgende søkeord ble brukt: *prevalence of combined mathematics and reading disorder, dyslexia and mathematics disorder prevalence, mathematics disorder and comorbidity, mathematics and dyslexia comorbidity, Metaanalysis og dyslexia and dyscalculia, the prevalence of specific reading difficulties, prevalence of combined reading and mathematics disabilities*. I tillegg ble det gjort noen personsøk på relevante forskere, blant annet: *Badian, Pennington, Landerl og Moll*. Av totalt 33 treff var det bare 4 studier som gikk direkte inn på dette med prevalens.

For å finne ut av om det forekommer gentiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker ble det søkt på fraser som: *breakthroughs in the search of dyslexia,*

dyslexia and mathematics disorder genetics, the neurology of mathematics disorder. Av totalt 1609 treff ble det valgt ut 2 longitudinelle studier og 2 systematiske review som er av nyere dato og som gir et godt overblikk over feltet. Når det gjaldt hvorvidt det forekommer likheter mellom dysleksi og matematikkvansker når det gjelder fonologi og minnefunksjon ble følgende søkeord benyttet: *mathematics and dyslexia, dyslexia and mathematics phonology*. Dette ga til sammen 93 treff hvorav 3 studier var av ny nok dato og gikk direkte inn på det temaet som det var ønskelig å belyse.

Hvis en skal si noe kritisk om denne formen for oppgave så må det bli at den ikke sammenligner funn statistisk. Det er heller ikke så mange studier som var relevante for det forskningsspørsmålet som det ønskes å belyse og de studiene som er funnet er heller ikke helt like. Dette gjør en mulig sammenlikning av studieresultatene mer utfordrende. Likevel er de studiene som er tatt med omfattende studier som er godt egnet til å gi et innblikk i feltet.

7.1.1 Modell som viser oversikt over systematiske søk og utvalg av studier.



8 I hvilken grad forekommer det prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker?

Prevalens slik begrepet er brukt i Dirks et.al.(2008) og for øvrig også i de tre andre studiene sier noen om i hvilken grad komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker forekommer.

8.1 Presentasjon av fire studier som ser på prevalensen mellom dysleksi og matematikkvansker.

Studien til Hitch et.al. (1994) var en epidemiologisk studie som så på forekomsten av spesifikke vansker i aritmetikk, vansker med både matematikk og lesing, og bare vansker med lesing. Utvalget av skolebarn var stort (n =1206) og det deltok 51 barneskoler fra Lancashire distriktet. En spesialscole i distriktet representert av elever med moderate lærevansker var inkludert i undersøkelsen, mens en annen spesialscole for elever med store mentale handikapp ble ekskludert. Undersøkelsen hadde et frafall på 150 elever som ikke fikk deltatt på en av testene og som de av økonomiske årsaker ikke fikk fulgt opp. Det endelige utvalget besto til slutt av n = 1056. Skolebarna ble testet med separate tester for aritmetikk (Young`s (1970) Group Mathematics Test), lesing (Young`s (1976) Spelling and Reading test) og nonverbal intelligens (Raven`s Coloured Pogrressive Matrisises (1984)). Testene ble administrert i hele klasser ledet av Lewis selv, med unntak av barna med moderate lærevansker som ble testet en til en. Målingene ble foretatt over tre ganger, med et intervall på en uke mellom hver test og ble adminstrert over vinteren 1990 og våren 1991. Ved å bruke en «cut-off approach» som sammenlignet resultatene på alle tre testene delte de skolebarna inn i grupper basert på typen vanske de hadde.

Badian (1999) foretok en en longitudinell studie over 14 år (fra 1976-1989) i et skoledistrikt i den nordøstre delen av USA med et stort utvalg bestående av 547 gutter og 528 jenter (n=1075). Fire barn med limiterte ferdigheter og ett barn med store sensoriske vansker ble

testet, men ekskludert fra studien. Deltagerne i utvalget hadde lik sosioøkonomisk status. Målet for studien var å se på hvorvidt barn med vansker i aritmetikk og eller lesing hadde noen likheter når det gjaldt fødsel, medisinsk historikk, atferd i spedbarnsalder, kognitive og atferdsmessige trekk i førskolealder og skolealder og forekomsten av dette. Barna ble testet av trente profesjonelle med Holbrook Screening Battery i en alder av 4,8 år, dvs. ca. 6mnd før de begynte på skolen. Fra 1.-8. klasse på skolen ble elevene så testet hvert halvår med standardiserte tester i lesing og matematikk. De barna som skåret veldig lavt ble fulgt ekstra opp. Testbatteriene er mye mer omfattende enn i Hitch et.al. (1994) sin studie og derfor nevnes ikke testene ved navn her. Foreldrene fylte også ut et skjema hvor de rapporterte om hva slags yrke og utdanning de hadde og om fødsel, medisinsk og atferdsmessig historikk rundt sitt barn. Ut ifra testskårene ble barna delt i 3 grupper som i Hitch et.al.(1994) sin studie etter lave prestasjoner i matematikk, lesing og matematikk og bare lesing. I tillegg hadde de en kontrollgruppe, noe Hitch et.al. (1994) sin studie ikke hadde. Dataene ble videre analysert på bakgrunn av kjønn og vanskegruppe.

Studien til Dirks et.al(2008) er en ren prevalensstudie, i motsetning til Hitch et.al. (1994) og Badian(1999) som sier noe om prevalens på bakgrunn av andre målekriterier. Studien ble basert på 799 skolebarn (418jenter og 381 gutter) i 4. og 5. klasse som representerte den gjennomsnittlige sosioøkonomiske populasjonen i Nederland. Målet var å finne forekomsten av kombinert lese- og skrivevansker på bakgrunn av standardiserte tester i basisfag. Deretter ble elevene delt inn i fire grupper; kombinert lese- og skrivevanske, bare lesevansker, bare matematikkvansker og normalytere. For å bli regnet som svak måtte man skåre 25 % under aldersadekvat nivå på testene, som i Nederland blir ansett som risikozonen for å utvikle en lærevanske. De som ble regnet som normalytere derimot skåret gjennomsnittlig eller mer. Testene for aritmetikk, leseforståelse og staving ble gjennomført i hele klasser ledet av kontaktlærer, mens ordgjenkjenningstesten ble administrert individuelt over februar 2004. Det ble ikke foretatt noen eksklusjonskriterier, noe som kan ha påvirket resultatet.

Landerl og Moll (2010) er en studie som også ser direkte på prevalens. Et stort populasjonsbasert utvalg (n=2586) av skolebarn i 2.-4. klasse fra 24 barneskoler i et urbant strøk i Østerrike ble testet med standardiserte tester i aritmetikk, lesing og staving. Hvor lang tid de brukte på målingene nevnes ikke. En skole for mentalt psykisk vanskeligstilte barn ønsket selv å ikke delta i studien. Siden fokuset for studien var spesifikke lærevansker ble det innført en rekke eksklusjonskriterier for så godt som mulig å måle begrepet spesifikke

lærevansker. De med tyskspråklig bakgrunn og andre andrespråk ble ekskludert. Det ble også barn med kliniske diagnoser som AD/HD og barn med generelle lærevansker med en IQ lavere enn 85. De fikk ikke IQ-testet alle barna i studien, men eksklusjonen ble foretatt på bakgrunn av den verbale og nonverbale delen av Wechslers Intelligence scale (WISC III). Alle barn om skåret 1 standardavvik eller mer under populasjonen (totalt 566 barn) ble invitert til videre testing med en IQ subtest. Av disse ble 325 testet med samtykke fra foresatte. Fra disse igjen ble de med standardskåre på under 7 på WISC III ekskludert fra videre analyser, da deres vansker ble ansett å være generelle fremfor spesifikke. De resterende 293 barna utgjorde til slutt utvalget for spesifikke lærevansker.

8.2 Sammenligning av studier.

Alle fire studier har store utvalg noe som kan være positivt om man ønsker å si noe om ytre validitet (Lund 2002). I tillegg bruker alle fire studier ulike former for standardiserte tester for å kategorisere hvilke elever som har hvilke vansker. Det å bruke standardiserte tester kan være positivt med tanke på at de måler like ting, men samtidig så risikerer man også å utelukke sentral informasjon som testene ikke måler (Lund 2002). Studien til Hitch et.al. (1994), Badian (1999) og Dirks et.al. (2008) har ingen eksklusjonskriterier. Dette kan kanskje sees på som en direkte svakhet, da man kan ende opp med å måle vansker som ikke er direkte knyttet til matematikk, lesing og staving, men heller til eksempelvis tospråklighet, generelle lærevansker eller andre kliniske diagnoser som naturlig nok også vil hovedgrunnen til hvorfor man kan streve med tilegnelse av nevnte ferdigheter. Landerl og Moll(2010) derimot har klare eksklusjonskriterier noe som gjør at studien virker mer gjennomtenkt. Studien til Hitch et.al. (1994) tar heller ikke utgangspunkt for at matematikkvansker i seg selv kan bestå av andre vansker en rent aritmetiske, men dette kan kanskje bero på studiens alder.

Ingen av studiene har noen direkte operasjonalisering av sine begreper, men alle bruker hver sine begreper uten å utdype de så veldig klart, noe som trolig kan sees på som en svakhet ved alle studiene og det gjør dem også mindre etterprøvbare (Lund 2002). Dette gjør at studiene blir vanskelige å sammenligne direkte fordi de ikke opererer med like operasjonaliserte begreper og de måler til dels ulike ting, men innenfor samme hovedområde. Når man ikke har noen klare likheter rundt hva man legger i å være en svak leser eller å ha svake matematiske

ferdigheter og hva som utgjør kombinasjonen av disse, så ender man trolig opp med å måle forskjellige ting og derav igjen få ulike prevalensestimater. Dette på tross av at de ulike studiene refererer til og kritiserer hverandre i sine artikler for akkurat dette, med unntak av den eldste studien av Hitch et.al. (1994) som trekker frem enda eldre studier.

8.3 Resultat av studiene.

Hitch et.al. (1994) fant sin epidemiologiske studie at en kan dele barn med normal intelligens, men som likevel strever i matematikk og lesing inn i 3 subgrupper; vansker med aritmetikk, vansker med aritmetikk og lesing og bare vansker med lesing. De fant et prevalensestimater for komorbiditet mellom lesevansker og matematikkvansker på 3,6 %. Dette var mindre enn de forventet ut ifra tidligere studier (Kosc (1974), Garnett og Fleischner (1987) og Baker og Cantwell(1985) som sitert i Hitch et.al. 1994) som alle fant et prevalensestimater på 6 %. De forklarer dog denne forskjellen med at de har brukt forskjellige standardiserte tester noe som kan ha ført til forskjell i målingen. I tillegg fant de at det var relativt like mange jenter og gutter som strevde med matematikk, men en overrepresentasjon av gutter som strevde med lesing. I gruppen for komorbiditet mellom matematikk og lesing var jenter og gutter tilnærmet likt representert.

I Badian (1999) sin longitudinelle studie fant en at i 1-8 klasse skåret 6,9 % av elevene lavt i aritmetikk. Av disse igjen var 3,9 % bare svake i aritmetikk, 6,6 % ble ansett for å bare være svake i lesing, mens 3,4% var svært svake i både aritmetikk og lesing. Dette ligner veldig på resultatene til Kosc (1974 sitert i Hitch et.al 1994), men er litt større enn Hitch et.al (1994) sitt eget resultat. Badian fant også at de som strevde med såkalte spesifikke matematikkvansker skåret høyere på verbal IQ og språk basert på utførelsen på Holbrock Screening Battery i førskolealder, på tross av at denne gruppen på foreldreskjemaene så ut til å ha gjennomgått flest fødselskomplikasjoner og sykdommer i tidlig barndom. For hele utvalget fant de mange kjønnsbaserte forskjeller, men for selve gruppen som de kalte spesifikke lærevansker fant de relativt få forskjeller, noe som stemmer overens med Hitch et.al.(1994) sine funn.

Dirks et.al. (2008) forventet i sin studie at deres funn skulle stemme overens med Hitch et.al. (1994) og Badian (1999) sin studie og at sameksistensen av lesevansker og matematikkvansker skulle forekomme hyppigere enn det man kunne forvente ved sjansenalene. I tillegg forventet de at forekomsten av komorbiditet skulle være større enn bare

prevalensen for lesevansker eller bare matematikkvansker hver for seg. Dirks et.al (2008) fant at dette i stor grad stemte. De fant at prevalensen for komorbiditet mellom lese- og matematikkvansker var på hele 7,6 %, som de også fikk vist at var høyere enn forekomsten av bare lesevansker eller matematikkvansker alene som lå på 4,9 % i deres studie.

Landerl og Moll (2010) fant lavere resultater enn de andre studiene som er diskutert over. Noe av årsaken til dette er at det i denne studien ble applikert relativt strenge eksklusjonskriterier. Dette kan ha ført til at de trolig har fått målt mer reelle størrelser, enn de andre studiene som inkluderte både flerspråklige elever og kliniske diagnoser. I studien fant de at om en elev strever i et eller flere skolefag så har eleven 4-5 ganger større sjanse for å matematikkvansker, lese- og skrivevansker eller en kombinasjon av disse enn elever fra populasjonen som ikke strever betydelig i noen fag. Videre fant de at flest jenter slet med matematikk, mens flest gutter slet med lesing. I tillegg fant de blant annet på bakgrunn av foreldrerapporterings skjemaene at det så ut til å være en stor sammenheng mellom familiemedlemmer som hadde en lese-, skrive- og /eller matematikkvanske og forekomsten av kombinert lese-, skrive- og matematikkvanske hos eleven. Dette indikerte en større genetisk etiologi enn de først antok.

8.4 Oppsummering av funn på feltet.

Det er forsøkt å svare på i hvilken grad det forekommer prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker gjennom å se på fire internasjonale studier på feltet. Studiene som er sett på er ikke direkte sammenlignbare fordi de har operasjonalisert begrepene sine noe uklart og forskjellig. Metodene og utvalgene som er brukt er heller ikke like, men alle har basert seg på standardiserte tester. Tross store ulikheter peker alle studiene i retning av at det er en sammenheng mellom lese- og skrive- og matematikkvansker med en prevalens som strekker seg fra omkring 3%-6% i populasjonen avhengig av hvilken studie man går ut ifra. Dette betyr trolig at dette er et felt det er mulig å se nærmere på i fremtidig forskning, ikke bare med tanke på prevalens, men også hvorfor og hvordan denne komorbiditet utarter seg.

9 Forekommer det genetiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker?

Det har hittil blitt utført mange genetiske studier på ADHD gjerne komorbid med lese- og skrivevansker, men det har blitt utført færre genetiske tvillingstudier på bare matematikkvansker og lese-/skrivevansker. Derfor vil noen av studiene som blir presentert her innholde informasjon om både komorbid ADHD, lese-/skrivevansker og matematikkvansker, selv om det vil bli gitt mest oppmerksomhet til informasjon som gjelder komorbide lese-, skrive- og matematikkvansker. Ingen av studiene som blir presentert her har helt like forskningsspørsmål, og er sånn sett ikke helt sammenlignbare, men likevel ser de alle på tvillingstudier og de prøver å se på i hvilken grad det finnes genetiske likheter mellom lese-, skrive- og matematikkvansker.

9.1 Presentasjon av fire studier som ser på genetiske likheter.

Studien til *DeFries, Duncan, Keenan, Pennington, Olson, Smith, Wadsworth, Willcut (2010)* ser på komorbiditet mellom både ADHD, lese-, skrive- og matematikkvansker. De påpeker at tidligere genetiske studier på feltet for komplekse diagnoser, som jo ADHD, lese- skrive og matematikkvansker er, ofte kun har fokusert på enkeltlineære etiologiske modeller. Med dette mener de at det kun har blitt satt fokus på *en* enkelt genetisk eller miljømessig risikofaktor og at disse alene kunne forklare gitte kognitive defekter og symptomer hos de fleste diagnoser. Dette fungerer fint for å forklare sykdommer som for eksempel Huntington`s Disease, som består av bare et enkelt defekt gen, men det fungerer ikke så godt for å forklare de fleste andre utviklingsmessige diagnoser. Derfor har en i dag i stor grad i forskningsfeltet gått bort fra såkalte enkelt-gen modeller og man ser heller på utviklingsmessige diagnoser som heterogene og at de blir påvirket av multiple genetiske og miljømessige faktorer.

I sin artikkel forsøker DeFries, Duncan og Keenan et.al (2010) via et systematisk review å oppsummere resultatene fra tidligere atferdsgenetiske studier av lese-/skrivevansker, matematikkvansker og ADHD. I tillegg presenterer de funn fra den pågående tvillingstudien til Colorado Learning Disabilities Research Center (CLDRC). I reviewet ser de både på tidligere familiestudier og tvillingstudier. I familiestudiene ble det testet hvorvidt sjansen for å ha en diagnose er signifikant høyere hvis man kommer fra en familie der dine biologiske familiemedlemmer har en diagnose, eller om det er like stor sjanse hvis man kommer fra en familie som ikke har noen diagnose.

I tvillingstudiene sammenlignet de eneggede tvillinger som deler alt genmateriale med og toeggede tvillinger som bare deler halve genmateriale. Ved å gjøre denne sammenligningen finner man ut hvorvidt en diagnose i hovedsak er manifestert i genetiske eller miljømessige årsaker. Man foretar så en interklassekorrelasjon (concordance rates) (som utdypet tidligere i studien til Melby-Lervåg 2012) og hvis de eneggede tvillingene man studerer viser seg å være mer like enn de toeggede tvillingene man studerer kan man trekke konklusjonen at gener spiller en større rolle enn miljø.

Studien til Defries, Duncan og Keenan et.al (2010) ser også på interaksjonene mellom gener og miljø (Genes x Environment, G x E). Miljøet en person opplever kan enten styrke eller svekke den genetiske innflytelsen på fenotypen. Signifikante G x E interaksjoner har tidligere blitt rapportert for blant annet diagnosen depresjon. Dette skjer når genetisk sårbarhet hos et individ opptrer i kombinasjon med negative miljømessige risikofaktorer, noe som medfører større sjanse for å utvikle symptomer på en vanske enn det en ville forventet ut ifra om bare en av risikofaktorene ble aktivert.

CLDRC tvillingstudien strekker seg helt tilbake til 1982 og dreide seg i hovedsak om lese- og skrivevansker frem til den ble en del av en større studie i 1991. I 2010 besto studien av over 1280 tvillingpar. I undersøkelsen deltar 22 skoler fra skoledistriktet i Colorado. Tvillingparene er valgt ut til å delta i studien på bakgrunn av at de møtte diagnosekriteriene for enten lese-/skrivevansker, ADHD eller begge. For å finne ut av dette blir hver av tvillingene testet med et omfattende testbatteri som inkluderer en standardisert IQ-test, og psykometriske tester for å måle lese-, skrive- og matematiske ferdigheter. I tillegg sjekker de om tvillingene oppfyller diagnosekriteriene for ADHD og for lese- og skrivevansker etter

DSM-IV. Totalt utgjør de som møtte disse kriteriene 450 tvillingpar i alderen 8-18 år. De resterende 790 tvillingparene som ikke møtte kriteriene for ADHD, lese- og skrivevansker eller begge utgjør kontrollgruppen i studiet. Tvillingpar som havnet i risikozonene for enten ADHD, lese-/skrivevansker eller begge ble «oversampled», dette for å øke statistisk styrke i analysen for ekstreme grupper.

I studien ble altså begrepene lese- og skrivevansker, matematikkvansker og ADHD operasjonalisert i henhold til de deskriptive diagnosekriteriene i DSM-IV. ADHD blir i DSM-IV delt inn i 3 subgrupper. En type som gjelder uoppmerksomhet, en type som fokuserer utelukkende på hyperaktivitet og en kombinert type som innebærer at man både viser uoppmerksomhet og hyperaktivitet (definering av lese-, skrive- og matematikkvansker går ikke inn på her da det er diskutert tidligere). Forskerne nevner at DSM-IV baserer sine kriterier blant annet på diskrepansdefinisjonen, en definisjon det nå ser ut til å være stor enighet om at er litt utdatert. Derfor har forskerne i sin studie valgt å definere lese-, skrive- og matematikkvansker ut ifra cutoff-skårer og hvor mange standardavvik disse lå under gjennomsnittet for populasjonen på «The Peabody Achievement Test» i stedet for å basere seg utelukkende på diskrepans. For å ha lese- og skrivevansker måtte man få en cutoff skåre på 1,25 standardavvik under gjennomsnittet for populasjonen på «The Peabody Achievement Subtest for Reading Recognition» og på en tidsbegrenset ordgjennkjennings-test. For å bli definert i gruppen for matematikkvansker måtte man også skåre 1,25 under gjennomsnittet for populasjonen på «The Peabody Individual Achievement test for Mathematics» og «The Wide Range Achievement Test».

Kovas og Plomin (2007) prøver i sin artikkel å besvare spørsmålet: «hvorfor viser barn ulike evner når det gjelder lesing, ferdigheter i å bruke språk og å forstå matematikk?» ved å se på ulike genetiske tvillingstudier på feltet. De ser utelukkende på studier som har benyttet seg av multivariate genetisk analyse, som gjør det mulig å se sammenhenger mellom hva som er genetisk betinget og hva som er miljøbetinget. Analysen fokuserer på kovariansen, altså korrelasjonen mellom to bivariater eller multivariater, og benytter seg av tvillingstudier til å estimere genetisk og miljøbetinget påvirkning både for kovariansen og for enkeltstående faktorer som også kan ha innvirkning. Sagt på en annen måte brukes multivariat genetisk analyse til å se om genetisk og miljøbetinget påvirkning som har innflytelse på en faktor også kan ha innflytelse på en annen faktor.

I studien brukes ord som «generalist genes» «specialist genes», «non-shared environments» og «specialist environments». Med generalist mener de et sett gener som ser ut til å ligge under og er årsaksforklarende for flere kognitive diagnoser. Det som gjør at noen tvillinger blir annerledes enn andre tvillinger selv om de vokser opp i likt hjemmemiljø er «non-shared environment». Med dette menes det det miljøet den enkelte tvillingen opplever på egenhånd som eksempelvis påvirkning fra venner, skolemiljø og kvaliteten på undervisningen. De mener at generalistgenene er forbundet med likheter i miljø og at spesialistgenene henger sammen med ulik miljøpåvirkning. Hva de direkte legger i ordet «specialist-genes» beskrives ikke spesifikt, det nevnes bare hva som påvirker hva. Funnene fra multivariate genetiske studier som ser på «generalist genes» og «specialist environments» mener Kovas og Plomin (2007) at kan ha stor betydning for både hvordan vi behandler lærevansker og for hvordan vi forstår hjernens mekanismer som ligger bak vanskene.

Dale, Harlaar, Haworth, Kovas Petrill og Plomin (2007) sin tvillingstudie bygger på «Generalist Gene Hypothesis» som har sitt opphav i at mange multivariate genetiske studier viser i retning av at mange av de samme genene ligger til grunn for flere ulike diagnoser. I studien prøver de å svare på forskningsspørsmålet: «I hvor stor grad overlapper genetiske og miljømessige faktorer hos mennesker med lesevansker, med mennesker med matematikkvansker?». Det deltok 2596 tvillingpar i 10-års alderen. I studien ble både eneggede og toeggede tvillinger inkludert. Utvalget av tvillinger ble hentet fra «The Twins Early Development Study (TEDS)» som var en allerede pågående longitudinell studie som representerte alle tvillinger født i England og Wales i perioden 1994-1996.

Ved 10-års alder ble alle tvillingene testet med et stort utvalg av kognitive tester administrert over nettet. De nettbaserte testene besto i lesing av en del fra «Peabody Achievement test» fra 1997 og matematiske ferdigheter ble testet via tre subtestester fra «NferNelson Math Series» fra 2001. Over 7442 tvillinger ble testet, men de som hadde spesifikke medisinske diagnoser ble ekskludert fra studien. Av de som ble testet ble bare 15% av de som skåret lavest på lese og matematikktestene med videre. For å teste at det nettbaserte testbatteriet holdt vann i forhold til andre psykometriske tester, ble matematikkskårene og leseskårene sammenlignet med skårene nasjonale prøver i skolen.

Det viste seg at de som gjorde det bra på den nettbaserte testen skåret litt bedre både på lesing og matematikk enn på de nasjonale prøvene (gjennomsnitt for standardskårer(mean) lå på .08 og SD=.92). Videre skåret de som kom dårligst ut på den nettbaserte testen også her litt dårligere enn de gjorde på de nasjonale prøvene (mean -.18 og SD=1.03). Dette betyr at forskjellen ikke utgjør mer en 1% av variansen og de nettbaserte testene ble derfor regnet som reliable testverktøy. For å ytterligere teste om de nettbaserte testene var reliable nok ble det også laget en penn-og-papir-versjon av testen som ble utført på en annen gruppe deltakere fra TEDS gruppen 3 måneder senere. Også disse viste høy korrelasjon (mean .83 og SD=.93).

For å finne ut om det er de samme genetiske faktorene som influerer individuelle forskjeller i matematikk som også skaper de individuelle forskjellene i lesing benyttet de seg av Bivariat genetisk analyse (DeFries-Fulker extremes analysis). Denne analysen ser på kovariansen mellom to faktorer i stedet for å se på hver faktor for seg. Man får da informasjon om genetisk og miljømessig overlapp. Tidligere multivariate genetiske studier som har sett på den genetiske kovariansen mellom normale prestasjoner i lesing og matematikk har vist at det i stor grad finnes en genetisk overlapp her. Dette ledet forskerne til å tro at det kanskje var mulig å finne tilsvarende funn blant de som har lese-skrive og matematikkvansker, og det er dette studien retter sitt fokus mot å finne ut av.

Studien til Dale, Harlaar, Haworth, Kovas, Plomin og Thomas (2009) baserer seg på deres tidligere funn i den ovennevnte studien av Dale, Harlaar, Haworth, Kovas Petrill og Plomin fra 2007. I studien fra 2007 fant de ut at det i stor grad var de samme genene som lå til grunn for svake lese- og matematikkferdigheter hos 10-åringene. I denne studien prøver de å etterprøve om funnene fra 2007 ved å teste en eldre og større gruppe barn. I tillegg prøver de å se om funnene også kan strekke seg ikke bare til å gjelde språk og matematikk, men også når det gjelder andre kognitive utviklingsmessige vansker. I studien deltok et representativt utvalg på 4000 tvillingpar i 12-års alder hentet fra den engelske «Twins Early Development Study» (TEDS). TEDS er relativt representativ for hele populasjonene når det gjelder foreldrenes utdannelse, etnisitet og arbeidstakere versus arbeidsledige. For å ytterligere forsikre seg om at de tvillingene som var med i studien var toeggede måtte foreldrene fylle ut et skjema om fysiske likheter som pleier å vise seg å være 95% sikkert sammenlignet med DNA testing. I de tilfellene hvor det var uklarhet ble derimot DNA-prøver innhentet etter samtykke fra barn og foreldre.

I en alder av 12 år ble 10 875 barn testet med samme kognitive test på nettet som den som ble gjennomført på 10 åringer i 2007 av disse igjen gikk 4000 tvillingpar (altså 8000 barn) videre til å delta i studien, men batteriet ble også utvidet noe. For å teste kognitive evner ble det brukt «WISC-III-PI Multiple Choice Information» og «Multiple Choice Vocabulary subtests» og en verbal resonneringstest, alle hentet fra Wechslerbatteriet laget i 1992. Barna ble også testet med «Raven`s standard and Advanced Progressive Matrices» fra 1998. For å måle lesekompetanse ble det brukt «Peabody Achievement test» over nett som i 2007, men i tillegg administrerte de også en test som ikke er navngitt i studien, men som ble utført over telefon. For å teste leseforståelse brukte de igjen den internettbaserte testen og en tilleggstest kalt «GOAL Formative Assessment in Literacy for Key Stage 3» fra 2002. For å måle lesehastighet brukte de «Woodstock-Johnson III Reading Fluency Test» fra 2001 og «The Test of Word Reading Efficiency (TOWRE)», som er en standardisert test fra 1999. For å måle matematiske ferdigheter laget de en internettbasert test som baserte seg på «The National Foundation for Educational Research 5-14 Mathematics Series» fra 1999. Denne testen ligger veldig nært oppunder å måle det samme som står at er målet for pensum i UK.

For å måle språklige ferdigheter, altså reseptivt talespråk, ble det plukket ut standardiserte tester som både kunne fange opp barn som hadde en eller annen språklig vanske og tester som kunne måle fullskala ferdigheter for barn med normalutvikling. De valgte også å teste metalingvistiske ferdigheter da dette i stor grad settes krav til i den språklige verden desto eldre du blir. De delte det inn i tre nivåer. Et som stilte krav til syntaks, men som stilte små krav til metalingvistiske ferdigheter (listening grammar), og to nivå til som begge i ulik vanskelighetsgrad stilte krav til både semantikk, figurativ tale og pragmatiske ferdigheter, altså at du kan tilpasse språket til den du snakker med og det du snakker om. For å måle syntaks brukte de «The Listening Grammar subtest of the Test of Adolescent and Adult Language (TOAL-3) » fra 1994. For å måle semantikk og pragmatikk brukte de «Figurative Language subtest of the Test of Language Competence» og subtesten «Makin Interference» fra 1989.

For å analysere resultatene regnet de ut gjennomsnittskårer for de matematiske testene, lesetestene og for testene som målte språklige ferdigheter. Videre benyttet de seg av DeFries-Fulkners ekstrem-analyse for å undersøke den genetiske og miljømessige korrelasjonen hos

de som skåret lavt. I denne ekstrem-analysen vil det å skåre lavt tilsvare at man havner blant de 15% laveste skårene på testene. Årsaken til at de benyttet seg av ekstrem-analyse er at de 15% laveste skårene regnes å tilsvare de elevene som utgjør gruppen med lese-, skrive- og/eller matematikkvansker.

De har brukt «group-twin correlation» for å prøve å finne ut hvorfor den gruppen som består av ulike vansker skårer lavere enn resten av populasjonen, altså «group heritability». Den korrelasjonsforskjellen man finner mellom det genetiske estimatet og den fenotypiske forskjellen mellom de ulike vanskegruppene kalles «group heritability». Det er viktig å påpeke at «group heritability» ikke refererer til de individuelle forskjellene mellom enkeltgruppene av vansker og hvorfor disse hver for seg skårer dårligere enn populasjonene, men til hvorfor hele denne gruppen, bestående av mange enkeltgrupper, samlet skårer dårligere enn populasjonen. I tillegg ble det foretatt en standard tvilling-analyse for å måle individuelle genetiske og miljømessige forskjeller. Interklassekorrelasjon mellom tvillingene ble målt ved å bruke rådata og deretter ble det brukt multivariat tvillinganalyse for å finne kovariansen mellom genetiske og miljømessige funn.

9.2 Sammenligning av studier.

Studiene til DeFries, Duncan, Keenan et.al (2010) og Kovas og Plomin (2007) er begge systematiske review som ser på ulike tvillingstudier gjort på feltet og er sånn sett relativt sammenlignbare. Forskningen utført av Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al (2007) og studien til Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009) er tvillingstudier som bygger på hverandre og er derav sammenlignbare. Studiene sammenlignes derfor to og to i stedet for alle fire under ett. De to første studiene gir et godt overblikk over tidligere forskning som har blitt foretatt, mens de to siste gir innblikk i nyere forskning med ferskere funn. Det interessante er uansett at de alle kommer frem til lignende resultater når det gjelder tvillingstudier som ser på genetisk og miljømessig likhet. Dette vitner kanskje om at «the generalist gene hypothesis» er en svært aktuell teori.

DeFries, Duncan, Keenan et.al (2010) og Kovas og Plomin (2007) sier i sine artikler lite om hvordan de har plukket ut studiene som de har valgt å se på. Det eneste som nevnes er at de begge i sitt utvalg har plukket ut familie og tvillingstudier som har som formål å se nærmere på de genetiske og miljømessige likhetene som kan ligge til grunn for kognitive diagnoser. Og det går frem at deres bias, altså baktanken med å skrive disse artiklene, er å sette fokus på at man i fremtiden kanskje kan klare å lage noe mer enn bare deskriptive beskrivelser når man utformer diagnoseverktøy for psykiatriske diagnoser, selv om dette trolig vil ta lang tid. Med unntak av det DeFries, Duncan og Keenan et.al (2010) nevner om den pågående tvillingstudien fra CLDRC er det altså lite informasjon å hente om hvordan de systematiske reviewene har blitt foretatt. Ser man på litteraturlisten til artikkelen til Kovas og Plomin (2007) har de kun tatt med studier som er gjort i perioden 2000-2006, mens DeFries, Duncan og Keenan et.al (2010) har inkludert både nyere og eldre studier enn dette.

Fordelen med å sammenligne tvillingstudier er at man kan få vite noe om den genetiske påvirkningen. Men en svakhet med tvillingstudier er at den ene tvillingen kan være utsatt for en stor påvirkning på miljøvariabelen som ikke den andre tvillingen har. Dette kan gi ringvirkninger i form av at det får en sterk effekt på de variablene som studeres. Det kan gi feilaktige utslag på de variablene man studerer, som igjen kan gjøre at man trekker feilaktige kausale slutninger (Rutter 2006 kap.3) Familiestudier kan ikke si noe om forholdet mellom arv og miljø, men kan kun si noe om sannsynligheten for at noe forekommer, gitt visse faktorer. Eksempelvis sannsynligheten for at et barn kommer til å utvikle både matematikkvansker og lese-/skrivevansker når de kommer fra en familie som deler denne genetiske komponenten (arvbarhet). En ulempe med tvillingstudier som det er verdt å merke seg er hvorvidt de funnene man har gjort er representative eller ikke. Man kan ikke uten videre generalisere funnene, fordi de kun gjelder det utvalget man har testet (Melbye-Lervåg 2012).

Forskningen utført av Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al (2007) og studien til Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009) bygger på hverandre og prøver begge å finne ut av om det er noen genetisk og miljømessig overlapp mellom lese- og skrivevansker og matematikkvansker. Studien fra 2009 prøver også å se om det kan være noen genetisk og miljømessig likhet som også strekker seg til andre kognitive vansker, i tillegg til at de prøver å etterprøve funnene fra funnene 2007. Begge studiene er longitudinelle og er basert på store utvalg, noe som gjør det

letter å generalisere, selv om slike studier som nevnt ikke er direkte generaliserbare (Melbye-Lervåg 2012). Men resultatene fra utvalget gir i så fall en god pekepinn på hvordan ting kanskje kan henge sammen også i populasjonen.

Studiene baserer seg på nettbaserte tester, noe som gjør studien lettere å administrere når utvalgene er så store. I studien fra 2007 prøvde de å sjekke om de nettbaserte testene holder vann, ved å sjekke om skårene lå noen i nærheten av skårene på elevenes nasjonale prøver. De de kom frem til at forskjellen utgjorde mindre enn 1 % av variansen og de anså derav testene som valide. I studien fra 2009 fortsetter de å basere seg på de nettbaserte testene, men lager også noen tilleggsmomenter til disse ut ifra andre standardiserte tester. De nevner at siden de fant ut at de nettbaserte testene var valide i studien fra 2007, så kan de regne med at de er det nå også. Det er derimot ikke noe som tilsier at de kan vite dette med sikkerhet, spesielt siden de ikke har kontrollert dette etter å ha gjort justeringer og lagt til nye tester.

I tillegg baserer studien fra 2009 seg på testing av 12-åringer i stedet for 10-åringer. Hvis noe av målet var å etterprøve om studien fra 2007, ville det kanskje vært et poeng å fortsatt holdt seg til å teste 10-åringer, da barnas modning kanskje kan være en variabel som kan påvirke studien? Det å teste 12-åringer med samme tester som de testet 10-åringer med kan jo gi veldig ulike resultater når det gjelder resultater i lesing og regneferdigheter. En vil sannsynligvis anta at 12-åringer vil skåre bedre på en test laget for 10-åringer? Likevel har de kanskje sikret seg noe mot dette ved at de har tatt en god del supplerende aldersbaserte tester av barna som et supplement til de nettbaserte testene. Det de derimot ikke sier noe om er hvem som har gjennomført de individuelle supplerende testene på barna. Det kan utgjøre en forskjell hvis de som tester barna er trente profesjonelle eller ikke, og hvorvidt de som tester har fått samme opplæring i gjennomføring av testen (Lund 2002). De benytter seg også av deler av WISC-III og Ravens progressive matriser som er relativt gamle tester. Det er mulig de burde ha benyttet seg av WISC-IV i stedet da den ble publisert i 2003.

Det positive med både 2007 og 2009 studien er at de begge baserer seg på godkjente standardiserte tester i UK. I tillegg operasjonaliserer de begrepene matematikkvansker og lese- og skrivevansker på bakgrunn av de deskriptive kriteriene i DSM-IV, men nevner at diskrepanskriteriet kanskje ikke er helt gjeldene lenger og at de derfor i stor grad baserer seg på. Studien nevner også at de ekskluderer noen barn med visse kognitive vansker fra studiene,

uten at de sier noe mer om hvilke vansker det er snakk om, noe som kanskje kunne vært interessant å vite noe om og hvorfor det var relevant å ekskludere akkurat disse gruppene. I tillegg tar de bare med de 15% som regnes som ekstremgrupper i selve studien. De regner da med at de har fått fanget opp de med lese-, skrive- og matematikkvansker, som er den gruppen de ønsker å holde fokus på. De resterende tvillingene som har blitt testet, men som ikke havnet blant de 15% dårligste skårene ble valgt til å være utvalget for kontrollgruppene i begge studier.

9.3 Resultat av studiene.

I en enkel analyse av tvillingstudier vil en kunne se om en diagnose er influert av samme gener hvis «concordance rates» er høyere hos eneggede tvillinger enn hos toeggede tvillinger. Alle 18 studiene (med unntak av én studie) de sammenlignet i *DeFries, Duncan, Keenan et.al (2010)* sin metaanalyse viser at både ADHD, lese-/skrivevansker og matematikkvansker trolig er influert av samme gener, selv om tvillinganalyser ikke kan si dette sikkert, men bare gi en indikasjon. Når det gjelder individuelle forskjeller viser studien at arvbarheten er moderat når det gjelder lesing av enkeltord og i matematikk, mens arvbarheten derimot ser ut til å være svært høy for uoppmerksomhet, hyperaktivitet og impulsivitet. «Shared-environment» står for om lag 10-15% av variansen i lesing og matematikk, men «shared-environment» var ikke signifikant for symptomer som inngår i kriteriene for ADHD. «Non-shared-environment» sto da igjen som utslagsgivende for de resterende 20-25% av variansen knyttet til hver enkelt fenotype.

Familiestudiene DeFries, Duncan og Keenan et.al (2010) har sett på viser at korrelasjonen mellom biologiske tvillinger er fra moderat til høy når det gjelder måling av leseferdigheter ($r=.40-70$). Det samme gjelder for matematiske ferdigheter ($r=.20-50$) og for ADHD lignende symptomer ($r=.20-.50$). Sjansen for å arve lese- og skrivevansker ser ut til å være 4-8 ganger høyere for barn av foreldre som selv har lese- og skrivevansker enn for barn av foreldre uten lese- og skrivevansker. Lignende resultater finner man for arvbarhet av ADHD, men eksakte tall er ikke nevnt i artikkelen. Når det gjelder matematikkvansker og arvbarhet er det utført færre studier, men de studiene som hittil har blitt gjort indikerer at det trolig er 5 til 10 ganger

større sjanse for å arve matematikkvansker hvis dine foreldre har det, enn hvis foreldrene dine ikke har matematikkvansker. Dette vitner om at både lese-/skrivevansker, ADHD symptomatikk og matematikkvansker i stor grad er arvbart.

Tabellen på s.538 i studien til DeFries, Duncan og Keenan et.al (2010) viser sammenligning av 25 studier og hvorvidt det er G x E interaksjon for ADHD symptomer. Av tabellen går det frem at 13 av studiene viser en signifikant G x E interaksjon. Det vil si at de ser en sammenheng mellom kandidatens gener og miljøets betydning når det gjelder røyking under graviditet og det å innta alkohol under graviditeten. Videre viser det seg at dette oftest gir utslag i at man får utslag i form av en hyperaktiv eller kombinert ADHD type. Likevel sier forskerne at en bør tolke disse resultatene med noe forsiktighet da de studiene som har blitt sammenlignet ikke har kontrollert for sosioøkonomisk status når de ble foretatt. Og lav sosioøkonomisk status henger ofte sammen med røyking og alkoholbruk under graviditet. I tillegg var det få av testene som sjekket om resultatene også kunne være følge av komorbide vansker.

Når det gjelder G x E for matematikkvansker og lese-/skrivevansker finnes det foreløpig ingen studier, men det nevnes at flere studier har brukt dataene fra tvillingstudier til å teste hvorvidt lese-/skrivevansker og andre kognitive vansker og deres fenotyper blir påvirket av spesifikke miljømessige variabler. I artikkelen kaller de dette for «bioecological G x E interactions». I bioekologiske interaksjoner kommer genetisk innflytelse best til syne i berikede miljøer (enriched environments) dette fordi det i disse miljøene er mindre sjanse for at det oppstår negative miljømessige risikofaktorer som kan virke inn. I CDLRC tvillingstudien fant de et bevis på dette da det så ut til at arvbaheten for lese- og skrivevansker var signifikant høyere (talldata nevnes ikke i artikkelen) i de familiene der foreldrene hadde høy utdanning versus de familiene der foreldrene hadde lavt utdannelsesnivå.

CLDRC studien testet også ved hjelp av DeFries-Fulkers analyse i hvor stor grad det forekommer komorbiditet mellom ulike typer vansker. Det viste seg at vansker ser ut til å sameksistere mye hyppigere enn det en kan forvente ved tilfeldigheter alene. De fant en komorbiditetsrate på 28-64% mellom lese-/skrivevansker og matematikkvansker. Dette er mye høyere prosenttall enn det som kom frem av de prevalensstudiene som tidligere er

diskutert der komorbiditetsraten lå på alt fra 3-6 % i populasjonen. Likevel kan man ikke sette direkte likhetstegn mellom prevalensfunnene og CLDRC studien da CLDRC studien kun sier noe om funnene i selve utvalget og ikke automatisk kan generaliseres til populasjonen.

Kovas og Plomin (2007) sin studie ser på multivariat genetisk analyse i sitt systematiske review. I en slik analyse vil korrelasjonen kunne variere fra 0, dvs. ingen korrelasjon, til 1.0, dvs. full korrelasjon. I artikkelen kaller de gener som ser ut til å være felles for ulike ferdigheter for «generalist genes». I en sammenligning av 5 ulike studier fant de en genetisk korrelasjon mellom lesing og språklige ferdigheter på .67-1.0. For 3 studier de så på fant de en genetisk likhet på .47-.98 for kombinasjonen lesing versus matematiske ferdigheter. Og for to studier utført av Kovas og Plomin selv i 2005 fant de en likhet mellom språklige ferdigheter og matematikk på .59-.98. Disse statistiske funnene sier ganske sterkt at det er genetiske korrelasjoner mellom leseferdigheter, språklige ferdigheter og matematisk kompetanse. Det er viktig at merke seg at disse funnen gjelder «normalferdigheter» og ikke er basert på å sammenligne ulike vanskegrupper. Men i studien så antar forskerne at siden de finner såpass store korrelasjoner mellom «normal-ferdigheter» så vil nok sjansen være stor for at man finner det innenfor ulike diagnostiske grupper som lese-, skrive- og matematikkvansker også.

Det er viktig å merke seg at termen «generalist genes» kun innebærer diagnosegrupper som en antar blir påvirket av multiple genetiske og miljømessige variabler. Det vil si at grupper som Down Syndrom, hvor årsaken er kromosomfeil, og vansker som en har funnet ut at er sjeldne og som kun bygger på et gen ikke blir inkludert. Studien viser at en i dag i stor grad i forskningsfeltet ikke lenger har fokus på enkeltgenmutasjoner. I stedet er altså fokuset flyttet til at de fleste allmenne diagnoser ser ut til å være influert av mange gener, noe det er bred enighet rundt. Dette betyr at hvert enkelt gen ikke får så stor betydning, men kun står for bittesmå effekter. Disse multiple genetiske miniatyreffektene kalles for «quantitative trait loci (QTLs)» og referer til den delen(loci) av DNA som bidrar til vår variasjon i karaktertrekk som er under konstant endring, blant annet på grunn av ulike miljøpåvirkninger.

I studien ser de også på hvorvidt generalist gener kan ha betydning for andre kognitive evner slik som verbale-, spatiale- og hukommelsesferdigheter. Kovas og Plomin (2007) finner her at studien gjort av Deary, Spinath og Bates i 2006 viser at det her er en korrelasjon mellom .50-

1.0. Dette påpeker Kovas og Plomin(2007) at for så vidt ikke er så veldig nytt, da Charles Spearman allerede i 1904 så tendenser til korrelasjoner mellom skårene på ulike kognitive tester. Han kalte denne korrelasjonen for *g*, trolig for å unngå så mange konnotasjoner til ordet intelligens. Kovas og Plomin (2007) viser til at de i sin studie fra 2005 kom frem til at den genetiske korrelasjonen mellom *g* og lærevansker er substansiell, men likevel lavere enn den genetiske korrelasjonen mellom ulike «abilities» (altså ferdigheter som lesing, språk og matematisk kompetanse sammenlignet).

Kovas og Plomin (2007) sin studie gir også noen interessante pekepinner når det gjelder miljøets innvirkning på utvikling av ulike ferdigheter. Multivariat genetisk tvillinganalyse viser at en kan se på «shared-environment» som «generalist». Med dette ser det ut til at de mener at «shared-environment» har like stor betydning for læring og kognitive evner som det generalist gener har. Eksempelvis viser de til at korrelasjonen når det gjaldt non-shared environment i studien til Kovas, Harlaar, Petrill og Plomin fra 2005 var på .74 mellom lesing og matematiske ferdigheter. Dette er tilnærmet likt resultatene de fant for genetiske likheter mellom lesing og matematikk på mellom .47-.98.

I kontrast til «shared-environment» som en generalist, sees «non-shared environment» på som en «specialist». Med dette menes det at det ser ut til at det miljøet tvillingene som blir testet opplever på egenhånd ikke ser ut til å ha så stor innvirkning på deres utvikling av ferdigheter som man kanskje har trodd. Kovas og Plomin (2007) nevner som eksempel på dette at de i sin studie fra 2005 kun fant en korrelasjon på .39 mellom lesing og matematiske ferdigheter når tvillingene var i en alder av 7 år, og ved 10 års alder var korrelasjonen for «non-shared environment» på bare .24. Disse funnene sier de at støtter funnene fra metaanalysen til Turkheimer og Waldron fra 2000 som sammenlignet 43 familiestudier som så på hvorvidt forskjellig miljøpåvirkning for hvert enkelt søsken i en familie kunne gi noe signifikant utslag. Studien konkluderte med at «non-shared environment» ikke utgjør noen substansiell påvirkning for variasjonen i ferdigheter hos søsknene. En ting som kan være interessant å merke seg er dog at det ser ut til at den forskningen som hittil har prøvd å sette fokus på betydningen av «non-shared environments» har sett etter «non-shared environment» innad i familien, eller de har sett på ulike personlighetstrekk hos den enkelte. Kanskje kunne man ha funnet større korrelasjon for «non-shared environment» hvis man hadde sett på den enkeltes skolemiljø og læringsmuligheter i stedet?

Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al (2007) fant i sin studie ut at når de kombinerte resultatene de hadde funnet for matematikk med resultatene de fant i leseanalysen, i tillegg til univariat «group-heritability» fikk de en korrelasjon på .67 ved å sette alle dataene inn i formelen for «bivariate extremes genetic correlation (rg)». Dette vil si at de fant en sterk genetisk korrelasjon mellom lesevaner og matematikkvaner, noe som igjen stemmer overens med «The Generalist Gene Hypothesis».

I likhet med funn fra metaanalysen til Kovas og Plomin (2007) viste Dale, Harlaar, Haworth et.al (2007) i sin studie at lese- og matematiske ferdigheter i stor grad blir påvirket av «shared-environment». Da gruppekorrelasjonene var på hele .96. Likevel forklarte «shared-environment» lite av variansen for både lese- og matematikkferdigheter og den forklarte også lite om komorbiditeten mellom de to gruppene. Som forventet og i likhet med Kovas og Plomin (2007) DeFries, Duncan, Keenan et.al (2010) sin studie fant de også at «non-shared environment» hadde liten betydning for utviklingen av lese- og matematikkferdigheter. Dette indikerer kanskje at miljømessige variasjoner når det gjelder læringsmiljø i mellom ulike familier har limitert innvirkning på utviklingen av lese- og matematiske ferdigheter.

Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al (2007) nevner selv at en av baksidene ved deres studie er at selv om de ser på genetisk likhet og miljø, så klarer ikke denne typen studie å peke noe mer spesifikt på hvilke gener eller hva slags miljø som har innvirkning på komorbiditet.

Studien til Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009) bygger videre på studier på studien til Dale, Harlaar, Haworth og Kovas et.al (2007). De klarer å påvise sin hypotese om at genetiske korrelasjoner også strekker seg utover lese- og matematikkvaner for den 15% gruppen som skåret svakest på testene. I studien fant de altså på nytt en korrelasjon på .61 mellom lesevaner og matematikkvaner. I tillegg finner de en korrelasjon på .44 mellom leseferdigheter og språkferdigheter, samt en korrelasjon på .67 mellom matematiske ferdigheter og språkferdigheter. Enda høyere korrelasjoner fant de mellom lesevaner og generelle kognitive vansker (general cognitive disability) med hele .63. Mellom generelle kognitive vansker og matematikkvaner fant de en korrelasjon på .89 og mellom språkvansker og generelle kognitive vansker fant de korrelasjon på .80. Disse funnene tyder altså sterkt på at det både er en genetisk korrelasjon når det gjelder ferdigheter og når det gjelder vansker. Dette mener forskeren i stor grad kan bety at «Generalist Gene» hypotesen er

gjeldene både når det gjelder ferdigheter og vansker. Altså at det er et sett med gener som kan ligge til grunn for at du utvikler visse ferdigheter og at det er et annet sett med generalist gener som kan ligge til grunn for at man kan utvikle visse vansker.

Studien viser også at «shared-environment» har veldig liten betydning med korrelasjoner som ligger alt fra .00-.13. «Non-shared environment» forklarer en del av variansen mellom gruppene med resultater fra .26-.35. Korrelasjonen for «non-shared environment» derimot er lav med alt fra .16-.29. Dette mønsteret av resultater indikerer at «non-shared environment» påvirker læring og kognitive evner hver for seg ut ifra hva slags miljø barnet befinner seg i. Det som fortsatt gjenstår å finne ut av i forskningen er hva slags miljø som fører til at man kan utvikle seg i den ene eller den andre retningen. Det eneste forskningen hittil har kunnet si noe om er hvorvidt dette miljøet er delt eller ikke.

9.4 Oppsummering av funn på feltet.

Det har her blitt sammenlignet to metaanalyser og to tvillingstudier. I alle studiene det har blitt sett på ser det ut til at alle forskere involvert synes å mene at det er grunnlag for å tro at det er genetiske likheter mellom normale ferdigheter når det gjelder lesing og matematikk. Derav har en også antatt og prøvd å finne ut av om dette også stemmer for lese- og matematikkvansker. Alle studiene kaller disse antakelsene for «Generalist Gene Hypothesis». Spesielt studien til Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009) ser i stor grad ut til å kunne bekrefte at denne hypotesen stemmer. I tillegg fant de i denne studien ut at hypotesen også ser ut til å kunne gjelde språklige ferdigheter og kognitive evner. I tabellen under er det forsøkt å samle opp alle signifikante funn studiene har funnet når det gjelder genetisk korrelasjon.

	Resultater		
Genetisk korrelasjon for:	<i>Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al (2007)</i>	<i>Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009):</i>	<i>Kovas og Plomin (2007):</i>
Lesing og språkferdigheter		.44	.67-1.0
Lesing og	.67	.61	.47-.98

matematiske ferdigheter			
Språklige og matematiske ferdigheter		.67	.59-.98
Lesevansker og general cognitive disability		.63	
Matematikkvansker og general cognitive ability		.89	
Språkvansker og general cognitive ability		.80	

(De hvite feltene som er åpne betyr at studien ikke har målt dette. Studien til DeFries, Duncan, Keenan et.al (2010) er ikke tatt med i tabellen da de bare oppgir noen få prosentvise resultater, noe som gjør det vanskelig å sammenligne skjematisk).

Alle studiene påpeker også at miljøet i ulik grad kan ha en påvirkning. Det ser ut til at «shared-environment» kan betraktes som en generalist og «non-shared environment» som en spesialist. Det ingen av studiene kan gi noe svar på, men som alle nevner som et viktig felt å forske videre på, er mer spesifikt hvilke gener det er snakk om som er generalister og hvilket miljø som fører til hvilken utvikling. Fordelen med å finne ut mer om dette er at det i stor grad kunne hjulpet oss til å forebygge og «behandle» diagnoser. En tenker da ikke i de baner at det skal kunne finnes noen kur mot lese-, skrive- og matematikkvansker, men mer i form av at man skal kunne stå bedre rustet til hvordan man skal møte og jobbe med mennesker som har disse vanskene, for eksempel i barnehage og skole.

10 Finnes det noen likheter mellom dysleksi og matematikkvansker knyttet til fonologi?

Som tidligere diskutert er det vel dokumentert at lese-/skrivevansker er påvirket av fonologi og arbeidsminnet (Snowling 2000). Et av de store spørsmålene er om dette også kan se ut til å påvirke matematikkvansker?

10.1 Presentasjon av tre studier som ser på fonologi.

Hecht, Torgeresen, Rashotte og Wagner (2001) foretok en longitudinell studie som så på relasjonene mellom fonologi og matematikkvansker. I studien prøver de å svare på tre forskningsspørsmål. Det første dreier seg om hvorvidt en eller flere av de tre formene for fonologisk prosessering på en unik måte er relatert til utviklingen av regneferdigheter i matematikk (computational skills). Det andre spørsmålet de stiller er hvorvidt de tre formene for prosessering kan forklare noe av den individuelle forskjellen man ser i lese- og matematisk utvikling og hvorvidt dette endres ved modning. Det siste og tredje spørsmålet de ser på omhandler om det er noen sammenheng mellom det å øve på å løse enkle aritmetiske oppgaver man forstår og økt matematisk kompetanse.

Med matematiske regneferdigheter (math computational skills) mener de i hvilken hastighet man klarer å løse enkle aritmetiske oppgaver som eksemplvis $3+4$ og hvor korrekt man klarer å svare på mer komplekse oppgaver som divisjon og ligninger. Forskerne påpeker at i 2001 da denne studien ble gjort var det forsket lite på som er underliggende for matematiske ferdigheter sett i forhold til hva som ligger til grunn for leseferdigheter og derfor er det å bidra til finne ut av dette et primærmål. Det er relativt bred enighet om at fonologi er forbundet med lese- og skrivevansker, men det forskerne mener er interessant er at fonologiske prosesser også kan påvirke matematiske ferdigheter hos barn. De sier at for å løse et aritmetisk problem

må barnet først transformere det som står skrevet med matematiske tegn og bokstaver om til talebasert kode. Det neste steget er altså å prosessere den fonologiske informasjonen ved å bruke en passende strategi. For eksempel hvis barnet blir presentert for oppgaven « $5 \times 2 =$ » så vil barnet prøve å gjenhente en fonologisk basert kode, altså svaret, fra langtidsminnet sitt. Alternativt kan det benytte seg av en rekonstruktiv strategi som å telle seg frem til svaret. De fonologiske systemene blir også aktivert når barnet teller fordi det også da må huske fonologiske koder, dvs. tall.

De tre fonologiske prosessene som blir omtalt i studien er fonologisk minne, «Rate of Access» (hvorvidt man kan klarer å gjenkalle fonologiske navn og koder effektivt fra langtidsminnet), og fonologisk bevissthet. Fonologisk minne blir i studien beskrevet som en del av arbeidsminnet som innebærer koding og midlertidig lagring av talebaserte representasjoner, også kaldt den fonologiske sløyfen. I selv enkel aritmetisk problemløsning, som for eksempel « $1+2=$ » tar man i bruk dette systemet, og hvis man da har et dårlig arbeidsminne er sjansen større for at man glemmer hva man holder på med underveis i regneoperasjonen. Svaret blir da ukorrekt og man blir kanskje nødt til å benytte seg av mindre effektive strategier som å telle på fingrene. «Rate of Access» handler om å gjenhente fonologisk informasjon fra langtidsminnet, noe man eksempelvis gjør når man teller eller skal svare på et gangestykke, og kan kanskje utgjøre en forskjell når det gjelder den individuelle variansen i matematiske regneferdigheter. Fonologisk bevissthet handler om å ha en bevissthet rundt og tilgang til språkets lydstruktur i talespråket, for eksempel å kunne gjenkjenne lyder i ord, men også å kunne trekke ulike lydstrukturer sammen til ord.

Deltagerne i studien besto av elever helt opp til 5. klasse som snakket flytende engelsk. Alle barna ($n=201$) måtte gjennomgå en artikulasjonstest siste høsten de gikk i barnehagen og var i utgangspunktet med i en tidligere studie gjort av de samme forskerne. Barna ble så tilfeldig utvalgt fra seks forskjellige grunnskoler i en by sør i USA. Utvalget besto av 54% jenter og resten gutter. Om lag 24% av deltagerne var afro-amerikanske. Elevene ble testet både i tredje, fjerde og femte klasse. Elevenes verbale IQ lå i normalområdet (100,16 SD=15,6) på «Stanford-Binet Vocabulary Test» gjennom alle skoleårene. Av materiale ble elevene testet med et stort og sammensatt detaljert testbatteri med ulike standardiserte tester, men flere av disse er ikke så mye i bruk lenger og derfor nevnes de ikke her. Det testene målte var elevenes regneferdigheter, leseferdigheter, fonologiske minne, «Rate of Access», fonologiske

bevissthet og generelle verbale evne. Elevene ble testet på sine representative skoler og testene ble administrert over 3-4 ganger med et intervall på to uker.

Jordan og Mulhern (2010) foretok en longitudinell studie som hadde som formål å undersøke hvorvidt svake fonologiske ferdigheter hadde noen innvirkning på barns matematiske ferdigheter. De nevner at deres studie blant annet er noe inspirert av Hecht, Torgersen, Rashotte og Wagner (2001) sin studie da disse er noen av de få i nyere tid som har studert og kommet frem til at fonologisk prosessering kan ha betydning for utviklingen av matematiske regneferdigheter. Robinson, Menchetti og Torgersen (2002) sin studie blir også nevnt, da med henvisning til hypotesen om at fonologiske evner kan ha direkte innflytelse på dine matematiske ferdigheter fordi matematikk involverer gjenhenting og lagring av verbale tallkoder. Eksempelvis vil et barn som skal løse en enkel aritmetisk oppgave med lave tall enten «retrieve», altså gjenhente den fonologisk baserte koden (svaret på oppgaven) direkte fra langtidsminnet, eller de vil rekonstruere svaret ved å telle fonologiske navngitte koder av tall.

I studien ser de på et utvalg av 256 femåringer. Målet med å se på femåringer var å kunne se barnas ferdigheter før de hadde fått noen formell trening i fonologiske og matematiske ferdigheter i skolen. Forskeren valgte ut barn fra Nord-Irland da barna her lærer å lese senere fordi det introduseres senere i skolepensum. Alle femåringene ble screenet for fonologiske og matematiske vansker før selve testingen begynte. Før selve screeningen begynte ekskluderte de alle barn med andre underliggende vansker fra studien, men hva slags vansker det er snakk om er ikke nevnt. Screeningstestene ble administrert individuelt og tok mellom 25-30 minutter per barn. Testene de brukte i screeningen ble hentet fra PAT («Phonological Abilities Test», utviklet av Muter, Hulme og Snowling i 1997) og med TEMA-3 (en matematikktest som tester både uformell og formell matematikkunnskap). I tillegg testet de barna for verbale og non-verbale evner ved å bruke BAS-2 («British Ability Scale-2nd edition», laget av Elliot, Smith og McCulloch 1997). På bakgrunn av screeningen ble barna delt inn i tre grupper hvorav de mente at totalt 81 barn skilte seg ut som enten: TA (typical achiever, altså normalyttere i forhold til alder; N=31), PDMD (barn som både har komorbide fonologiske og matematiske vansker; N=31), og PD (barn som bare har fonologiske vansker; N=20).

I selve hovedstudien fortsatte de å teste med de tre gruppene med tester fra TEMA, PAT og BAS og alle testene ble utført i samsvar med testmanualene. Målet med testingen var å se videre på 4 hovedtemaer. Det første var hvorvidt barna i PD gruppen hadde stabile matematikkresultater over tid. Det andre var hvorvidt PD gruppen, til tross for deres aldersadekvate matematikkskårer, likevel ville visse noen svakheter i forhold til TA gruppen når det gjaldt spesielle deler av de matematiske ferdighetene og hvorvidt dette var vedvarende over tid eller om profilen ville endre seg. For det tredje ønsket de å se om lave skårer hos PD gruppen på noen måte kunne være en indikator på at de kom til å utvikle komorbide matematikkvansker. Og for det fjerde hvorvidt de faktorene som bidrar til at PD gruppen er stabil over tid også stemmer for deres matematiske utvikling. Av de totalt 97 barna som var med i undersøkelse hadde de et frafall på 15 som ble ekskluderte fra videre analyser. Dette fordi de ikke hadde klart å gjennomføre alle oppgavene på testene og derav ble vanskelige å sammenligne med de andre.

Simmons og Singleton (2007) har foretatt et review som ser på signifikante funn fra empiriske studier av aritmetiske ferdigheter hos barn med dysleksi over de siste årene. Hovedspørsmålet de prøver å besvare ved å se på disse ulike studiene er hvorvidt fonologiske representasjoner kan ha noen innvirkning på utviklingen av aritmetiske ferdigheter. De prøver å se på studiene både i lys av «the weak phonological representation hypothesis» og «the triple-code theory of mathematical cognition». Med «the weak phonological representation hypothesis» referer de til Snowling 2000 og Vellutino 2004 sin teori. Denne teorien går ut på at barn med dysleksi som har vansker med fonologisk representasjon også får vansker med å lagre og gjenhente informasjon fra minnet, i tillegg til at de får problemer med å manipulere med fonologiske koder. Dette kan ifølge Hecht et.al (2001) også gi følger for deres utvikling av matematiske ferdigheter.

For å undersøke om «the phonological representation hypothesis» stemmer, mener Simmons og Singleton (2007) at man kan se på studier av tre forskjellige typer. Det første er studier som ser på om fonologiske ferdigheter påvirker leseferdigheter. Det andre er studier som ser på hvorvidt trening av fonologiske ferdigheter kan bedre leseferdigheter. Det tredje er studier som ser på om barn med dysleksi har dårligere fonologiske ferdigheter enn sine jevnaldrende i kontrollgruppa og sine jevnaldrende når det gjelder leseferdigheter i kontrollgruppa.

Med «the triple-code theory of mathematical cognition» tenker de på teorien til Dehaene fra 2003. Teorien foreslår at det finnes tre ulike former for numerisk representasjon. En verbal, en non-verbal og en visuo-spatial. Hvilken av de tre representasjonene man tar i bruk er utelukkende beroende på hva slags aritmetisk oppgave man blir stilt ovenfor. For eksempel blir «the left angular gyrus» i hjernen aktivert når en blir presentert for verbale representasjoner av tall og er ansvarlig for at man klarer å gjenhente informasjon fra arbeidsminnet, noe man jo gjør når man regner. En tror altså at siden «left angular gyrus» ser ut til å ha en nedsatt funksjon hos mennesker med dysleksi så kan dette også forklare hvorfor de har spesielle problemer med å gjenkalle tallfakta.

10.2 Sammenligning av studiene.

Både Hecht et.al (2001) og Jordan og Mulhern (2010) er longitudinelle studier som ser på hvorvidt fonologiske vansker også kan være forbundet med matematikkvansker. Hecht et.al (2001) har konsentrert seg om aldersgruppen fra andre til femte klasse, mens Jordan og Mulhern (2010) har sett på femåringer. Jordan og Mulhern(2010) ønsket å teste så små barn fordi de da ikke ville være influert av fonologisk trening enda som jo er en del av leseopplæringen i skolen. På tross av denne aldersforskjellen på barna i studiene går de an å sammenligne fordi Hecht et.al (2001) i sin studie også sjekket hvor lesedyktige barna var. Spesielt Singleton og Simmons (2007) sitt review påpeker at dette ofte er en svakhet med mange av studiene de har sammenlignet.

Singleton og Simmons (2007) sitt review er ikke direkte sammenlignbart med de Hecht et.al (2001) og Jordan og Mulhern (2010) fordi det ikke er en longitudinell empirisk studie. Det Singleton og Simmons (2007) gjør er å sammenligne resultater fra andres studier som ser på hvorvidt svak fonologisk representasjon har noen innvirkning på utviklingen av aritmetiske ferdigheter. Siden det er gjort relativt få studier på dette området er derfor Singleton og Simmons (2007) sitt review tatt med, både fordi den ser på samme tema som det to andre longitudinelle studiene og fordi den gir et godt innblikk og oversikt over hva som hittil har vært gjort av signifikant forskning på feltet.

Både Hecht et.al (2001) og Jordan og Mulhern (2010) har relativt store utvalg i sine studier på henholdsvis 201 og 256 barn. Dette er positivt da det gjør det lettere generaliserbart (Kleven 2002). Hecht et.al (2001) har også veldig beskrivende detaljer og tabeller i sine studier, noe som bør forenkles etterprøving for senere forskning (Kleven 2002). Studiene er også nøye med å beskrive hvordan de har operasjonalisert begrepene sine og det ser ut som at de har definert begreper på relativt lik måte og de henviser også til en del like forskere i sine studier. Jordan og Mulhern (2010) henviser blant annet til nettopp Hecht et.al (2001) flere ganger i løpet av sin studie og prøver å påpeke lignende poeng angående fonologi og dets innvirkning på utviklingen av aritmetiske ferdigheter som det Hecht et.al (2001) påpeker i sin studie.

Når det gjelder Singleton og Simmons (2007) sitt review står det ingenting om hvordan de har gått frem for å plukke ut studier til sin artikkel. Det eneste de påpeker er at studiene de ser på på ulike måter har vært signifikante når det gjelder å si noe om fonologi og aritmetiske ferdigheter. Det står heller ikke nevnt hvor mange studier de har sett på, men hvis man ser i litteraturhenvisningen til artikkelen så går det frem at de har sett på studier så langt tilbake som til 1986. Dette vil si at artikkelen dekker en stor bredde av studier rent tidsmessig. Artikkelen trekker både frem teorier som det tilsynelatende er bred enighet rundt i dag og også teorier som er foreslått, men som ikke har fått større gjennomslag fordi de ikke har vært så enkle å bevise.

10.3 Resultater av studiene.

Hecht et.al (2001) prøvde i sin studie å besvare tre forskningsspørsmål. Det første dreier seg om hvorvidt en eller flere av de tre formene for fonologisk prosessering på en unik måte er relatert til utviklingen av regneferdigheter i matematikk (computational skills). De kom frem til at det trolig er evidens for å si at hver og en av de tre formene for fonologisk prosessering faktisk påvirker utviklingen av regneferdigheter, men at noen av disse relasjonene kan endres over tid. Individuelle forskjeller i fonologisk minne, «Rate of Access» og fonologisk bevissthet hadde direkte påvirkning på utviklingen av generelle regneferdigheter fra andre til femte klasse. Fonologisk bevissthet så ut til å ha størst innvirkning og sto for 10% av variansen i prediksjonen av senere matematiske ferdigheter. Spesielt i overgangen fra tredje til fjerde klasse og fjerde til femte klasse utmerket dette området seg som spesielt viktig, selv

etter at de hadde sjekket barnas generelle verbale ferdigheter, leseferdigheter og tidligere matematiske ferdigheter. Mellom andre til tredje klasse så det derimot ut til at både fonologisk minne og «Rate of Access» spilte en stor rolle.

Det andre spørsmålet de har sett på er hvorvidt de tre formene for prosessering kan forklare noe av den individuelle forskjellen man ser i lese- og matematisk utvikling og hvorvidt dette endres ved modning? De fant ut at fonologisk prosessering i stor grad påvirker begge akademiske grener. Det er ikke bare slik at dersom du strever med å lese så strever du derav også med matematikk. Sagt med andre ord så ser det ut til at barn med komorbide lese- og matematikkvansker somregel har underliggende fonologiske vansker, mens barn som bare har matematikkvansker derimot ikke alltid har det. Hos de barna som først har vanskene ser det ikke ut til at vanskene vedvarer ved modning.

Det siste og tredje spørsmålet de ser på er om det er sammenheng mellom det å øve på å løse enkle aritmetiske oppgaver man forstår og økt matematisk kompetanse. Studien viste at det var en direkte sammenheng mellom det å kunne løse oppgaver og økt matematisk kompetanse. Dette betyr kanskje at barn som klarer å løse enkle aritmetiske oppgaver effektivt bruker mindre ressurser på selve regningen og på å velge ut hvilken regneprosedyre som passer best til å løse oppgaven. Dette gir dem en klar fordel ovenfor barn som ikke får til dette. Dette mener forskerne kan gi en viktig pekepinn i forhold til hvordan man bør arbeide med i skolen. Man bør altså fokusere på å øve på å få opp hastigheten og korrektheten i tellebaserte strategier fordi dette kanskje kan bidra til øke deres matematiske ferdigheter på sikt. Spesielt vil dette bli viktig for barn som har komorbide lese- og matematikkvansker da disse ser ut til å løse aritmetiske oppgaver mer langsomt enn andre barn.

Jordan, Wylie og Mulhern (2010) sin longitudinelle studie hadde som formål å undersøke hvorvidt svake fonologiske ferdigheter hadde noen innvirkning på barns matematiske ferdigheter. Først og fremst predikerte de at PD-barn (barn med fonologiske vansker) trolig ikke ville ha like stor progresjon i sin matematiske utvikling som TA-barn (barn med normal aldersadekvat utvikling). Det de fant ut var at ved første og andre testing når barna var små hadde de relativt lik progresjon, men fra andre til tredje testtidspunkt hadde TA-barna utviklet seg mer enn PD-barna. Ved den tredje målingen utmerket TA-barna seg som markant bedre når det gjaldt formell matematikk som tallfakta, kalkulasjon og tekstoppgaver. Dette stemmer

godt overens med prediksjonen. I likhet med Hecht et.al (2001) tror også Jordan, Wylie og Mulhern (2010) at dette primært må skyldes at PD-barna hadde vansker med å gjenkalle tallfakta fra langtidsminnet, noe man er avhengig av for å få til formell matematikk.

PD-barna gjorde det derimot like bra som TA-barna når det gjaldt oppgaver som innebar telling. Forskerne forklarer dette med at på tross av sine fonologiske vansker så stiller kanskje ikke denne typen oppgaver så høye krav til verbale kunnskaper og da vil også de med fonologiske vansker kunne få dem til. Stiller en derimot barn med fonologiske vansker ovenfor oppgaver som innebærer telling, men som også stiller krav til at man må gjenhente og holde flere tallfakta i minnet samtidig, ser en at det fort blir vanskeligere for dem å henge med. Det er også viktig å merke seg at barna i gruppen som hadde PDMD (komorbide lese og matematikkvansker) gjorde det jevnt over svakt på alle testene både når det gjaldt uformell og formell matematikk. Om dette skyldes bare vansker med fonologi alene eller om det også ligger andre ting til grunn for dette er vanskelig å si.

I studien kom det også frem at noen av PD-barna som ikke så ut til å ha matematikkvansker ved første og andre testing ved 5 års alder plutselig så ut til å ha det ved tredje testing ved 7 års alder. Forskerne gikk da tilbake og prøvde å se på om det var noe som i deres skårer ved første og andre gang på «TEMA»-testen som kunne indikerer at disse barna på noen som helst måte kom til å utvikle matematikkvansker. De fant ingen tegn til dette overhodet og konkluderte med at det er vanskelig å predikere hvem som kommer til å utvikle matematikkvansker og ikke. En mulig årsak til at noen utvikler det og noen ikke kan være at noen barn har en tendens til å utvikle kompenserende strategier, men dette sier jo i og for seg ikke at barna ikke har vansker. Det er bare vanskeligere å fange opp på en test fordi barna er flinke til å kompensere.

Jordan, Wylie og Mulhern (2010) påpeker at det at PD-barn viser en så ustabil profil over tid gjør at det blir ekstra komplisert for skolen å følge opp. Spesielt fordi det ikke er lett å si tidlig hvorvidt et barn med fonologiske vansker også kommer til å utvikle matematikkvansker over tid. Det vil også kanskje være lett å overse de som strever på et par spesifikke områder, men som jevnt over ser ut til å ha en aldersadekvat profil. Uansett påpeker de at de fleste barn med fonologiske vansker på en eller annen måte og en eller annen gang kommer til å streve noe

med matematikk. Derfor vil tidlig intervensjon som trener på effektiv bruk av tallkunnskap og rett strategibruk alltid vil være fordelaktig.

Simmons og Singleton (2007) prøvde i sitt review å gi en oversikt over forskningen som har vært gjort på feltet over hvorvidt fonologi har noen innvirkning på utvikling av matematiske ferdigheter. De har kommet frem til at selv om det fortsatt trengs en del mer forskning på feltet så peker alt i retning av at fonologi har en innvirkning på utviklingen av matematiske ferdigheter. De trekker spesielt frem at for mennesker med dysleksi vil svake fonologiske ferdigheter, da spesielt den fonologiske sløyfen, påvirke manipuleringen av verbale koder. I matematikken vil dette gi seg til uttrykk ved at man ikke klarer å gjenhente tallfakta hurtig eller korrekt nok fra langtidsmindet. I tillegg viser de også til Hecht et.al (2001) sin studie som kom frem til at fonologisk bevissthet var en viktig predikator for matematisk utvikling. Likevel påpeker de at fonologiske vansker ikke ser ut til å innvirke på alle områder av matematikken. Barn med fonologiske vansker ser for eksempel fint ut til å klare plassverdisystemet. Det ser altså ut til at det som er hovedproblemet for barn med dysleksi som også strever i matematikk er det å kunne gjenhente rett tallfakta fra minnet.

10.4 Oppsummering av funn på feltet.

Både studien til Hecht et.al (2001), Jordan, Wylie og Mulhern (2010) og Simmons og Singleton (2007) sier at det i stor grad er en sammenheng mellom fonologi og utviklingen av matematiske ferdigheter. Hecht et.al (2001) er den eneste studien som hittil har blitt foretatt som har gått i dybden og sett på om de tre formene for fonologisk prosessering har innvirkning på matematiske ferdigheter. De fant ut at fonologisk minne og «Rate of Access» er spesielt avgjørende fra andre til femte klasse. Etter dette ser det ut til at det i større grad er fonologisk bevissthet som utgjør forskjellen mellom de som klarer seg og de som ikke klarer seg så godt i matematikk. Jordan, Wylie og Mulhern (2010) sin studie støtter seg også til dette og nevner i likhet med Hecht et.al (2001) og Simmons og Singleton (2007) at det primært er vansker med å gjenkalle tallfakta fra langtidsmindet som gjør at barn med dysleksi eller komorbide lese- og matematikkvansker strever med å utvikle adekvate matematiske ferdigheter.

Jordan, Wylie og Mulhern (2010) fant også ut at barn med fonologiske vansker kunne ha en tilnærmet jevn utvikling med barn som har en normalutvikling mens de er små. Når de når 7 års alder derimot ser det ut til at noen barn utvikler matematikkvansker og at noen barn ikke gjør det. Dette fører til at det blir vanskelig å forutsi på et tidlig stadium hvem som kommer til å utvikle matematikkvansker i tillegg til fonologiske vansker.

11 Oppsummerende konklusjon.

Formålet med denne oppgaven har vært å systematisk se på og sammenligne forskningslitteratur som kan si oss noe om komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker. Komorbiditet er som nevnt når to eller flere vansker opptrer samtidig i et individ (Pennington, Rhee og Willcutt 2005, Hulme og Snowling 2009). Målet med dette har vært å bedre kunne forstå hvorfor det ofte ser ut til at barn med dysleksi ofte også strever i matematikk og omvendt. Det å kunne si noe om komorbiditet kan kanskje på sikt kunne få betydning for hvordan man kartlegger og legger opp en mest mulig utbytterik undervisning for disse elevene i skolen (Pennington, Rhee og Willcutt 2005, Corley, Hewitt, Pennington, Rhee og Willcutt 2005). For å kunne si noe om komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker har det blitt jobbet ut ifra å prøve å besvare forskningsspørsmålet:

Hvilke likheter viser forskning at forekommer mellom dysleksi og matematikkvansker?

Opgaven har blitt vektet i to deler. Den første delen har forsøkt å redegjøre for og diskutere rundt begreper og aktuelle problemstillinger. Med det formålet gi et overordnet blikk over feltet. Det har blitt tatt opp hva lesing og dysleksi er. Etterfulgt av hva matematisk kompetanse og matematikkvansker er. Deretter har det blitt drøftet litt rundt hva komorbiditet er og hvorfor dette har vært viktig i forskningsøyemed.

Lesing er slik Refsahl (2012) sier «en sosial og funksjonell aktivitet» og lesing er i dagens samfunn en ferdighet man er svært avhengig av å mestre. Gough og Tunmer kom 1986 med sin lesemodell «The simple View of Reading» som sier at Lesing=avkoding* forståelse. Denne formelen knytter avkoding og forståelse sammen på en uløselig måte. Avkoding omhandler å teknisk kunne lese det som står skrevet, men det alene er ikke godt nok for å bli en god leser. For det å bare automatisk avkode ord uten å ha forståelse gir ingen hensikt når det å lese faktisk handler om at man hele tiden er på aktiv søken etter mening (Bråten 2007, Refsahl 2012). Lyster (2011) har vært en av de som har gitt Gough og Tunmer sin leseformel en god del kritikk. Hun mener i likhet med Frost(2003) og Bråten (2007) at en god lesesituasjon må innebære at leseren er motivert. I tillegg blir lesingen påvirket av leserens konsentrasjon, utholdenhet, selvtillit og leserens forforståelse. Sweet og Snow (2003)

opsummerer det hele så fint i sin lesemodell. Som sier at lesing består av leseren som forstår, teksten som blir forstått og selve aktiviteten som fører til leseforståelsen. Det er interaksjonene og «matchen» mellom leseren og teksten som bestemmer utfallet.

Mennesker med dysleksi har generelt sett vanskeligheter med å lese og skrive (Høien og lundberg 2012). Det er fonologi som ansees som primærvansken ved dysleksi og det omtales ofte som «The phonological Representation Hypothesis» (Snowling 2000, Hulme og Snowling 2009, Melbye-Lervåg 2012). Dette gjør at man strever med selve avkodingsprosessen. I den grad det oppstår forståelsesvansker så er dette å regne som en tilleggsvanske. Mennesker som utvikler dysleksi viser ofte tegn til fonologiske vansker allerede før de lærer å lese- og skrive (Hulme og Snowling 2009). Det har gjennom årenes løp vært fremmet mange ulike definisjoner på hva dysleksi er. Den siste og kanskje mest omfattende definisjonen som både Dysleksi Norge og British Dyslexia Association støtter seg til er hentet fra «The Rose Review» (Rose 2009). Den nevner at dysleksi er en vanske som opptrer på et koontinum og er en vanske av utviklingsmessig karakter med en biologisk basis. Vanskene gir seg til uttrykk ved fonologisk bevissthet, verbalt minne og prosesseringshastighet. Dysleksi kan forekomme på alle intellektuelle og oppstår til tider sammen med komorbide vansker som eksempelvis matematikkvansker. Det forskningen på feltet prøver å finne ut av er hvor mye av utviklingen som kan skyldes arv og hva som skyldes miljø. Det er hittils i alt identifisert 14 gener som en tror er direkte knyttet til dysleksi og arvbahet. Likevel er det viktig å understreke at det ikke er et gen alene som fører til utviklingen av dysleksi, men en kombinasjon av flere gener og miljømessige faktorer i interaksjon (Melbye-Lervåg 2012).

Matematisk kompetanse handler slik Holm (2007) definerer det om *ferdighet* pluss *forståelse*. Griffin (2010) sier at denne matematiske kompetansen omfatter at man må klare å forstå den faktiske fysiske mengden et tall representerer. En må klare å telle og forstå hvorfor noen tall kommer før og etter hverandre i tallrekken. I tillegg må en ha kjennskap til matematiske begreper og tegn. Barns matematiske forståelse starter lenge før de begynner på skolen. Mennesket har en preverbal forståelse av tall og klarer å skille mellom små mengder (Wynn 1992, Xu og Spelke 2000, Spelke og Goddard 2005). Når man begynner i skolen blir ofte addisjon og det å lære ulike løsningsstrategier sett på som en naturlig steg etter å ha lært å telle. Matematikk er en kompleks ferdighet i så forstand at en kan bruke mange forskjellige

metoder for å komme frem til samme riktige svar. Det at et barn vet noe betyr ikke nødvendigvis at de vil benytte seg av den mest hensiktsmessige strategien. For eksempel vil det å ha automatiserte kunnskaper være mer effektivt når man skal løse et gangestykke enn det å måtte telle, selv om man kommer frem til samme svar (Hulme og Snowling 2009). For å bli god i å løse aritmetiske oppgaver må man altså være i stand til å gjenhente (retrieve) tallfakta raskt fra minnet. Barn som strever med å vil ofte bruke lang tid på å lage en database av tallfakta i minnet sitt og de feiler stadig i sitt forsøk på å gjenhente dem (Geary 1993, Hulme og Snowling 2009, Ostad 2010).

Matematikkvansker blir beskrevet på en deskriptiv måte i både ICD-10 og DSM-IV. De fokuserer begge på at elevens skåre på individuelt standardiserte matematiske tester må ligge betraktelig under det en ellers ville forvente ut ifra alder og generelle evner. Vanskene må heller ikke skyldes psykiatriske lidelser, syns-hørsels- eller andre nevrologiske svekkelser eller diagnoser. Videre må vanskene ikke kunne skyldes særdeles mangelfull undervisning. Det er ikke forsket så mye på årsaken til matematikkvansker og det ser ut til å være mye forskjellige teorier på feltet. Jerman og Swanson (2006) sin metaanalyse trekker frem at årsaken til matematikkvansker kan være knyttet til semantisk minnet, vansker med matematiske prosedyrer og visuo- spatiale vansker. Semantisk minne handler om å streve med å gjenhente tallfakta fra langtidsmminnet. Vansker med matematiske prosedyrer innebærer på sett å vis at barn med matematikkvansker strever med å holde informasjon i arbeidsminnet sitt, noe som igjen fører til at de lett kan miste oversikt i telleprosessen sin og lett gjør feil når de teller. Visuo- spatiale vansker handler om at man strever med å behandle numerisk informasjon spatialt eksempelvis at man ikke får til å lese tabeller eller sliter med geometriske oppgaver. Den teorien det ser ut til å være størst oppslutning rundt er at man sliter med å gjenkalle tallfakta fra arbeidsminnet (Geary 1993, Jerman og Swanson 2006).

Sjansen for at det er snakk om komorbide vansker er større når den diagnostiske konstruksjonen er deskriptiv, noe som er tilfellet for psykiatriske diagnoser i motsetning til medisin generelt. Dette er fordi vi ikke vet nok om de underliggende mekanismene som kan forklarer årsaken til vasken (Pennington, Rhee og Willcutt 2005, Corley, Hewitt, Pennington, Rhee og Willcutt 2005). Pennington, Rhee og Willcutt (2005) peker i alt på fire grunner til hvorfor det å forske på komorbiditet er viktig. For det første kan det ha betydning for behandlingsforløpet eller for hvordan vi skal legge opp undervisning for barn med komorbide

vansker. For det andre kan det å overse en komorbid vanske føre til at man kanskje tror at de symptomene som egentlig tilhører den komorbide i stedet beskriver den allerede diagnostiserte vansken. For det tredje kan komorbide diagnoser kanskje får oss til å se ting på en ny måte. Kanskje de diagnosene vi per dags dato tror er valide, kanskje ikke er det likevel og at ting henger sammen på en annen måte en vi opprinnelig trodde. For det fjerde vil det å undersøke komorbiditet kanskje kunne bidra til å bygge enda mer valide diagnosekriterier i fremtiden. Dette med komorbiditet bringer oss over til oppgavens andre del der forskningsspørsmålet blir forsøkt besvart. Viser så forskning at det forekommer noen likheter mellom dysleksi og matematikkvansker?

Det første det ble sett på var hvorvidt det faktisk forekommer prevalens mellom dysleksi og matematikkvansker. Det ble sett på fire studier som tok for seg dette temaet. Resultatene fra disse studiene peker i retning av at det i stor grad forekommer komorbiditet mellom dysleksi og matematikkvansker. Prevalensen strekker seg alt fra 3-6% i populasjonen litt avhengig av hvilken studie man går ut ifra (Hitch et.al 1994, Badian 1999, Dirks 2008, Landerl og Moll 2010).

Det andre spørsmålet det ble sett på hva hvorvidt det forekommer genetiske likheter mellom dysleksi og matematikkvansker? Det ble her sett på og sammenlignet to longitudinelle studier og to systematiske reviewpå feltet. Resultatene viste at det ser ut til at både lese-skrivevansker, matematikkvansker, men også AD/HD ser ut til å være influert av samme gener. Gener som ser ut til å være felles for flere ferdigheter kalles for «generalist genes» og er ofte omtalt som «The Generalist Gene Hypothesis». Spesielt studien til Dale, Harlaar, Haworth et.al (2009) ser ut til å i stor grad kunne bekrefte at denne hypotesen stemmer for både lese-skrive og matematikkvansker. Videre viser studiene at sjansen for å arve lese- og skrive hvis dine foreldre har lese- og skrive vansker er 4-8 ganger større enn om du har foreldre uten lese-skrive vansker. Når det gjelder matematikkvansker og arvbarhet er det ikke forsket like mye, men av de studiene som hittil er gjort ser det ut til at det er hele 5-10 ganger større sjans for å arve det hvis dine foreldre har matematikkvansker enn om de ikke har det. Når det gjelder sjansen for å få både komorbide lese-skriv og matematikkvansker viser CLDRC studien en komorbiditetsrate på hele 28-64%. Dette er mye høyere enn det prevalensstudiene sa om en rate på mellom 3-6% (Dale, Harlaar, Haworth, Kovas et.al 2007, Dale, Kovas og Plomin 2007, Harlaar og Haworth et.al 2009 og DeFries, Duncan, Keenan et.al 2010).

Det tredje spørsmålet som har blitt sett på er hvorvidt det finnes noen likheter mellom lese-skrive og matematikkvansker knyttet til fonologi? Resultatene viste at det er tre former for fonologisk prosessering som faktisk kan påvirke utviklingen av regneferdigheter, men at det hvilken av disse som har mest påvirkning på utviklingen kan endre seg over tid. Fonologisk minne, «Rate of Access» og fonologisk bevissthet så ut til å ha størst innvirkning på utviklingen av generelle regneferdigheter fra andre til femte klasse. Mens fonologisk bevissthet alene så ut til å stå for 10% av variansen for utviklingen av senere matematikkferdigheter. Altså ser fonologisk bevissthet ut til å utgjøre forskjellen mellom de som klarer seg bra og de som ikke klarer seg fullt så bra i matematikk. Barn kan i utgangspunktet se ut til å ha relativt jevn og aldersadekvat utvikling når det gjelder fonologi. Likevel ser det ut til at noen barn når de nærmer seg 7 års alder utvikler fonologiske vansker og matematikkvansker og noen ikke, noe som gjør det vanskelig å forutse hvem som får vanskene og hvem som ikke utvikler de (Hecht et.al 2001, Simmons og Singelton 2007 og Jordan, Wylie og Mulhern 2010).

Alt i alt ser det ut til at det i stor grad er likheter mellom dysleksi og matematikkvansker. Det man derimot kanskje bør se nærmere på i forskning fremover er å kartlegge mer nøyaktig hvor stor prevalens det egentlig er mellom dysleksi og matematikkvansker. Videre sier forskningen som støtter «The Generalist Gene Hypothesis» bare at det trolig er en likhet i hvilke gener som utløser ulike vansker. Det de derimot ikke sier noe om er mer spesifikt hvilke gener det er snakk om, noe det trolig ville vært interessant å finne nærmere ut av. Det ville også vært spennende om flere studier prøvde å etterprøve og se på om det faktisk er slik at de tre formene for fonologisk prosessering faktisk påvirker så mye som studien hittil sier at de gjør. Helt til slutt kunne det kanskje hatt en verdi å se på hvorfor det er slik at barn kan ha en relativt lik fonologisk utvikling for så å plutselig utvikle fonologiske vansker og matematikkvansker. Dette gjør jo at det blir veldig vanskelig å predikere og kartlegge og forebygge på et tidlig stadiet hvem som kan trenge ekstra hjelp og ikke. Her har skolen en kjempeutfordring, som det ikke ser ut som det er noe enkelt svar på hvordan man skal løse. Alt man per i dag kan gjøre er å forsøke å satse på tidlig intervensjon som fokuserer på at barna med fonologiske vansker får innøvd det å kunne telle hurtig og å kunne velge riktig strategi når de løser aritmetiske oppgaver (Jordan, Wylie og Mulhern 2010).

Litteraturliste

American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th Edition*, Washington DC: American Psychiatric Association .

Anderson, M. (2008).

What can autism and dyslexia tell us about intelligence?

The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 61(1). doi: 10.1080/17470210701508806

Baddeley, A.D., Logie, H.R. (1999). The multiple-component model. I, Miyake, A., Shah, P. (red.)

Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control.

Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Badian, N. (1999)

Persistent Arithmetic, Reading, or Arithmetic and Reading Disability.

Annals of Dyslexia, 49(1). doi: 10.1007/s11881-999-0019-8

Befring, E. (2007). *Forskningsmetode med etikk og statistikk*. Oslo: Det Norske Samlaget

Bjerkan, K (2005) Fonologi. I, Kristoffersen et.al (2005). *Språk en*

grunnbok. Oslo: Universitetsforlaget

Brunswick, N., McCrory, E., Price, C., Frith, C., Frith, U. (1999).

Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexic. A search for Wernicke's Wortschatz.

Brain, 122, 1901-1917

British Dyslexia Association (2009). *The British Dyslexia Association Welcomes Rose Review*. Hentet 12. Februar 2014, fra

<http://www.bdadyslexia.org.uk/news/rose-review.html>

Bråten, I. (2007) *Leseforståelse. Lesing i Kunnskapssamfunnet-teori og praksis*. Oslo: Cappelen akademisk forlag

Coerly, R.P., Hewitt, J.K., Pennington, B., Rhee, S.H., Willcut, E.G. (2005).

Testing Hypothesis Regarding the Causes of Comorbidity: Examining the Underlying Deficits of Comorbid Disorders.

Journal of Abnormal Psychology, 114(3). doi: 10.1037/0021-843X.114.3.346

Cohen, L., Dehane, S., Cochon, F., Lehericy, S., Naccache, L. (2000).

Language and calculation within the parietal lobe. A cognitive, anatomical fMRI study.

Neuropsychologia, 10(1) Doi: 10.1016/S0028-3932(00)00038-5

Dale, P.S., Harlaar, N., Haworth, C.M.A., Kovas, Y., Petrill, S.A., Plomin, R. (2007).

Overlap and specificity of genetic and environmental influences on mathematics and reading disability in 10-year-old twins.

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 48(9). doi: 10.1111/j.1469-7610.2007.01748.x

Dale, P.S., Harlaar, n., Haworth, C.M.A., Kovas, Y., Plomin, R., Thomas, M.E. (2009).

Generalist genes and learning disabilities: a multivariate genetic analysis of low performance in reading, mathematics, language, and general cognitive ability in a sample of 8000 12-year-old twins.

Child Psychology and Psychiatry, 50(10). doi: 10.1111/j.1469-7610.2009.02114.x

DeFries, J.C., Duncan, L., Keenan, J.M., Pennington, B., Olson, R.K., Smith, S.D., Wadsworth, S., Willcutt, E.G. (2010).

Understanding the Complex Etiologies of Developmental Disorders: Behavioral and Molecular Genetic Approaches.

Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 31(7). doi: 10.1097/DBP.0b013e3181ef42a1

Dirks, E., Lieshout, E., Spyer, G., Sonnevile, L. (2008, September/oktober).

Prevalence of combined Reading and Arithmetic Disabilities.

Journal of Learning Disabilities, 41(5). doi: 10.1177/0022219408321128

Dyck, M.J., Hay, D., Anderson, M., Smith, L.M., Piek, J., Hallmayer, J. (2004).

Is the discrepancy criterion for defining developmental disorders valid?

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45(5) Doi: 10.1111/j.1469-7610.2004.t01-1-00290.x

Fletcher, J.M.G.R., Fuchs, L.S., Barnes, M.A. (2007). *Learning Disabilities. From Identification to intervention*. New York: The Guildford Press

Frost, J. (2003) *Prinsipper for god leseopplæring*. Oslo: Cappelen Akademisk forlag

Geary, D.C .(1993).

Mathematical disabilities.Cognitive, neuropsychological and genetic components.

Psychological Bulletin, 114(2) Doi: 10.1037/0033-2909.114.2.345

Gelso,C.J.Fretz, B.R.(2001)*Counseling Psychology*. Forth Worth, Tex: Harcourt College Publishers

Gough,P.B.,Tunmer,W.E.(1986).

Decoding reading and reading disability.

Remedial and special education, 7(1), hentet 25.Oktober,2012, fra

<http://rse.sagepub.com/search/results?fulltext=gough+and+tunmer&submit=yes&journalset=sprse&src=selected&andorexactfulltext=and&x=0&y=0>

Griffin ,S.(2003). The development of math competence in the preschool and early school years. I, Royer.James,M. *Mathematical Cognition*. Greenwich Conneticut: Information Age Publishing

Hanich,l.B., Jordan,N.C.,Kaplan,D., Dick,J.(2001).

Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties.

Journal of Educational Psychology, 93(3) Doi: 10.1037/0022-0663.93.3.615

Hitch, G., Lewis,C., Walker,P. (1994, februar).

The Prevalence of Specific Artihmetic Difficulties and Spesific Reading Difficulties in 9- to 10-year-old Boys and Girls.

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35 (2). doi: 10.1111/j.1469-

Hecht, S.A., Torgeson, J.K., Wagner, R., Rashotte, C. (2001).

The relationship between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study of second to fifth grades.

Journal of Experimental Child Psychology, 79(2). doi: 10.1006/jecp.2000.2586

Helsetilsynet (2000). *ICD-10. Psykiske lidelser og atferdsforstyrrelser. Kliniske beskrivelser og diagnostiske retningslinjer*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag

Holm, M. (2002). *Opplæring i Matematikk: For elever med matematikkvansker og andre elver*. Oslo: Cappelen Akademisk Forlag.

Høyen, T., Lundberg I. (2012). *Dysleksi. Fra teori til praksis*. Oslo: Gyldendal Akademisk Forlag

Hulme, D., Snowling, M. (2011). *Reading and other Specific Learning Difficulties. I,*

Hulme, D., Snowling, M. (2009) *Developmental Disorders of Language Learning and Cognition*. United Kingdom: Wiley Blackwell

Jordan, J.A., Wylie, J., Mulhern, G. (2010).

Phonological awareness and mathematical difficulty: A longitudinal perspective.

British Journal of Developmental Psychology, 28(1). doi: 10.1348/026151010X485197

Kleven, T.A. (2002). *Innføring i Forskningsmetodologi*. Oslo: Unipub A/S

Kovas, Y., Plomin, R. (2007, oktober).

Learning Abilities and Disabilities: Generalist Genes, Specialist Environments.

Current Directions in Psychological Science, 16 (5). doi: 10.1111/j.1467-

8721.2007.00521.x

Landerl, K., Bevan, A., Butterworth, B. (2004).

Developmental dyscalculia and basic numerical capacities : A study of 8-9 year old students.

Cognition, 93(2). doi : 10.1016/j.cognition.2003.11.004

Landerl, K., Moll, K. (2010, mars).

Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission.

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51 (3). doi: 10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x

Hitch, G., Lewis, C., Walker, P. (1994).

The Prevalence of Specific Arithmetic Difficulties and Specific Reading Difficulties in 9- to 10-year-old Boys and Girls.

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 35 (2). doi: 10.1111/j.1469-7610.1994.tb01162.x

Lyon, G.R., Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A. (2003)

A definition of Dyslexia.

Annals of Dyslexia, 53(1). doi : 10.1007/s11881-003-0001-9

Lyster, S.A.H. (2011) *Å lære å lese og skrive*. Oslo : Gyldendal Akademisk Forlag

Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T., Kulju, P., Laakso, M., Leiwo, M., Lyytinen, P., Poikkeus, A., Richardson, U., Torppa, A.M., Viholainen, H. (2004).

Early development of children at familial risk for dyslexia : follow-up from birth to school age.

Dyslexia, 10(3), doi : 10.1002/dys.274

Martinson,T.,Thompson,J.(2006) *Matematikkleksikon*.Oslo :Kunnskapsforlaget Aschehoug og Co A/S

Melbye Lervåg, M. (2012)

Arv, Miljø og Dysleksi :Metoder, hovedfunn og implikasjoner for praksis. I,
Forskningdelen i fagbladet Spesialpedagogikk, hentet 12.Februar 2014, kl.10.40, fra

http://www.utdanningsforbundet.no/upload/Tidsskrifter/Specialpedagogikk/Nr_2_Fagfellevurdert_Melby-Lervag.pdf

Moats,L.(1995) *Spelling.Development, disabilities and instruction*. Baltimore MD : York Press

Neale,M.J.,McArdle,J.J.(2000).

Structured latent growth curves for twin data.

Twin Research ,3 (3.) doi : <http://dx.doi.org/10.1375/twin.3.3.165>

Ostad, S.A.(2010) *Matematikkvansker. En forskningsbasert tilnærming*. Oslo :Unipub

Pawson, R. (2006). *Evidence- Based Policy : A Realist Perspective*. London :SAGE Publication Ltd

Pennington,B.,Filipek,P.A.,Lefly,D.,Chhabildas,N.,Kennedy,D.N.,Simon,J.H.,Filley,C.M.,Galaburda,A.,DeFries,J.C. (2000).

A twin MRI study of size variations in the human brain.

Journal of Cognitive Neuroscience, 12(1). doi : 10.1162/089892900561850

Pennington,B(2002) *The development of pshychopathology-nature and nurture.*

London :Taylor & Francis Books

Pennington, B. Rhee, S.H.,Willcut,E.(2005).

Analyzing Comorbidity.

Advances in Child Development and Behaviour,33. doi : 10.1016/S0065-

2407(05)80010-2

Poelmans,G.,Buitelaar,J.K.,Pauls,D.L.,Franke,B.(2011).

A theoretical molecular network for dyslexia.Integrating available genetic findings.

Molecular Psychiatry, 16(4). doi : 10.1038/mp.2010.105

Refsahl, Vigdis (2012). *Når lesing er vanskelig.Leseopplæring på grunnleggende nivåer for unge og voksne.* Latvia: Cappelen Damm

Robinson,C.,Menchetti,B.,Torgesen,J.(2002).

Toward a two-factor theory of one type of mathematics disabilities.

Learning Disabilities Research and Practice, 17(2).doi: 10.1111/1540-5826.00035

Rose, S.J. (2009).

The Rose Review. Hentet 15.Oktober.2012, fra

<http://www.bdadyslexia.org.uk/news/rose-reviews.html>

Rutter,M. Maughan,B.(2005).

Dyslexia; 1965-2005.

Behavioral and Cognitive Psychotherapy. 33(4), doi: [10.1017/S1352465805002316](https://doi.org/10.1017/S1352465805002316)

Rutter,M. (2006) *Genes and Behavior-Nature-nuture interplay explained*. Oxford: Blackwell Publishing

Rutter,M.Taylor,E..(2011) *Clinical Assessment and Diagnostic Formulation*. I ,

Rutter,M.Bishop,D.Pine,D.Scott,S.Stevenson,J.Taylor,E.Thapar,A. *Rutter`s Child and Adolescent Psychiatry 5th ed*. USA: Wiley Blackwell

Scarborough H.S. (1990).

Very Early Language Deficits in Dyslexic Children.

Child Development, 61(6). doi: 10.1111/j.1467-8624.1990.tb03562.x

Siegel,L.S.(2009) Remediation of reading difficulties in English-language learning students. I,

Pugh,I.K.McCradle,P(red. .) *How children learn to read*. New York: Psychological Press

Simmons,F.R., Singleton,C.(2007).

Do Weak Phonological Representations Impact on Arithmetic Development? A

Review of Research into Arithmetic and Dyslexia.

Dyslexia, 14(2). doi: 10.1002/dys.341

Snowling,M.J.(1996).

Annotations: Contemporary approaches to the teaching of reading.

Journal of Child Psychology and Psychiatry, 37 (2). doi: 10.1111/j.1469-7610.1996.tb01385.x

Snowling, M.J. (2000) *Dyslexia*, second edition. United Kingdom: Blackwell Publishing

Snowling, M.J. Gallagher, A. Frith, U. (2003).

Family Risk of Dyslexia Is Continuous: Individual Differences in the Precursors of Reading Skill

Child Development, 74(2), doi: 10.1111/1467-8624.7402003

Sousa, D.A. (2005). *How the Brain Learns to Read*. California: Corwin Press a Sage Publications Company

Statens Helsetilsyn (2000). *ICD-10. Psykiske Lidesler og Atferdsforstyrrelser. Kliniske Beskrivelser og Diagnostiske retningslinjer*. Oslo: Gyldendal Akademisk Forlag

Stromswold, K. (2001).

The Heritability of language. A review and meta-analysis of twin, adoption and linkage studies.

Language 77(4) Doi: 10.1353/lan.2001.0247

Swanson, H.L., Jerman, O. (2006).

Math Disabilities: A Selective Meta-analysis of the Literature.

Review of Educational Research, 76 (2) doi: 10.3102/003465076002249

Swanson, H.L., Sachse-Lee, C. (2001).

Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important.

Journal of Experimental Child Psychology, 79(3). doi: 10.1006/jecp.2000.2587

Sweet, A.P., Snow, C.E. (2003) *Rethinking Reading Comprehension*. New York: Guilford Press

Velluntino, F.R. (2003) Individual Differences as Source of Variability in Reading Comprehension in Elementary School Children. I, Sweet og Snow (red.) (2003) *Rethinking Reading Comprehension*. New York: Guilford Press

Vygotskij, L.S. (1978). *Mind in Society. The development of Higher Psychological Processes*. Massachusetts: Harvard University Press

Wadsworth, S.J., Defries, J.C., Olson, R.K., Willcut, E.G. (2007).

Colorado Longitudinal Twin Study of Reading Disability.

Annals of Dyslexia, 57(2) Doi: 10.1007/s11881-007-0009-7

Wolf, M.S., Gottwald, W., Galante, E., Norton, L., Miller (2009) How the origins of the reading brain instruct our knowledge of reading intervention. I, Pugh, I.K. og P. McCauley (red). *How Children learn to read* (2009). New York: Psychology Press

Wynn, K. (1992) Children's acquisition of number words and the counting system.

Cognitive Psychology, 24(2) Doi: 10.1016/0010-0285(92)90008-P

Xu, F., Spelke, E.S. (2000) Large number discrimination in 6-month-old infants.

Cognition, 74(1), Doi: 10.1016/S0010-0277(99)00066-9

Xu, F., Spelke, E.S., Goddard, S. (2005). Number sense in human infants.

12

[Følg instruksene ditt fakultet/institutt har for skriving av litteraturlister]

Vedlegg