STUDENT: **DENNIS SKILBRED FJELD**
VEILEDER: ÅSMUND LILLEVIK GJÆRE

Matematikkangst og brøksammenligning: En korrelasjonsstudie

Masteroppgave i matematikk

År: 2023/2024

Grunnskolelærerutdanning for trinn 5-10

Institutt for grunnskolelærerutdanning

Universitetet
i Stavanger

Antall ord: 22 104

Antall vedlegg/annet: 1

EMNEORD: Matematikkangst, brøksammenligning, kvantitativ, korrelasjoner, arbeidsminne

Sammendrag

Matematikkangst har gjennom en rekke forskning blitt forbundet med lavere prestasjoner i faget. En mulig begrunnelse for denne forbindelsen er at det forstyrrer arbeidsminnet, som kan gjøre det vanskeligere for individet å lære seg matematikk. Mange matematiske temaer kan tas med i en diskusjon rundt hva som er vanskelig å lære seg, men brøk er et tema jeg fant ekstra interessant i dette tilfellet. Brøk introduseres for elever i tidlig skolegang, og dette temaet krever at en ser på tall på en helt annen måte enn bare heltall. Dette har vekket en interesse hos meg i å finne ut hvorvidt elever med høyere grad av matematikkangst, klarer å sammenligne brøksstørrelser like godt som andre. I min masteroppgave har jeg testet om elevers grad av matematikkangst har en korrelasjon med deres variasjon av strategier og nøyaktighet i sammenligning av brøkmengder. Det ble gjennomført kvantitativ testing i flere ungdomsskoleklasser, der elevene besvarte spørsmål om ulike opplevelser i møte med matematikk. Videre i undersøkelsen besvarte de oppgaver som utfordret deres kunnskap om brøksstørrelser. Mine resultater viste at matematikkangst hadde en negativ korrelasjon med både nøyaktighet og variasjon av strategier brukt i arbeid med brøksammenligning. Jeg diskuterer mulige forklaringer på at faktorene kan ha en reell sammenheng, fra et teoretisk grunnlag.

Abstract

Mathematics anxiety has been associated with lower performance in the subject through a series of research. One possible explanation for this association is that it disrupts working memory, which can make it harder for individuals to learn mathematics. Many mathematical topics can be included in a discussion about what is difficult to learn, but fractions are a topic I found particularly interesting in this case. Fractions are introduced to students in early schooling. It is a concept that requires looking at numbers in a completely different way than just integers. This has sparked an interest in me to find out whether students with higher levels of math anxiety are able to compare fraction sizes as well as other students. In my master's thesis, I have tested whether students' level of math anxiety correlates with their variation of strategies and accuracy in comparing fractional quantities. Quantitative testing was conducted in several middle school classes, where students answered questions about various experiences with mathematics. Furthermore, in the survey, they answered tasks that challenged their knowledge of fraction sizes. My results showed that math anxiety had a negative correlation with both accuracy in their work, as well as the variation of strategies used. Possible explanations for the variables having a real connection are discussed from a theoretical basis.

Matematikkangst og brøksammenligning: En korrelasjonsstudie

Innhold

Forord

Denne oppgaven er en avsluttende del av det femårige utdanningsløpet for grunnskolelærer 5.-10. trinn. I to år har tematikken i denne oppgaven vært interessant for meg. Det har vært gøy å endelig få skrive denne masteroppgaven, og jeg gleder meg til å kunne få presentere den for andre. Det har vært en tøff prosess å skrive master, med en god variasjon av utfordringer. Dette har ført til at jeg har lært mye, og sitter igjen med en god erfaring. Det å skrive masteroppgave er en tidkrevende prosess. Det tok meg mer tid enn jeg først hadde sett for meg. Av den grunn gir jeg meg selv et klapp på skulderen for at jeg ikke utsatte å begynne på den.

Jeg ønsker først av alt å takke min veileder, Åsmund Lillevik Gjære. Han har vist engasjement i oppgaven min fra dag én, og har hjulpet meg mye underveis i skriveprosessen. Jeg har fått mange gode råd og tips. I tillegg har jeg blitt gitt flere små tidsfrister i løpet av semesteret, som har sikret at jeg har holdt meg mer eller mindre på tidsskjemaet. Jeg vil si takk til Arne Jakobsen, som har hjulpet meg med å lettere forstå SPSS og kvantitativ metode. Takk til studievenner som har møtt opp og diskutert ideer rundt oppgavene våre. Jeg har fått mange innspill som har hjulpet med refleksjon og sammensetting av hele oppgaven. En stor takk går også til min kjære samboer, hun har alltid ønsket å lytte til meg og er en fantastisk lagspiller. Jeg vil ellers gi en stor takk til familie og venner for at de stiller opp, og har heiet på meg gjennom hele dette semesteret.

Jeg går nå mot slutten av lærerutdanningen, og det må jeg si at jeg har blandede følelser om. Jeg sitter igjen med veldig mange gode minner, og er helt utrolig glad for at jeg har gjennomført. Fem år med lærerutdanning er lenge, og jeg har i det siste kjent på at det skal bli godt å ha det overstått. Likevel vet jeg at det er mange gode mennesker jeg kommer til å savne, og minner som jeg dessverre ikke kan hoppe tilbake i tid for å oppleve på nytt. Det er viktig å alltid sette pris på det som gjelder her og nå, og jeg er fornøyd med å endelig kunne begynne å utøve profesjonen jeg har utdannet meg innen. Jeg håper du som leser min oppgave liker den, og synes at tematikken er interessant.

1. Innledning

1.1. Bakgrunn for valg av tema

Etter min egen erfaring fra skolen var brøk et begrep jeg fikk dannet en naturlig forståelse for relativt fort. Ikke alle opplevde det slik. Flere opplevde matematikk som et forståelig fag de første årene, men fikk store utfordringer når brøk begynte å bli et viktig tema. Disse klassevennene mine som ikke fant særlig forståelse innen brøk, endte heller ikke opp med å ha et veldig sterkt forhold til matematikk senere i livet. Derimot viste de interesse i å komme seg videre i matematikkfaget med minst mulig innsats. De unngikk å delta i matematiske diskusjoner i undervisning som krevde forståelse, og fant sine metoder for å unngå matematisk tenkning.

Det at flere av klassekameratene mine mistet mestringsfølelsen i matematikk etter møtet med brøk, kan muligens gjenspeiles i en rekke forskningsstudier. Det er flere funn som viser at brøk er en viktig predikator for senere matematisk utvikling. Elever introduseres til brøk allerede i tidlig alder, men det skaper utfordringer hos mange. Matematiske kunnskaper i tidlig skolegang er først og fremst den egenskapen hos elever, som predikerer aller best deres senere læring (Duncan et al., 2007, s. 16). Elever som ikke henger med i tidlig alder, har også en tendens til å ha denne utfordringen senere. Kunnskap om brøk er spesielt knyttet til forhåndskunnskaper om løsning av ligninger og koding av likningsegenskaper (Booth et al., 2013). En annen undersøkelse av Siegler (2012) hadde som mål å identifisere hvilke typer matematisk innholdskunnskap som var mest prediktive for elevenes langsiktige læring i faget. Resultatet viste at grunnskoleelevers kunnskap om brøk og divisjon unikt forutsier disse elevenes kunnskap om algebra og generelle matematikkprestasjoner på videregående skole (Siegler, 2012).

Kunnskap om brøk anses viktig for fremtidig læring innen matematikkfaget. Matematisk kunnskap kan deles inn i prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap. Prosedyrebasert kunnskap betyr kunnskap om formler og prosedyrer for å regne ut. Begrepskunnskap betyr evnen til å se sammenhenger og å forstå meningen bak ulike begreper (Khashan, 2014). Disse to formene for kunnskap innen matematikk, spiller viktige roller når en lærer om brøk. Brøk og rasjonale mengder er et matematisk tema som barn har en grunnleggende forståelse for allerede før de starter på skolen. De løser ikke-symbolske beregninger, viser noe forståelse av det ved lik deling, og viser også en tidlig forståelse av proporsjonalitet og inndeling (Jordan et al., 2016). Likevel er det mange misoppfatninger som gjentar seg hos elever, og dette er en stor bekymring innen forskningsfeltet matematikkdidaktikk (Purnomo et al., 2022). I deres artikkel samlet de data etter testing av 56 elever på 5. trinn. De fant at barns kunnskap om brøk var sterkt preget av prosedyrebasert kunnskap, og svakere preget av begrepskunnskap. En annen utfordring elever ofte møter på, er det å forstå brøk som en rasjonal mengde (Kilpatrick et al., 2001).

Et annet tema som forskere er bekymret over, er matematikkangst. Ifølge Dowker et al. (2016) er matematikkangst svært utbredt, og et betydelig problem. Matematikkangst kan ha en negativ påvirkning på elevers arbeidsminne (Ramirez et al., 2018). Når arbeidsminnet forstyrres, vil det ofte lede til at elevers prestasjoner reduseres. Noe annet som også har blitt funnet, er at matematikkangst har en negativ korrelasjon med begrepsforståelse og prosedyrebasert forståelse om brøk. Rayner et al. (2009) gjennomførte en studie på lærerstudenter der studentenes nivå av matematikkangst ble veid opp mot deres kunnskap om brøk, både begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap. Deres resultater viste en negativ korrelasjon mellom matematikkangst, og prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap om brøk.

Sidney et al. (2018) undersøkte om det var korrelasjoner mellom matematikkangst og egenskaper innen sammenligning av brøkstørrelser. Resultatene deres viste at voksne mennesker med høyere grad av matematikkangst, hadde generelt lavere grad av nøyaktighet i arbeidet sitt. De stilte en hypotese om at høyere grad av matematikkangst ville ha en negativ korrelasjon med variasjonen i deres bruk av strategier i brøksammenligning. Denne hypotesen stemte ikke overens med resultatene dem fikk, da disse ikke hadde en negativ korrelasjon. Jeg fant spørsmålet rundt sammenheng mellom disse tre variablene ekstra interessant, i min søken etter problemstilling. Brøksammenligningsoppgaver virker å utfordre matematikeren til å tenke selvstendig. Jeg forestiller meg at repertoaret av strategier kan være enormt. Særlig virket disse spesifikke typene oppgaver interessant å lære mer om, etter å ha lest forskning om begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap innen matematikk.

Sidney et al. (2018) sine resultater viser oss en negativ korrelasjon mellom kandidaters matematikkangst og nøyaktigheten i arbeid med brøk. De tester også om det er en korrelasjon mellom matematikkangst og variasjon av strategibruk i brøksammenligningsoppgaver. I deres undersøkelse var kandidatene voksne mennesker, i USA. I min masteroppgave vil jeg teste om denne samme korrelasjonen finnes mellom norske ungdomsskoleelevers grad av matematikkangst, og de samme variablene knyttet til deres arbeid med brøksammenligningsoppgaver. Med resultatene jeg får fra en slik test, vil jeg kunne spekulere videre rundt om matematikkangst har en negativ sammenheng med elevers prestasjoner innen temaet brøk. Vi vet at brøk er et såpass viktig begrep å lære seg for å tilrettelegge langsiktig suksess i matematikkfaget. Derfor virker det fornuftig at det tas høyde for ulike utfordringer elever kan oppleve å ha rundt det.

1.2. Problemstilling

Oppgaven vil ønske å svare på to forskningsspørsmål:

- Finnes det en negativ korrelasjon mellom norske ungdomsskoleelevers matematikkangst og nøyaktigheten i deres arbeid med brøksammenligning?

- Finnes det en negativ korrelasjon mellom norske ungdomsskoleelevers matematikkangst og deres variasjon i bruk av strategier i arbeid med brøksammenligning?

Jeg ønsker å gjennomføre denne undersøkelsen fordi jeg synes den dekker flere viktige temaer. Brøk er et viktig tema fordi det er en stor del av en elevs matematiske utvikling. Matematikkangst har nylig vekket oppsikt hos flere, men vi er ikke utlærte (Dowker et al., 2016). Det er en tilstand som viser seg å være gjeldende hos mange elever. Likevel er det sannsynligvis mange lærere og foreldre som kan være mer oppmerksomme på det. Ut ifra hva en rekke forskningsresultater sier, har jeg en mistanke om at disse to temaene kan ha en sammenheng. Sammenhengen mellom disse to viktige temaene har allerede blitt forsket på med voksne mennesker i USA. Det har ellers ikke blitt undersøkt i tilstrekkelig grad hos ungdomsskoleelever i Norge. Jeg håper at mine resultater kan være et relevant tilskudd innen forskning i feltet. I tillegg håper jeg at min forskning kan være relevant for matematikklærere, eller for foreldre til barn som har symptomer for matematikkangst. Hvis matematikkangst har en negativ samvariasjon med elevers evne til å lære om brøk, bør ikke dette bli oversett.

I denne oppgaven vil jeg benytte meg av kvantitativ metode, og det har sine begrensinger. Resultatene i denne studien kan ikke si noe om konteksten rundt ulike elever med matematikkangst, kun hvorvidt denne korrelasjonen finnes. Med denne oppgaven kommer jeg ikke til å konkludere med noen spesifikke sammenhenger mellom brøksammenligning og matematikkangst. Jeg kommer ikke til å fokusere på hva som er effektive tiltak for å tilrettelegge brøkundervisning for elever med matematikkangst. Det vil heller ikke bli rettet noe fokus på lærerne eller deres undervisningsmetoder, da det kun er elever som gjennomgår undersøkelsen. Videre vil jeg forklare noen begreper som spiller en viktig rolle i denne studien.

1.3 begrepsavklaring

Temaet «brøk» spiller en viktig rolle i min oppgave. I norsk uttale brukes ordet brøk til å betegne en spesifikk representasjon av rasjonale mengder. Det innebærer en teller og en nevner som skilles av en brøkstrek, og et eksempel på en brøk er $\frac{1}{4}$. I det engelske språket brukes ordet «fraction» til å betegne alle former for rasjonale mengder. Derfor kan også andre representasjoner av rasjonale mengder regnes som det de kaller «fraction», f. eks desimaltall og prosent. Likevel oversettes ordet «fraction» til «brøk» på norsk. Ettersom jeg presenterer teori der forfatterne omtaler det som på engelsk er «fraction», forsøker jeg etter beste evne å tydeliggjøre denne forskjellen.

Det vil være noen andre begreper jeg bruker i denne oppgaven som kan behøve avklaring. Ofte vil jeg snakke om «grad av matematikkangst». Grunnen til at det passer seg best å si det i denne konteksten, er fordi matematikkangst er noe som måles. Fra perspektivet som matematikkangst blir presentert i denne oppgaven, er det ikke noe et individ enten «har», eller «ikke har». Det blir heller sett på som noe en kan måle hvor mye en har, basert på ulike måleinstrument. Angst er et forholdsvis intenst begrep, og jeg ønsker ikke å definere hvem som opplever eller ikke opplever en slik lidelse i møte med matematikk. Uttrykket er noe som måles i denne sammenheng, for å finne ut til hvorvidt elevene opplever visse former for ubehag i møte med matematikk. Det blir derfor mer passende å bruke «grad av matematikkangst» for å omtale det, og jeg kommer ikke til å følge en gradering som definerer hvem som har det eller ikke. Derfor kommer jeg heller ikke til å skille «elevene med matematikkangst» og «elevene uten matematikkangst» fra hverandre. En kandidats grad av matematikkangst kan være høyere eller lavere enn noen andres, og den vil bli lagt sammen med deres *strategivariasjon* og *nøyaktighet*. Begrepet strategivariasjon handler om hvor mange ulike strategier som blir tatt i bruk for å sammenligne brøkstørrelser. Jo flere ulike strategier kandidaten bruker, desto høyere strategivariasjon. Nøyaktigheten måles gjennom oppgaver som utfordrer kandidaten i brøksammenligning. Her blir det målt antall riktige svar, i forhold til antall mulige riktige svar på undersøkelsen. Høyere nøyaktighet betyr flere riktige svar.

2. Teori og forskning

2.1. Introduksjon

I dette kapittelet vil jeg presentere teoretisk bakgrunn og resultater fra forskning som er relevant for undersøkelsen og resultatene i denne oppgaven. Først gjennomgår jeg litt generelt om matematikkangst. Denne delen handler om hva som er blitt funnet ut om matematikkangst gjennom resultater fra tidligere forskning. Den handler også om hva som ikke har blitt funnet, og om hvor utbredt det er. Jeg vil deretter greie ut om ulike faktorer som kan årsake matematikkangst. Jeg vil også forklare hvilke effekter matematikkangst har på elever, både hvordan det påvirker arbeidsminnet, prestasjoner i faget og generell intelligens.

Senere i dette kapittelet forklarer jeg hva som er forskjellen på prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap. Disse formene for kunnskap kan påvirkes forskjellig, og spille ulike roller for et individ med matematikkangst. I siste delen vil det handle om brøk. Jeg vil forklare brøkbegrepet fra flere viktige perspektiver, som en bør forstå for å kunne løse forskjellige typer oppgaver som inneholder brøk. Deretter vil det bli forklart hvorfor brøk er såpass vanskelig for mange å lære seg. Helt til slutt vil det handle om strategier som kan benyttes for å sammenligne brøkstørrelser.

2.2. Matematikkangst

Begrepet *matematikkangst* er forholdsvis direkte, og det er lett å anta hva det kan handle om. En vil fremfor alt anta at matematikkangst handler om en følelse av angst, i møte med faget matematikk. Angst defineres ifølge SNL som «en følelse av uro, anspenthet og nagende forventning om at noe farlig kan hende, eller en overdreven fryktreaksjon på en hendelse» (Skre, 2024). Det finnes ulike definisjoner for matematikkangst, og de fleste assosieres med ulike former for ubehag tilknyttet matematikk. Matematikkangst defineres av Richardson og Suinn (1972) som «følelser av frykt, spenning eller uro som kan hindre prestasjon i matematikk» (Richardson & Suinn, 1972, s. 1). Statped har en forholdsvis lignende definisjon på matematikkangst, nemlig «opplevelse av frykt, engstelse og stress i møte med matematikk» (Statped, [2023]). En annen definisjon som har blitt brukt er «følelsen av anspenthet, hjelpeløshet, angst, panikk, inkompetanse, lammelse og mental forvirring som oppstår når en person er nødt til å utføre en operasjon med tall eller løse et matematikkproblem» (Deringöl, 2022, s. 12). Alle disse definisjonene beskriver et ubehag rundt matematikk, og de fleste andre definisjoner på matematikkangst fokuserer også på dette. I denne oppgaven velger jeg å benytte Richardson og Suinn (1972) sin definisjon. Denne virker mest relevant for oppgaven, da denne definisjonen også er fokusert på at matematikkangst påvirker elevens prestasjon. I tillegg mener jeg den egner seg best fordi deres MARS-test vil være et viktig rammeverk i min undersøkelse.

2.2.1. Hvilke funn har blitt gjort om matematikkangst, og hvilke gjenstår? Hvor utbredt er det?

Det finnes allerede en god del forskning rundt matematikkangst. Blant annet har forskning vist hvordan matematikkangst påvirker matematiske prestasjoner, dets utbredelse, påvirkende faktorer for det og hvordan en kan måle noens grad av matematikkangst. Selv om det er gjort mange funn, er det mye som gjenstår å finne ut (Dowker et al., 2016). Dowker et al. (2016) etterlyser at videre forskning retter seg mot korrelasjoner mellom ulike aspekter, heller enn å rette forskningen spesifikt mot et aspekt. Her bruker de blant andre eksempler som sammenhengen mellom de sosiale aspektene og de nevrale aspektene (Dowker et al., 2016).

Et viktig spørsmål om matematikkangst er dets utbredelse, og dette er det gjort mange estimater for å forsøke å finne ut av. Det er høy variasjon i resultatene om hvor stor andel av elever som har høy grad av matematikkangst. Johnston Wilder et al. (2014) fant at så høyt som 30 % av elever i en elevgruppe hadde høy grad matematikkangst, og påfølgende 18 % hadde påvist matematikkangst i en lavere grad. Chinn (2009) sine resultater viser noe litt annet, da resultatene viste at 2-6 % av elevene som ble testet hadde høy grad av matematikkangst. Selv hvis vi bruker de laveste estimatene, er det uansett et problem av høy betydning (Dowker et al., 2016). PISA-undersøkelsen 2022 bekrefter at matematikkangst er et gjeldende problem. Her er et av hovedfunnene i Norge at andelen elever som opplever matematikkangst har økt siden 2012. Undersøkelsene fra 2022 viste at hele 52 % av elever var bekymret over at de ikke skulle klare seg i matematikk. Statistikken viser at 36 % av norske elever føler seg nervøse når de jobber med matematikkoppgaver, og at 43 % føler seg hjelpeløse. Hele 64 % mener at de er redde for å få dårlige karakterer i faget (Universitetet i Oslo, 2022).

2.2.2. Måling av matematikkangst

For å finne ut om noen har betydelig grad av matematikkangst, må det måles. Skriftlige måleinstrumenter har blitt utviklet helt siden 1960-tallet, men Richardson og Suinns (1972) «Mathematics Anxiety Rating Scale» (MARS-testen) var første testen som var spesifikt designet for å måle matematikkangst (Cipora et al., 2019). Den originale MARS-testen består av hele 98 spørsmål, som omhandler kandidatens opplevelse av både hverdagslige og akademiske situasjoner. Kandidaten som deltar i testen, skal besvare om disse situasjonene er ubehagelige for dem, i form av stress, anspenthet eller lignende. Hvorvidt kandidatene finner det ubehagelig eller ikke, rangeres på en ordinalskala fra 1-5. 1 betyr så å si ingen ubehag, og

5 betyr svært ubehagelig. Under analyse av resultater legges disse tallene sammen for en total sum for hver kandidat. Jo høyere total-sum, desto høyere grad av matematikkangst har kandidaten (Richardson & Suinn, 1972).

Med hele 98 spørsmål vil gjennomføringen være uønsket tidskrevende å gjennomføre for enhver kandidat. En rekke forskere har siden forsøkt å forkorte denne testen, uten at den mister sin psykometriske verdi (eks. Hopko et al., 2003; Hunt et al., 2011). Suinn, som selv laget den originale MARS-testen i 1972, laget i 2003 en forkortet variant sammen med Winston. Denne testen er kortet ned til 30 spørsmål, med en fortsatt god kombinasjon av spørsmål om kandidatens opplevelser rundt matematikk i det hverdagslige og det akademiske. Deres validitetsdata bekrefter at denne forkortede testen er sammenlignbar med deres originale 98-spørsmålstest (Suinn & Winston, 2003).

2.2.3. Hva kan forårsake matematikkangst?

Matematikkangst er en tilstand mange elever opplever. Videre vil jeg gjennomgå hva forskning sier at matematikkangst kan stamme fra. I forskningsfeltet er det flere som har undersøkt ulike påvirkende faktorer.

Brewster og Miller (2023) har laget en liste over faktorer som påvirker matematikkangst. Den første faktoren er den *kognitive/følelsesmessige faktoren*. Denne faktoren handler om samspillet mellom arbeidsminnet (den kognitive dimensjonen) og den emosjonelle dimensjonen av et individs mentale tilstand. Når individet opplever angst eller bekymring for matematikk resulterer det i matematikkangst, som videre begrenser individets arbeidsminne. Den *sosiokulturelle faktoren* er en annen faktor Brewster og Miller (2023) beskriver. Dette omhandler samfunnets oppfatninger, kjønnsstereotyper og kulturelle påvirkninger på individets nivå av matematikkangst. I tillegg kan matematikkangst ha en *genetisk faktor*, som betyr at individets genetiske sammensetning har en påvirkning på deres mottakelighet for matematikkangst.

Statped (2023) har også en liste over årsaker til matematikkangst. Ifølge Statped (2023) kan matematikkangst inndeles i fire kategorier. *Undervisning* er den første kategorien. Matematikkundervisning som er preget av pugging av formler, kan være mer fremkallende for matematikkangst. Andre typer undervisning som er mer sentrert rundt utforskning og kreativ undervisning, og mindre rundt hva som er rett eller galt, kan oppleves mindre angstfremkallende (Statped, 2023). Neste kategori er *erfaringer*. Noen elever har færre mestringsopplevelser rundt matematikk, og opplever ofte å mislykkes til tross for høy innsats.

Dette kan skape negative reaksjoner og erfaringer, som kan videre påvirke elevens følelser i møte med matematikk. Slike erfaringer leder ofte til svak forståelse, og høy frustrasjon (Statped, 2023). *Holdninger* er neste faktor. Noen ganger har eleven en holdning som setter et dårlig utgangspunkt for å lære matematikk. Kanskje hevder elevene at de ikke har «mattehjerne», og dette rettferdiggjør dårlig innsats fra deres perspektiv (Statped, 2023). Til slutt omtales *genetiske faktorer*. Noen har genetisk høyere sårbarhet for psykiske lidelser som angst. Særlig hvis denne sårbarheten kombineres med de øvrige faktorene, kan eleven fort utvikle matematikkangst (Statped, [2023]).

Ramirez et al. (2018) fremhever tre hovedpunkter fra tidligere forskning, i tillegg til at de gir oss innblikk i det som kalles «interpretation account». Av tidligere forskning er det første punktet deres *svakere ferdigheter i matematikk.* Det andre punktet er *genetisk utgangspunkt.* Noen barn er mer sårbare for å kunne utvikle matematikkangst enn andre. Det er derfor viktig å forstå andre kulturelle og sosiale faktorer for hvordan en elevs matematikkangst skal kunne forhindres eller forverres. *Sosiokulturelle faktorer* er den tredje kategorien for påvirkende faktorer, og deriblant er tidligere opplevelser i matematikk en viktig del. Mange voksne med matematikkangst rapporterer at de føler negativt om matematikk pga dårlig opplevelse fra matematikkundervisning. Deres opplevelse med matematikk var at læreren hadde et overveldende fokus på representasjon av fakta, og for lite preg av aktiviteter og oppgaver rettet mot en dypere forståelse av begreper innen faget (Ramirez et al., 2018).

Ramirez et al. (2018) forsøker i tillegg å forklare litt mer rundt *hvorfor* disse ulike faktorene påvirker matematikkangst. Vi vet at tidligere opplevelser kan forårsake matematikkangst, men det er ønsket at vi får en forklaring på hvorfor det skal fungere slik. Her omtales det som blir kalt *Interpretation Account*. Med denne teorien argumenterer Ramirez (2018) for at utviklingen av matematikkangst hos elever i stor grad bestemmes av hvordan de tolker og vurderer tidligere matematikkopplevelser og resultater. Det handler ikke nødvendigvis om resultatene i seg selv. Matematikkangst oppstår heller fordi individene har en bestemt tolkning rundt opplevelsene de har hatt (Ramirez et al., 2018). Så basert på denne teorien er det kanskje ikke f. eks de dårlige karakterene i seg selv som kan forårsake matematikkangst hos en elev. Det vil heller være at eleven kan utvikle dårlig selvbilde og skape et fiendtlig forhold til matematikk, basert på at det er et fag de ikke klarer å prestere bra i.

Den «sosiokulturelle faktoren» er nevnt ovenfor, og en delkategori innen dette er *foreldres matematikkangst og involvering med matematikk*. Dette kan ha en betydelig påvirkning videre til barnet. I en studie fra Vukovic et al. (2013) ble barns ferdigheter og matematikkangst testet, i tillegg til foreldrenes involvering i barnets arbeid med matematikk. Her viste resultatene at å ha høye forventninger til foreldre og gi sterk støtte hjemme var assosiert med en reduksjon i barns matematikkangst. En bør bemerke at dette ikke var en longitudinell studie, som kunne gitt en enda klarere sammenheng (Vukovic et al., 2013). En annen studie fra Maloney (2015) undersøkte om det er fare for at når foreldre med matematikkangst hjelper barnet sitt med matematikk, vil det kunne utvikle det hos barnet. Resultatene i deres studie viste at elever som får mer hjelp fra foreldre med matematikkangst, er mer utsatt for å utvikle det selv i løpet av skoleåret enn andre elever. Elever som har foreldre med matematikkangst som hjelper dem mindre, var mindre utsatt for å utvikle det selv. Elever med foreldre uten matematikkangst var også mindre utsatt for å utvikle det selv (Maloney, 2015). Dette betyr at foreldres involvering med å hjelpe barnet sitt med matematikk har en påvirkning. Basert på ulike forskningsresultater vet vi ikke helt sikkert om det alltid vil være en positiv effekt ved å hjelpe barnet sitt, særlig hvis en som forelder har grunn til å tro at en har et engstelig forhold til matematikk.

Basert på hva ulik forskning sier, virker det å være noe enighet om mange av de påvirkende faktorene. Faktorer som *holdninger, genetikk, erfaringer og sosiokulturelle faktorer* blir nevnt gjentatte ganger. Vi har enkelte som nevner faktorer som andre ikke har nevnt, men punktene er likevel relativt like. Derfor vil jeg argumentere for at forskningen på generell basis er enig i noen hovedsakelige indre og ytre faktorer som kan forårsake matematikkangst (uttrykkene jeg nevnte som gjentatte). Ellers vises det ikke store tegn til direkte uenigheter rundt ulike faktorer. Av artiklene nevnt ovenfor er det ingen som sier seg uenig med annen forskning, eller som argumenterer imot at en spesifikk faktor er av betydning. Flere av forskningsartiklene har sine egne meninger om en faktor som kanskje ikke har blitt nevnt tidligere. Andre ønsker å belyse et nytt perspektiv på hva som er tidligere nevnt. Et godt eksempel er Ramirez et al. (2018). De legger frem påvirkende faktorer for matematikkangst, og som tilskudd forklarer de en teori på hvordan faktorene kan ha en slik effekt.

2.2.4. Matematikkangst og arbeidsminnet

Matematikkangst kan være skadelig for elevens utvikling i matematikk. En viktig grunn er fordi det forstyrrer arbeidsminneressurser som elevene bruker til å løse vanskelige matematiske problemer (Ashcraft & Kirk, 2001). Arbeidsminnet er et korttidsminnesystem. Dette systemet styrer, regulerer og aktivt opprettholder en begrenset mengde informasjon som er relevant for oppgaven en jobber med (Baddeley, 2003). Cowan (2013) definerer arbeidsminnet som «informasjon som er lagret i en tilstand som er klar til å bli tilgjengelig og brukt i kognitive oppgaver». Når en gjør matematiske oppgaver, bruker en arbeidsminnet for å hente den nødvendige informasjonen for å løse oppgaven. Arbeidsminnet brukes også for å holde frem informasjonen som er relevant, og forskyve annen informasjon. Det å ha et godt utviklet arbeidsminne er påvist å ha en positiv påvirkende effekt når en jobber med matematikk. Dette gjelder både de grunnleggende og mer avanserte matematikkferdighetene, i tillegg til ferdigheter under problemløsningsoppgaver (Juniati & Budayasa, 2022; Ei & Oo, 2023).

Med matematikkangst kan en få inntrengende negative tanker, ofte omhandlende konsekvensen av å mislykkes i matematikk (Ashcraft & Kirk, 2001). Vi kan forestille oss en elev med matematikangst. Eleven skal løse en oppgave som krever at en tar i bruk ferdigheter og kunnskap fra ulike matematiske temaer. Eleven vil dermed ha utfordringer fordi den forstyrres under tenkningen. Eleven skal prøve å gjennomføre oppgaven og tenke matematisk, samtidig som den nødt til å håndtere negative tanker rundt matematikken (Ashcraft et al., 1992). Juniati og Budayasa (2022) er enige i at matematikkangst har en forstyrrende effekt på arbeidsminnet, og at det påvirker en elevs avanserte ferdigheter og ferdigheter innen problemløsningsoppgaver. Likevel hevder dem at matematikkangst ikke har en påvirkning på generelle matematiske ferdigheter. Alt i alt er deres påstand at matematikkangst har en negativ påvirkning på prestasjonen i matematikk. Angsten gjør at tankene til eleven ofte sitter fast, og eleven klarer derfor ikke å finne en strategi for å løse en problemløsningsoppgave som er gitt, særlig hvis den krever mye tanke og oppmerksomhet (Juniati & Budayasa, 2022). Konkluderende er det tydelig at et godt arbeidsminne er viktig under arbeidet med matematikk, og matematikkangst skal ha en negativ effekt på dette. Likevel er det ikke alle som er enige i at matematikkangst påvirker prestasjonen i negativ retning. Videre skal jeg nå gå i dybden på hva ulike resultater fra forskning har å si om hvilken effekt det egentlig har på prestasjonen i faget, fra noen litt forskjellige perspektiver.

2.2.5. Matematikkangst og dets påvirkning på elevens prestasjon og intelligens

Med Richardson og Suinn (1972) sin definisjon, vet vi at matematikkangst kan påvirke prestasjonene i negativ retning. Forskningen gir overraskende nok forskjellige resultater på hvordan matematikkangst kan påvirke prestasjonen. Med Ashcraft & Kirks resultater (2001) får vi en negativ korrelasjon mellom matematikkangst og prestasjon. Elevene i undersøkelsen ble valgt ut til å gjøre en matematikkoppgave som krevde et godt arbeidsminne. Fordi arbeidsminnet ble forstyrret hos elever med høy grad av matematikkangst, ledet dette til at disse elevenes prestasjoner var svakere enn hos de andre elevene. Al-Shannaq et al. (2020) sine resultater viser mye av det samme. Her testet dem sammenhengen hos universitetsstudenter, med calculus som studiefelt. Resultatene her viste at uavhengig av studentenes kjønn eller hvor lange studiene deres var, ledet matematikkangst til lavere prestasjon i faget. De diskuterer at matematikkangst virker forstyrrende, og kan derfor påvirke prestasjonene negativt. Denne forstyrrende effekten antas fra gjentatte erfaringer å være en viktig grunn til at matematikkangst leder til lavere prestasjon i matematikk. En annen grunn til at matematikkangst kan forverre prestasjonen i faget, er fordi det leder til at individet unngår matematikk. Høyere nivåer av matematikkangst får ofte individet til å velge enklere problemer med lavere oppnåelse. De velger ofte bort vanskeligere problemer som krever mer innsats, men som også vil få dem til å oppnå mer (Choe et al., 2013; Skaalvik, 2018; Jenifer et al., 2022). En slik tilnærming over tid virker å ikke gi elever særlig høyt utbytte. Det bør gi større utbytte om de de gjør det til en vane å velge oppgaver som utfordrer deres matematiske ferdigheter, og som krever mye arbeid.

Ikke alle studier finner at matematikkangst påvirker prestasjon innen faget. Blant annet viser resultater fra Mitchell og George (2022) at matematikkangst utgjør svært små forskjeller på prestasjonen hos 4. og 6. klassinger. Det finnes også noen undersøkelser som mener at matematikkangst kan ha en positiv effekt på prestasjon i faget, under visse omstendigheter. Matematikkangst kan kategoriseres i ulike grader. Hos individer med høy grad av matematikkangst, er det typisk at de oftere har en mer negativ holdning mot matematikk. Dette leder til negative resultater. Derimot kan individer med lav eller moderat matematikkangst, ha en mer positiv holdning til matematikk, som videre leder til bedre resultater. I denne sammenhengen bidrar til og med moderat matematikkangst til positive resultater (Mutegi et al., 2021). En annen studie av Siaw (2021) viste en svak positiv korrelasjon. I deres undersøkelse fant dem at studentenes grad av matematikkangst påvirket prestasjonen deres på den endelige testen i prosjektet. Studenter som har matematikkangst kan være motivert og fokusert på å forbedre sin forståelse av matematikk for å prestere bedre på den endelige eksamen (Siaw et al., 2021).

Basert på studiene over kan vi anta at matematikkangst har mer komplekse effekter hos individer. Det er mulig at matematikkangst til og med kan ha en positiv effekt, under visse omstendigheter. Ut ifra det studiene sier, kan vi tolke at dette ekstra pålagte presset som dannes fra matematikkangst kan være «det lille ekstra» som må til for å skjerpe konsentrasjonen til individet. Dette kan også bidra til en bedre holdning til faget, at en får mer respekt for faget fordi en har måttet arbeide mer med det for å lykkes. Det som kan stilles kritisk til dette, er hvorvidt det kandidatene har opplevd egentlig kan kalles for matematikkangst. En kan studere definisjonen til SNL av begrepet «angst» i kapittel 2.1. Angst handler ofte om overdrevne fryktreaksjoner i møte med noe, og ikke bare at individet opplever litt ekstra press. Dersom kandidatene virkelig opplevde overdrevne følelser av frykt rettet mot matematikk, kan det virke usannsynlig at dette skjerpet konsentrasjonen, eller at de fikk høyere respekt for faget og opplevde motivasjon til å jobbe mer. Uten å fastslå at disse resultatene er direkte «feil», kan det virke mindre troverdig at kandidatene opplevde genuin *angst* i møte med matematikk.

Det negative vi kan tolke som effekter av matematikkangst, er at det forstyrrer arbeidsminnet. Studier som Ashcraft og Kirks (2001), og Al-Shannaq (2020) legger stor vekt på viktigheten av arbeidsminnet for å kunne løse krevende matematiske oppgaver. Deres resultater viser at det å forstyrre dette arbeidsminnet har en negativ effekt på prestasjonen. I tillegg sier Skaalvik (2018) at matematikkangst leder til at individet vil skape seg vaner for å unngå matematisk tenkning og å velge matematiske problemer som stiller lave krav til problemløseren. Kognitivt krevende matematiske oppgaver er ofte forbundet med høyt læringsutbytte i faget (Otten et al., 2017). Disse forskningsresultatene gir flere innfallsvinkler på hvordan matematikkangst kan påvirke prestasjonen. Herfra kan en ikke konkludere noe rundt påvirkningen av matematikkangst. Likevel virker det som at dersom matematikkangst har en sammenheng med prestasjonen i faget, og den er sannsynligvis i negativ retning.

Ettersom matematikkangst har en forstyrrende effekt på arbeidsminnet, er det fornuftig å tenke at dette kan redusere prestasjoner. Likevel har vi ikke sett sterk tilknytning mellom matematikkangst og lavere intelligens (Ashcraft, 2002). I en studie der matematikkangst ble målt opp med IQ og andre tester for intelligens, viste det en liten negativ korrelasjon mellom matematikkangst og intelligens. Likevel var det fornuftig å stille seg litt kritisk til resultatene. IQ-testene inneholdt kvantitative oppgaver, og her argumenterer Ashcraft (2002) for at individer med matematikkangst presterer svakere enn andre. Derfor kan ikke denne korrelasjonen bli bekreftet. Schleepen og Van Mier (2016) sine resultater viste at matematikkangst hadde negativ påvirkning på lesetester og flytende intelligens (flytende intelligens er definert som evnen til resonnering og evnen til å generere, transformere og manipulere ulike typer ny informasjon i sanntid (ScienceDirect, 2015)). Dessuten viser forskning fra Schillinger (2018) at elever med matematikkangst viser lavere numerisk intelligens. Alle disse resultatene viser oss mye av det samme; at matematikkangst kan ha en negativ påvirkning på generell intelligens. Likevel er ikke dette noe som så langt kan bekreftes. Det virker likevel som at matematikkangst kan ha en sammenheng med ulike egenskaper som er viktige innenfor matematikk.

Videre skal jeg beskrive ulike former for kunnskaper som er viktig når det gjelder forståelse for matematikk. Tidligere i delen om hva som kan forårsake matematikkangst, ble undervisning med overveiende fokus på fakta og formler nevnt (Ramirez et al., 2018). Dersom en som elev kun fokuserer på å pugge matematiske formler, kan det kanskje virke som at den ikke behøver å tenke så mye utover dette. Eleven kan tenke mindre, fordi det å følge formelen kan lede til det riktige svaret. En kan få mange riktige svar på oppgaver som stiller krav til kunnskap om ulike algoritmer. Dette betyr likevel ikke at en har dyp forståelse for matematikk. En slik «ubalansert» forståelse kan over tid videreføre til at eleven utvikler matematikkangst (Ramirez et al., 2018; Statped, 2023).

2.3. Prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap

Prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap er to ulike former for kunnskap som gjelder innen matematikk. Begrepskunnskap er en mer abstrakt form for kunnskap innen matematikk. Med slik kunnskap handler det om å se essensen i, og sammenhenger mellom ulike temaer. Prosedyrebasert kunnskap er en form for kunnskap som består av symboler, betingelser og prosesser som kan anvendes til å gjennomføre en matematisk oppgave (Khashan, 2014). Disse to formene for kunnskap vil kunne påvirke hvordan en opplever læring i matematikkfaget. Det er svært viktig å lære seg begge disse formene for kunnskap, og at de henger sammen. Innen matematikkforskning har det tidligere blitt forklart at hvis barn først lærer å utvikle begrepskunnskap, blir det senere lettere for dem å lære seg matematiske prosedyrer (eks. Gelman, 1998; Boaler, 1998). Rittle-Johnson (2015) er enig i at forståelse for matematiske begreper kan lede til lettere forståelse for matematiske prosedyrer. Ideen om at det kun er en rekkefølge som kan følges, viser seg derimot å være en myte. Utvikling av prosedyrebasert kunnskap, vil også støtte utviklingen av begrepskunnskap innen matematikk. Begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap kan anses som gjensidige relasjoner. Rittle-Johnson (2017) argumenterer for at det sannsynligvis ikke finnes én optimal rekkefølge, men heller flere veier til høy matematisk kompetanse (Rittle-Johnson, 2015).

Geller et al. (2017) utforsker sammenhengen mellom begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap hos elever, i sammenheng med å forklare brøkstørrelser. Deres forskning undersøkte sammenhengen mellom forklaringer av begreper og nøyaktighet hos 55 psykologistudenter, som ble testet i ulike oppgaver der en skulle sammenligne og forklare ulike brøksstørrelser. Deres funn viste at det å utvikle begrepskunnskap alene, ikke nødvendigvis indikerer en dyp forståelse for matematikk. Kandidatene som presterte aller svakest på undersøkelsen, kunne ikke begrunne svarene sine med en begrepsmessig forklaring. De som presterte noe bedre hadde noen gode forklaringer. De som presterte best brukte begrepsmessige forklaringer som tilføyende forklaringer for regler og prosedyrer de fulgte for å regne seg frem til riktig svar.

Begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap bør begge være til stede, for å kunne utvikle en god matematisk forståelse (Geller et al., 2017). Whitacre (2020) mener at mange støtter seg i stor grad på standardprosedyrer, og har vanskeligheter med å begrunne slike prosedyrer og vanskeligheter med å relatere brøkoperasjoner til kontekster. Dette kan hinte til at sammenligning av brøksstørrelser er en egenskap som for mange er avgjørende preget av prosedyrebasert kunnskap, og at den begrepskunnskapen er mangelfull. Fazio et al. (2016) gjennomførte en undersøkelse for å finne ut strategiene for sammenligning av brøkstørrelser hos voksne med mer og mindre matematisk kunnskap. Her fant dem at mangel på variasjon av strategier hadde en negativ samvariasjon med begrepskunnskap. Kandidatene som presterte bedre i oppgaver om brøksammenligning var ofte i stand til å velge vekk strategier som ikke virket ideelle for spesifikke oppgaver. De var i stand til å heller velge ut andre strategier som ville mer sannsynlig lede dem til et riktig svar. Lavt presterende kandidater var derimot ikke i stand til dette. De hadde færre strategier de kunne benytte seg av, og klarte ofte ikke å finne en strategi som ville gi dem korrekt svar. Basert på dette kan en anta at dersom en person har høyere grad av begrepskunnskap, vil kunne ha flere strategier å ta i bruk under sammenligning av brøksstørrelser.

Forskning har også pekt på at begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap i matematikk har en viktig sammenheng med matematikkangst. I Sloan et al. (1997) var det 61 lærerstudenter som gjennomgikk et 10 ukers metodekurs i matematikk som brukte konkrete forklaringer og aktive metoder. Resultatet førte til at studentene følte på en mestring i mange ulike matematiske temaer. At de endelig forstod betydningen av ulike matematiske temaer som brøk, desimaler og prosent. De forskjellige temaene virket ikke så fremmed for dem lenger. I tillegg svarte dem både før og etter kurset, på spørreskjema som var designet for å måle deres nivåer av matematikkangst (MARS, som tidligere presentert). Her fant dem at de samme studentene som utviklet begrepskunnskap etter kurset, også generelt hadde en betydelig reduksjon i matematikkangst. Når matematikk virket mer «synlig» og «kjent» for dem, var de mer komfortable med å gjøre oppgaver innen faget. Lignende prosjekter har siden blitt gjennomført av andre, med forholdsvis lignende resultater (eks. Gresham, 2007; Rayner et al., 2009). Dette kan knyttes tilbake til mulige påvirkende faktorer for matematikkangst, fra både Ramirez et al. (2018) og Statped (2023). Flere med matematikkangst rapporterer om å mistrives i matematikkundervisning grunnet et overveldende fokus på pugging av formler og ren fakta.

At det er en sammenheng mellom matematikkangst og begrepskunnskap, virker også logisk ifølge Ashcraft og Kirk (2001) sin teori. Arbeidsminnet er ansvarlig for å finne frem til hvilken kunnskap som er viktig for å løse oppgaven, og det forstyrres hos elever med matematikkangst. Basert på alle resultatene om prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap, virker det som at en bør prøve å ha en balanse mellom disse formene for kunnskap. En form for kunnskap bør ikke dømmes som «bedre» enn den andre. Dette gjelder også spesifikt innen sammenligning og forståelse av brøksstørrelser. Det er også mulig at dersom en har mangel på en utviklet forståelse for matematiske begreper, vil det kunne øke sannsynligheten for at en kan få utviklet matematikkangst.

2.4. Brøk

2.4.1. Brøk-begrepet

Jeg har diskutert brøk i sammenhengen med begrepskunnskap og prosedyrebasert kunnskap. I dette delkapittelet vil jeg ta noen steg tilbake, og diskutere hva som egentlig ligger i selve begrepet brøk. Brøk er et matematisk tema som de fleste kjenner til, men det kan forstås fra mange forskjellige sider. En forståelse for brøk-begrepet som ofte dannes relativt tidlig er *del-hel-forståelsen*. Denne forståelsen omhandler at en «hel» er blitt delt opp i et visst antall like store deler. Med denne forståelsen kan vi tenke på ulike praktiske analogier som kan gjøre det lettere å oppfatte, som f.eks. pizzastykker. Det er kjent at denne formen for forståelse er essensiell for å forstå brøkbegrepet. Likevel er ikke perspektivet tilstrekkelig alene, men som et nødvendig tilskudd til andre former for forståelse (Doğan & Tertemiz, 2019). Hvis vi ser på kompetansemål i LK20, er det forventet allerede etter 5. trinn at elever kan «beskrive brøk som del av ein heil, som del av ei mengd og som tal på tallinja og vurdere og namngi storleikane» (Utdanningsdirektoratet, 2019, MAT01-05). Det er altså helt fra mellomtrinnet et kompetansemål å kunne tolke brøk som mer enn bare «del av en hel».

Forståelsen av *brøk som et forhold* er en annen måte å tolke begrepet. Fra denne forståelsen er brøk en størrelse som er avhengig av forholdet mellom tallene i telleren og nevneren. Denne forståelsen har en nær tilknytning til det å tenke proporsjonalt. Ved å tenke proporsjonalt skal en kunne bedømme størrelsen på brøken (Fleener, 1993). *Kvotient-forståelsen* av brøk kan gjøre det lettere å forstå uekte brøker. Denne forståelsen hentyder at telleren er divident, nevneren er divisor og selve verdien til brøken ses på som kvotienten (Pitkethly & Hunting, 1996). Det betyr at 12/3 er mengden 4, fordi vi vet at 4 går 3 ganger i 12. Ifølge *måling-forståelsen* er brøk og alle rasjonale tall en utvidelse av tallsystemet. For å forstå brøk til en tilstrekkelig grad, er en nødt til å forstå at mellom hvilke som helst to brøker, finnes det uendelig mange andre brøker. Med tilstrekkelig forståelse av brøk bør en være i stand til å plassere en brøk på en tallinje, og identifisere et brøktall representert av et punkt på en tallinje (Hannula, 2003). Denne måling-forståelsen kan gjelde forståelse av alle former for rasjonale mengder. De forrige nevnte forståelsene for brøk er derimot rettet spesifikt mot det som er begrepet «brøk», i norsk forståelse.

2.4.2. Brøk og rasjonale mengder som predikator for fremtidig suksess, og utfordringer rundt det

Brøk og rasjonale mengder regnes som et av de viktigere temaene å forstå i matematikk. Det er viktig fordi brøk fungerer som en viktig byggestein for å videre utvikle avansert matematikk. I tillegg brukes det ofte i det hverdagslige livet (Fazio & Siegler, 2011). Trivena et al. (2017) beskriver brøk som en av de viktigste materialene for å lære matematikk. Brøk er nøkkelen i teorien om numerisk utvikling, og det lar elever fordype sine kunnskaper om tall utover det som kan oppnås gjennom læring om heltall (Trivena et al., 2017). Forskningsresultater viser at brøk kan være det temaet som aller mest kan predikere hvordan ens videre utvikling av matematiske ferdigheter vil gå. Siegler (2012) gjennomførte en nasjonal, longitudinell studie der ulike matematiske ferdigheter hos 10 år gamle elever ble sammenlignet på nytt med de samme elevenes suksess 6 år senere på videregående. Dette ble gjennomført i både USA og Storbritannia. Resultatene i begge landene viste at brøk var den største predikatoren for elevenes kunnskap innen algebra, i tillegg til deres totale oppnåelse innen matematikk. Resultater fra Booth et al. (2013) viser oss også at elevers ferdigheter innen brøk kan sterkt predikere deres fremtidige læring innen algebra. Elevenes forståelse for størrelsen av stambrøker var ikke prediktivt for fremtidig læring av algebra. Plassering av andre brøker (der teller ikke er 1) var mer prediktivt. Proporsjonale resonneringsferdigheter kan være et viktig ledd mellom forståelse av brøk og læring av algebra (Booth et al., 2013).

I matematikkdidaktikkens forskningsfelt rapporteres det at barn synes det er vanskelig å lære seg brøk (eks. Gabriel, 2016). Overgangen fra forståelsen om heltall til rasjonale mengder introduseres i løpet av skolegangen. Det finnes flere mulige forklaringer til hvorfor denne overgangen kan oppleves utfordrende. Brown (2019) beskriver det å lære seg rasjonale tall for første gang som en opplevelse av «begrepsmessig endring». For å forstå essensen i brøk og rasjonale mengder, er det nyttig å lære om begrepet brøk fra flere perspektiver, bl.a. del-til-helhet, måling og forhold (Brown, 2019).

Lortie-Forgues et al. (2015) beskriver to hovedsakelige grunner til at brøk er så vanskelig å lære seg. Den første er at matematikken i seg selv inneholder kilder til feil som gjøres, uavhengig av hvem som forsøker å lære seg det eller lære det bort. Det er elementer iboende i brøk og desimaltallsaritmetikk som kompliserer læringsprosessen. Et eksempel på dette er funksjonen å multiplisere eller dividere med en mengde som er mindre enn 1. Med heltall er vi vant med at hvis vi multipliserer vil det øke, og hvis vi dividerer vil det synke. Med ekte brøker vil derimot dette snus på hodet, og dette er en av de iboende elementene som fører til at elever gjør feil når de skal lære seg brøk. Den andre grunnen Lorti-Forgues et al. (2015) snakker om er det som de beskriver som kulturelt betingede faktorer. Dette kan være f. eks at læreren har begrenset forståelse for rasjonale mengder, eller at undervisningen har et overveldende fokus på memorering og tekstbokens forklaringer av aritmetiske operasjoner (Lorti-Forgues et al., 2017).

Kilpatrick et al. (2001) beskriver en annen side av brøk og rasjonale mengder som ofte blir oversett. De mener at av alle mulige måter en kan tolke en rasjonal mengde, er det å se på dem som «mengder» det mest generelle. Enhver rasjonal mengde holder sin egen plass på tallinjen. Derfor bør slike mengder være sammenlignbare, akkurat som heltall (Kilpatrick et al., 2001). Elevers syn på rasjonale mengder, er derimot mer rettet mot forståelse av f. eks $\frac{3}{4}$ som andelen av en pizza. Måten normale brøksstørrelser er skrevet hjelper ikke barn å forstå rasjonale mengder som unike tall. En brøk som $\frac{3}{4}$ ser ut som et heltall på toppen av et annet heltall (Kilpatrick et al., 2001).

Det å lære seg brøk er en viktig del av utviklingen av matematisk forståelse. Det virker som at en av grunnene til at det er vanskelig å lære seg er fordi det oppleves som en ny måte å forstå matematikk, slik Brown (2019) beskriver det. Lorti-Forgues et al. (2017) mener at det er et matematisk tema som innehar flere kinkige elementer som leder til at en lett gjør feil, og at måten undervisningen er lagt opp kan feile i å tilrettelegge en grundig forståelse. Gitt at flere har kommet med ulike måter brøk kan misforstås, kan det derfor være lurt å fokusere på balanse. En bør ha fokus på hvordan brøkmengder omhandler forholdet mellom to tall, men det er også viktig å forstå at det er en distinkt mengde. Videre skal jeg diskutere en av ferdighetene innenfor brøk som kan være utfordrende, og som spiller en viktig rolle videre i denne oppgaven.

2.4.3. Strategier innen brøksammenligning

Som jeg har presisert ovenfor, er brøk og rasjonale tall noe mange finner vanskelig å forstå. Det samme gjelder når en skal bedømme størrelsen på en brøk. Det er forventet at en lærer seg denne ferdigheten i matematikk. I sitatet fra LK20 som jeg viste til ovenfor i kapittel 2.4.2., er det forventet at elever etter 5. trinn klarer å bedømme brøkstørrelser (Utdanningsdirektoratet, 2019). Når en skal sammenligne brøksstørrelser er det vanlig at elever bruker ulike strategier, og det er usannsynlig at de har lært dette fra læreren sin. Ifølge Heinze (2009) er det flere aspekter ved elevers arbeid med brøksammenligning. Deriblant finnes begrepet *strategireportoar,* som handler om hvor mange forskjellige strategier en enkeltperson kjenner til og kan anvende. Et eksempel på en strategi en kan bruke er å finne felles nevner, og deretter se etter størst teller. Et annet eksempel er å sette ulike referansepunkt for å sammenligne brøksstørrelsene, f. eks ½. Dersom én av brøkene er lavere og én er høyere en referansepunktet, kan en bestemme hvilken som er størst. Det er en stor variasjon i hvor mange av disse strategiene som enkeltpersoner har. Noen har bare noen få, andre har mange. *Strategifrekvens* har også en betydning for hvilken strategi som vil benyttes i oppgaver med brøksammenligning. Det handler om hvor ofte en bruker bestemte strategier. Dette kan avhenge sterkt av konteksten. For eksempel vil en ha noen strategier som en kan bruke mer når en gjennomfører sammenligningen mentalt, mens andre strategier egner seg bedre når en regner det for hånd. Et annet eksempel er at under tidspress vil enkelte strategier være mer aktuelle enn andre. Et tredje aspekt er *strategieffektivitet*, som handler om hvor raskt eller nøyaktig enkelte strategier opererer. Folk vil i noen situasjoner anvende noen ugyldige heuristikker, men som de finner at er effektive og lette å anvende. Dette garanterer ikke korrekt svar. Slike strategier vil beskrives mer nedenfor. *Strategifleksibilitet* og *Tilpasningsdyktighet* er også viktige aspekter som henger sammen. Strategifleksibilitet handler om evnen til å skifte mellom ulike strategier, mens tilpasningsdyktighet handler om hvor ofte en klarer å velge en strategi som passer best til en gitt utfordring (Heinze, 2009).

Fazio et al. (2016) fremstiller «Fraction magnitude comparison strategies» i undersøkelsen sin. Dette er en liste med totalt 27 forskjellige strategier for å sammenligne brøkstørrelser. Alle disse strategiene er fordelt inn i fire kategorier. Den første kategorien er «logisk nødvendige». Disse strategiene gir korrekt svar på alle nødvendige problemer. Et eksempel på dette kan være hvis to brøker har lik nevner. Da vil høyest teller gi riktig svar. Den andre kategorien består av strategier som gir korrekt svar dersom de mellomliggende trinnene gjennomføres korrekt. Et kjent eksempel her er å finne fellesnevner. Den tredje kategorien er strategier som vanligvis gir korrekt svar, men det er likevel ikke garantert. Dette kan være strategier som f. eks hvis tellerne er nesten like, velg brøken med lavest nevner. Den fjerde kategorien er «tvilsomme strategier», og disse garanterer ikke å gi et svar som er mer sannsynlig korrekt enn tilfeldigheten. Dette kan f. eks være å velge brøken med høyest teller (Fazio et al., 2016). Som resultatene fra Fazio et al. (2016) viste, hadde flere strategier brukt i brøksammenligning en samvariasjon med høyere begrepskunnskap om brøk.

Fazio et al. (2016) sin liste over brøksammenligningsstrategier vil være et rammeverk for min oppgave. I de neste to kapitlene vil jeg beskrive alt om metoden jeg har brukt. I kapittel 3 skal jeg beskrive forskingsdesignet for oppgaven. I kapittel 4 beskriver jeg metoden som er brukt for analyse.

3. Metode - forskningsdesign

Videre i denne oppgaven skal jeg forklare metoden jeg brukte for å svare på forskningsspørsmålene. I første del vil jeg presentere forskningsdesignet for oppgaven. Jeg vil videre gjennomgå hvordan jeg designet spørreskjemaet mitt for å måle variablene, og hvordan jeg tilrettela gjennomgangen av spørreundersøkelsen. Validiteten og reliabiliteten vil bli diskutert basert på datainnsamlingen som er gjennomført, i tillegg til hvilke begrensninger som medfølger mitt datamateriale. Til slutt vil jeg gjennomgå noen forskningsetiske vurderinger jeg gjorde for å gjennomføre prosjektet.

3.1. Studiens forskningsdesign

For å besvare forskningsspørsmålene og presentere mine funn, vil jeg benytte meg av kvantitativ metode. Kvantitativ metode har et logisk grunnlag der vi ønsker å standardisere informasjonen. Informasjon som fanges opp i studien blir her satt inn i forhåndsdefinerte kategorier (Postholm & Jakobsen, 2020). Med andre ord er vi avhengige av at før denne empiriske undersøkelsen blir gjennomført, må sentrale begreper bli kategorisert og presisert.

Dette er en *korrelasjonsstudie*, som betyr at en er interessert i å se om det er korrelasjoner mellom noen spesifikke variabler. Korrelasjonsstudier kan benyttes til å enten finne ut om hvordan ulike variabler henger sammen, eller til å teste en hypotese om forventede relasjoner. Variablene som blir valgt ut bør være basert på et rasjonelt grunnlag. Relasjonen bør være basert på tidligere forskning eller et teoretisk grunnlag (Mills & Gay, 2015, s. 234). Dersom en ikke klarer å argumentere for dets relevans, vil det heller komme frem som en *spuriøs korrelasjon*. Dette uttrykket ble beskrevet av Pearson (1896) som en eksisterende korrelasjon som oppstår mellom to variabler, men som ikke egentlig har noen sammenheng. Designet for en korrelasjonsstudie er enkelt: utvalgte variabler måles hos enhver kandidat som er med på prøven. Resultatet på prøven blir uttrykt som en korrelasjonskoeffisient, og dette indikerer graden av relasjon som er mellom variablene (Mills & Gay, 2015, s. 234). Korrelasjon betyr ikke kausalitet. Dersom en finner en korrelasjon mellom to variabler, kan en med et teoretisk grunnlag argumentere for hvordan de muligens kan påvirke hverandre. Likevel betyr ikke det at en har klart å påvise en sammenheng mellom to variabler. Det er for øvrig mye mer omfattende arbeid å konkludere at en variabel påvirker en annen variabel på en viss måte, kontra det å bare finne en korrelasjon. I min studie vil jeg ikke forsøke å konkludere at matematikkangst, nøyaktighet og variasjon i brøksammenligning påvirker hverandre i en eller annen retning. Jeg vil likevel se etter korrelasjoner mellom variablene, hvorvidt matematikkangst har en samvariasjon med lavere nøyaktighet og strategivariasjon. I diskusjonsdelen vil jeg i tillegg diskutere muligheter for hvordan disse variablene kunne hatt en sammenheng, basert på hva teorien sier.

Denne studien er en form for *replikasjonsstudie*. Jeg er interessert i å se etter om det er korrelasjoner mellom de samme variablene som Sidney et al. (2018) utforsket (matematikkangst, nøyaktighet og strategivariasjon). I denne studien setter jeg de samme forventningene som den originale studien. Likevel definerer jeg det som en *konstruktiv replikasjonsstudie*. I en konstruktiv replikasjonsstudie står forskeren mer fritt i forhold til hvilke metoder som benyttes (Port & Richards, 2012). Med nye metoder får forskeren testet om de samme resultatene vil gjelde. Hvis en konstruktiv replikasjonsstudie får de samme resultatene, styrker den de opprinnelige funnene fordi det viser at de opprinnelige resultatene ikke bare var feiloppfattelser fra den opprinnelige studien (Port & Richards, 2012). Star (2021) argumenterer for at konstruktive replikasjonsstudier ikke bør defineres som sanne replikasjonsstudier. Dersom en skal kunne sammenligne en replikasjonsstudie med den originale, er det nødvendig at mesteparten av metodologien er lik (Star, 2021).

I metoden jeg benytter er det store likheter med metoden til Sidney et al. (2018). Vi begge benyttet oss av brøksammenligningsoppgaver og tallinje-oppgave basert på Fazio et al. (2016). Ellers har jeg brukt en forholdsvis lik metode for å måle matematikkangst hos kandidatene. Spørsmålene jeg bruker for å måle matematikkangst er annerledes. Innsamlingsmetodene mine er annerledes fra Sidney et al. (2018), som benyttet seg av digital spørreundersøkelse. Det som kanskje er den viktigste forskjellen, er at jeg tester korrelasjonene på en annen demografisk folkegruppe. Jeg tester om resultatene Sidney et al. (2018) fikk med college-studenter i USA, er de samme resultatene som jeg får med ungdomsskoleelever i Norge. Fordi kandidatene er yngre og sannsynligvis har lavere kompetanse innen faget, er det nødvendig å stille andre spørsmål og gi oppgaver på et litt lavere nivå. Til tross for noen metodologiske forskjeller, mener jeg likevel at det er en pålitelig replikasjonsstudie. Den tar tidligere funn fra Sidney et al. (2018) og forsøker å gjenskape dem med en annen demografisk folkegruppe. Jeg vil argumentere for at det er en konstruktiv replikasjonsstudie, selv om enkelte kanskje ville ment at validiteten i dette «replikasjons-aspektet» kan være kritikkverdig.

For å måle sammenhenger mellom variablene kommer jeg til å gjennomføre en *regresjonsanalyse*. Regresjonsanalyse er en metode som brukes for å utforske funksjonelle forhold blant variabler. Forholdet mellom de ulike variablene uttrykkes gjennom en likning. I likningen har vi en responderende variabel, som i regresjonsanalysen kalles for en *avhengig variabel*. Vi har også en eller flere «predikerende» variabler, eller *uavhengige variabler*. Noen velger også å kalle disse for faktorer. Det etterforskes hvorvidt disse uavhengige variablene har en påvirkende effekt på den avhengige variabelen (Chatterjee & Hadi, 2012). Noen regresjonsanalyser er *univariate*, som betyr at det utforsker forholdet mellom en avhengig og kun én uavhengig variabel. *Bivariate* regresjonsanalyser modellerer forholdet mellom en avhengig, og to eller flere uavhengige variabler (Uyanik & Güler, 2013). I min regresjonsanalyse vil jeg presentere matematikkangst som avhengig variabel. Nøyaktighet og strategivariasjon vil være uavhengige variabler, som gjør at dette blir en bivariat regresjonsanalyse.

I tillegg til å gjennomføre en regresjonsanalyse, kommer jeg også til å benytte meg av en Pearson-korrelasjonsanalyse. En Pearson-korrelasjonskoeffisient er en statistisk måling som blir brukt til å kvantifisere styrken og retningen av et lineært forhold mellom to kontinuerlige variabler. Den betegnes ofte med en *r*, og verdien kan gå fra -1 til 1. Dersom en får verdien -1 mellom to variabler, indikerer dette en perfekt negativ lineær sammenheng. Dette innebærer at når en variabel er noe høyere, er den andre variabelen proporsjonalt lavere. På samme måte betyr 1 at det er en perfekt positiv korrelasjon, så variablene øker og synker proporsjonalt. 0 indikerer ingen lineær sammenheng mellom variablene (Adler & Parmryd, 2010). Ifølge Mills og Gay (2015) regnes en korrelasjon fra +0.35 til -0.35 som svak/ingen korrelasjon. Mellom +0.35 og +0.65, eller –0.35 og –0.65, regnes som moderat. Dersom korrelasjonen er mellom +0.65 og +1, eller mellom -0.65 og -1, regnes det som en sterk korrelasjon (Mills & Gay, 2015).

Basert på hva denne studien ønsker å finne ut, er det fornuftig å bruke kvantitativ metode. Dersom forskningsspørsmålene var mer sentrert rundt å gå i dybden om f. eks hvordan elever med matematikkangst opplever faget, ville en kvalitativ metode passet seg bedre. Min interesse ligger mer i å se etter hvorvidt jeg vil finne korrelasjoner mellom matematikkangst og nøyaktighet, samt matematikkangst og variasjon av strategier. Denne sammenhengen er basert på hva forskningen sier om hvilke virkninger matematikkangst har på et individ. Dette er derfor mitt rasjonelle grunnlag for å skulle se etter denne korrelasjonen, slik som Mills og Gay (2015) mener at korrelasjonsstudier behøver.

3.2. Utvalg

I forberedelsen av denne undersøkelsen, var det ungdomstrinnet jeg var mest interessert i å rekruttere. I utgangspunktet var dette fordi det kan stilles høyere krav til elevenes forståelse for brøk i denne alderen. Ifølge LK20 skal elever allerede etter 5. trinn ha dannet en forståelse for brøk som «del av en hel», og som tall på en tallinje. Dermed kunne jeg ha valgt elever på 6.

trinn og oppover i denne studien. LK20 sier at etter 7. trinn bør elever kunne presentere brøk og desimaltall på ulike måter, og utforske dem ut ifra ulike matematiske sammenhenger (Utdanningsdirektoratet, 2019). Med andre ord er det forventet at elever på ungdomstrinnet bør ha utviklet en dypere forståelse for brøk. De skal ha utforsket flere sider av de ulike begrepene. Av denne grunnen virket ungdomstrinnet som et bedre grunnlag for refleksjon rundt elevers arbeid med brøksammenligning. Jeg var i utgangspunktet åpen for å inkludere elever fra hele ungdomstrinnet. Ifølge Chinn (2009) holder nivåer av matematikkangst seg forholdsvis jevnt gjennom hele ungdomstrinnet. Derfor hadde jeg ikke behøvd å ta høyde for at eventuelle alderskull kunne vært mer utsatt for matematikkangst. Jeg ville kun vært nødt til å ta høyde for at oppgavene skulle kunne være passende utfordrende for 8.-10. trinn, verken for utfordrende for 8. trinn eller for lett for 10. trinn.

Jeg kontaktet en rekke ungdomsskolelærere for å rekruttere elevene i deres klasse til undersøkelsen. Av de to lærerne som var interessert i å la meg gjennomføre undersøkelsen i deres klasser, var det en tilfeldighet at begge var lærere for 8. klasser. Begge lærerne var villige til å gjennomføre undersøkelsen i to av sine klasser, og dette resulterte i at 87 kandidater deltok i undersøkelsen. Ifølge Mills og Gay (2015) er minimumskravet for en kvantitativ datainnsamling 30 kandidater, så derfor anser jeg dette som mer enn tilstrekkelig materiale. Jeg møtte fysisk opp til enhver undersøkelse for å forklare de ulike oppgavene til kandidatene. Det at jeg selv møtte opp, gjorde det mulig for meg å gi den samme forklaringen til alle som deltok i undersøkelsen. Jeg fikk også forsikret meg om at anonymiteten ble overholdt (mer om dette i 3.6.). I enhver klasse ble undersøkelsen gjennomført i en tilfeldig matematikktime. Elevene ble ikke informert om hva jeg ønsket å finne ut med undersøkelsen. De fikk kun instruksjoner om hvordan de skulle besvare de forskjellige oppgavene og viktigheten av å ikke oppgi sitt eget navn. Enhver deltagende kandidat har selv samtykket at deres svar kunne bli brukt i en forskningssammenheng. I tillegg ble elevene gitt alternativet om å ikke være med hvis de ikke ønsket, men dette var det svært få elever som valgte. Det ble ikke talt opp antallet jenter og gutter som deltok i undersøkelsen. I alle klassene jeg gjennomførte undersøkelsen, var det en jevn fordeling mellom jenter og gutter. Dersom det eventuelt hadde vært en ujevn fordeling, ville jeg vurdert å legge det inn som en ekstra opplysning for oppgaven.

For at lærerne som gikk med på undersøkelsen skulle få noe igjen for tiden det har tatt dem, lovet jeg å gi dem resultatene for de ulike klassene. Lærerne leste ikke noen av selve besvarelsene og har ikke fått noen oppgitte navn. Det jeg oppga til dem er kun resultatene for matematikkangst og nøyaktigheten i de ulike klassene, og ga beskjed om generelt hvilke deler av brøk de ser ut til å vite mye eller lite om. Matematikkangst-nivåene var det som fanget interessen for begge lærerne. De hadde begge lest om temaet nylig, og var interessert i å finne ut om dette er noe de bør ta hensyn til i egne klasser.

3.3. Tilrettelegging av datasett og variabler i studien

Undersøkelsen jeg gjennomfører er i form av en enkel spørreundersøkelse, som blir utlevert individuelt til enhver kandidat i papirform. Dette var et bevisst valg på forhånd. Det å gjøre undersøkelsen på papir kan ifølge Hohwü et al. (2013) være mer effektivt for at flere skal besvare. Det er andre resultater som mener at nettbasert spørreskjema er mer effektivt (eks. De Rada & Domínguez-Álvarez, 2014). Derfor er jeg ikke sikker på hvilken metode som ville gitt flest besvarelser. Papirform virket mer praktisk. Jeg møtte opp selv for å gjennomføre undersøkelsen. Det ga meg mer kontroll, fordi jeg fikk sørget for å gi en korrekt forklaring på hva kandidatene skulle gjøre gjennom undersøkelsen. Det var slik lettere å sørge for at alle kandidatene forstod undersøkelsen før de startet. Spørreundersøkelsen benytter seg for det meste av «lukkede svaralternativer», som betyr at en som kandidat ikke kan svare noe annet enn de oppgitte alternativene (Postholm & Jakobsen, 2020). Eneste unntaket gjelder i del 2, der kandidatene fritt kan beskrive sin strategi. Deres strategier ble senere kodet, og denne prosessen beskriver jeg mer i detalj i neste kapittel. Vi har tre variabler som måles, nemlig «matematikkangst», «strategivariasjon» og «nøyaktighet».

Matematikkangst måles i første del av undersøkelsen. Denne delen inneholder spørsmål knyttet til opplevelser rundt matematikk. Her skal de besvare om disse ulike situasjonene bringer frem ubehagelige følelser som stress, engstelighet eller anspenthet. På alle spørsmålene om opplevelser rundt matematikk, skal kandidatene rangere til hvilken grad de opplever situasjonene som ubehagelige. Det blir rangert på en ordinalskala fra 1-5. 1 betyr svært lite eller ingen ubehag, og 5 betyr svært ubehagelig. Jeg regner deretter gjennomsnittet til kandidatens besvarelser på alle spørsmålene, og dette blir kandidatenes grad av matematikkangst. Dette er samme metode som Richardson og Suinns (1972) test har benyttet, med unntak av å regne gjennomsnitt som kandidatens totale angstnivå. Jeg valgte å benytte meg av gjennomsnitt for å beregne totalt nivå, fordi dette virket mest praktisk. Dersom en elev hopper over et spørsmål, vil ikke det skape en problematisk utfordring i analysen. Jeg vil derfor heller regne gjennomsnittet på spørsmålene som er besvarte. Richardson og Suinns (1972) originale test lot totalsum være kandidatens angstnivå, men for en rettferdig sammenligning ville jeg vært avhengig av at alle kandidatene besvarte ethvert spørsmål.

Spørsmålene som stilles er inspirert av listen over diagnostiske spørsmål fra Suinn og Winstons «30 item MARS scale» (2003). Jeg har valgt ut spørsmålene som er mest relevante for en gruppe med ungdomsskoleelever, og oversatt dem til norsk. Oversettelsen er nesten direkte fra engelsk til norsk, men justert litt på for at det skal passe deres opplevelser av matematikk bedre. Det er kun et spørsmål som lagt til utenom Suinn og Winston (2003) sine diagnostiske spørsmål. Det ekstra spørsmålet jeg la til, var et som veilederen min og jeg ble enige om at ville passe å spørre om (spørsmål #4, se vedlegg 1). I utvalget av måleinstrumenter kunne jeg ha valgt å bruke et annet måleinstrument, og forsøkt å ikke endre på noen av spørsmålene. I vurderingen av måleinstrumenter prøvde jeg flere andre tester for å se om det ville passe i en norsk klasseromskontekst. Av de jeg prøvde, fant jeg flere spørsmål jeg uansett ville endret til å passe situasjonen til mine kandidater bedre. Ettersom jeg ikke fant noen tester som jeg mente ville passe tilstrekkelig, bestemte jeg meg for at jeg like gjerne kunne bruke den forkortede versjonen som Suinn selv laget. Fordi han stod bak både den originale og denne forkortede varianten, har jeg aller mest tillit til validiteten når de er basert på hans egen forkortede variant. I oversettelsen og omgjøringen av spørsmålene sørget jeg for etter beste evne å ikke endre for mye på deres betydning, for å unngå å redusere validiteten i betydelig grad.

I ordinal-skalaen var det et bevisst valg å bruke 1-5 som måling. Jeg kunne valgt å bruke 1-4 eller 1-6 for å ikke la det være et «midterst svaralternativ». Ofte i en ordinalskala med 5 svaralternativer er det midterste punktet «nøytralt», slik at kandidaten ikke behøver å ta stilling hvis de er usikre. Hvorvidt en har med et nøytralt felt i ordinalskalaen kan påvirke svarene i forskjellig retning, men det avhenger i stor grad av forskerens preferanse (Garland, 1991). Det er kun ubehaget som måles i skalaen min. Derfor vil jeg argumentere for at avkrysning i det midterste feltet ikke er en nøytral besvarelse. Vi kan sammenligne dette med en skala der en måler hvor godt noen liker å jobbe med matematikk. Hvis vi her også bruker en ordinalskala fra 1 til 5, kunne 1 betydd «Liker svært godt å jobbe med matematikk» og 5 betydd «Misliker sterkt å jobbe med matematikk». Her ville det å krysse av på 3 gitt et nøytralt svar, som gjør det lettere å «bare krysse av» uten å gi det noe særlig omtanke. Men siden min undersøkelse kun måler ubehaget, gir ikke det å krysse av på 3 et nøytralt svar. Avkrysning på 3 sier derimot at kandidaten føler på et ubehag, bare ikke til en svært høy grad. Det å krysse av på 1 er det eneste avkreftende svaret, og derfor blir kandidaten nødt til å ta en stilling.

Strategivariasjon måles i andre del av undersøkelsen. Denne delen består av en rekke brøksammenligningsoppgaver. Kandidatene skal sette en ring rundt den brøken de mener har høyest verdi. Ved siden av er det en boks der de skal skrive sin forklaring på hvorfor én verdi er høyere enn den andre. Det blir oppfordret til at en kan svare med bruk av ordforklaringer, utregninger, tegninger eller en god blanding. Dette er eneste delen av undersøkelsen som ikke inneholder kun «lukkede svaralternativer», men deres svar kategoriseres i senere analyse. Strategivariasjon måles i denne delen ved å telle opp antallet forskjellige strategier som benyttes i brøksammenligningsoppgavene.

Brøksammenligningsoppgavene er basert på Fazio et al. (2016) «Examples of Each Problem Type on the Magnitude Comparison Task». Ikke alle oppgavene er tatt herifra, da også noen av brøkene ble hentet fra Van de Walle (2007). Disse hentet jeg ut for å gjøre oppgavene litt lettere, og tilpasse nivået hos 8. klassinger. Fazio et al. (2016) sine oppgaver var beregnet for studenter med snittalder 20 år, så de kunne vært litt for vanskelige. Dessuten ønsket jeg å ta hensyn til at elever som ikke forstår brøkstørrelser så godt, kan bli demotivert og la være å besvare undersøkelsen fordi de ikke kan noe. Jeg satte derfor inn en ekstra oppgave der nevnerne er like store, men tellerne er forskjellige. Jeg var i starten kritisk til om det var en god ide å gi dem tre slike oppgaver, da jeg fryktet det ville gi dem for mange «gratis poeng». Likevel er det totalt sett en liten andel av undersøkelsen som blir lettere å besvare enn resten av oppgavene. Det er kjent at elever med høy grad av matematikkangst har en tendens til å unngå matematikk (Skaalvik, 1997; Choe et al., 2019). Om alle oppgavene var for vanskelige for de med høy matematikkangst og lav forståelse av brøk, ville jeg vært skeptisk til om dette ville medføre at disse kandidatene ikke ville besvare undersøkelsen i det hele tatt. Derfor valgte jeg å inkludere én ekstra oppgave av den typen. Dessuten hadde jeg 19 oppgaver før jeg inkluderte siste. Med den siste jeg la til fikk jeg 20 totalt mulige poeng, som var mye mer praktisk for å kalkulere nøyaktigheten. Hver oppgave riktig besvart ble her ekstra 0.05 i nøyaktighet.

Strategiene som jeg koder kandidatenes svar til på brøksammenligningsoppgavene, er basert på Fazio et al. (2016) sine «Fraction Magnitude Comparison Strategies». For enhver besvarelse fra kandidatene gjennomgikk jeg listen for å finne hvilken strategi som passet best til enhver kandidats beskrivelse. Jeg var forberedt på at en kandidat skulle gi en strategi som var utenfor listen deres. Om dette skjedde ville jeg kategorisert den som «en annen strategi», og forsøke å gi den et eget navn. Dette hendte aldri, alle kandidatenes strategier kunne kobles opp med noe fra Fazio et al. (2016) sin liste. Jeg mener dette indikerer høy kvalitet i arbeidet til Fazio et al. (2016), i utarbeidingen av en komplett liste over brøksammenligningsstrategier.

Nøyaktighet måles for å finne ut hvor mye eleven vet om brøkmengder. Det er totalt 20 mulige riktige en kan få på undersøkelsen, og kandidatens antall riktige veies opp mot dette. Denne variabelen måles på andre og tredje delen av undersøkelsen. På andre delen av undersøkelsen får kandidaten et poeng for hver riktig brøkdel som de setter ring rundt. Den tredje delen av undersøkelsen består av en tallinje, og syv forskjellige brøkstørrelser. Tallinjen er inspirert av Fazio et al. (2016) sin «Number line estimation», men i denne delen valgte ut egne brøksstørrelser. De brøkmengdene Fazio et al. (2016) benyttet seg av virket litt for utfordrende. Jeg valgte ut brøkstørrelser selv, basert på egen erfaring med hva som passer nivået hos 8. klassinger. I denne oppgaven skal elevene plassere brøkmengdene på tallinjen, og alle mengdene har en verdi mellom 0 og 3. På tallinjen er besvarelsen korrekt hvis brøken er plassert mindre enn 0,25 unna. Ideen med å inkludere denne oppgaven med en tallinje, var for å teste hvorvidt elever har forståelse for brøk som mer enn bare «del-av-en-hel». Med denne oppgaven blir de også testet i det Pitkethly og Hunting (1996) kaller for «kvotient-forståelsen».

Hvis en ser vedlegg 1, kan en se at jeg gjorde en slurvefeil på oppgaven med tallinjen. Jeg skrev med et uhell at tallinjen var fra 1-3, men den representerer egentlig verdiene 0-3. Dette la jeg heldigvis merke til da jeg var på vei til første utdeling av undersøkelsen. Derfor fikk jeg oppklart dette med alle klassene. Likevel hadde jeg ikke tid til å rette opp i feilen før utdelingen, da det innebar å skrive ut hundrevis av ark for å rette opp i denne feilen. Heller enn å utsette utdelingen av spørreskjemaet og la hundrevis av utskrevne ark bli kastet forgjeves, valgte jeg derfor å beholde undersøkelsen som den var. Denne slurvefeilen var heller et viktig punkt å tydeliggjøre for elevene da jeg presenterte undersøkelsen, for å unngå eventuell forvirring rundt hva tallinjen representerer. Grunnen til at jeg ikke målte strategivariasjon på oppgaven med tallinjen, er fordi det ville utvidet spørreundersøkelsen for mye. Ettersom jeg valgte å ha spørreskjemaet i papirform, ville jeg vært nødt til å lage flere tabeller der kandidatene skulle skrevet sin begrunnelse under. Da jeg prøvde å sette dette opp, virket det bare rotete. Derfor lot jeg strategivariasjon være en variabel som kun måles på del 2.

Med utvalget av variablene *nøyaktighet* og *strategivariasjon*, får vi et innblikk i elevenes forståelse for brøk fra litt flere sider. Med nøyaktigheten får vi se elevenes forståelse gjennom hvor mange riktige svar de klarer å få. Denne variabelen er viktig, men isolert vil den ikke bevise elevenes mer omfattende forståelse. Kanskje kommer elevens forståelse for brøk avgjørende fra å ha lært å utvide brøker til å finne fellesnevner? Vi må vite mer om hvordan eleven klarer å komme seg til svaret. Derfor er variasjon av strategi en svært viktig variabel å ha med. Hvis en elev f. eks klarer å tydelig se at kun en av brøkene har en verdi på over en halv, hva er så vitsen med å bruke ekstra tid på å utvide brøkene for å finne fellesnevner? Jeg valgte å inkludere begge variablene, fordi de sammen vil gi et bredere perspektiv på elevens forståelse for brøk. I tillegg viser høy variasjon i strategier en selvstendighet i elevenes arbeid, fordi de klarer å selv tenke seg frem til et svar basert på informasjonen de har. Jeg er interessert i å finne ut om disse variablene og matematikkangst har en sammenheng. I diskusjonsdelen vil jeg drøfte hvorvidt matematikkangst virker å ha en sammenheng med hvordan elever vil forstå brøk, og om det har en påvirkning på kvaliteten i arbeidet deres.

Med de tre variablene som måles, satte jeg klare retningslinjer for at en undersøkelse skulle være gyldig materiale for analyse. Det første kravet som jeg stilte til materialet, var at undersøkelsen var anonym og samtykket av kandidaten. Dette var viktig for at undersøkelsen ville følge forskningsetiske retningslinjer om personvern (se kapittel 3.6). Jeg stilte krav til at kandidatenes besvarelser var tilstrekkelig for å kunne måle de tre variablene jeg var ute etter. Dersom en kandidats undersøkelse ikke inneholdt noen besvarelser som kunne måle en viss variabel, ville den bli lagt til side. En undersøkelse som er anonym, samtykket og besvarer minst et spørsmål i del 1, og minst én besvarelse i del 2 med minst én oppgitt strategi, er en undersøkelse som godkjennes til analyse.

3.3.1. Korrelasjonsanalysen

Alle resultatene fra de 87 kandidatene i undersøkelsen, har først blitt registrert i Excel. Her har jeg stilt opp elevenes matematikkangst, nøyaktighet og strategivariasjon i tre forskjellige kolonner. Disse verdiene overførte jeg deretter videre til SPSS, der jeg har gjennomført en regresjonsanalyse og en korrelasjonsanalyse. Variabelen «matematikkangst» ble lagt inn i regresjonsanalysen som en avhengig variabel, mens variablene «nøyaktighet» og «strategivariasjon» ble lagt til som uavhengige variabler. Med en regresjonsanalyse får jeg testet hvorvidt forskjell i nivåer på strategivariasjon og nøyaktighet har en effekt på nivåer av matematikkangst.

Denne oppgavens forskningsspørsmål handler om korrelasjoner mellom de ulike variablene. For å finne ut om matematikkangst har en korrelasjon med nøyaktighet og strategivariasjon, gjennomfører jeg en Pearson-korrelasjonsanalyse. Målet med en korrelasjonsanalyse er å gi oss en oppsummerende verdi av et stort datasett, som vil gi oss graden av en lineær assosiasjon mellom to målte variabler. Her er det viktig å vite hva korrelasjonskoeffisientene representerer og betyr (Taylor, 1990). Resultatene fra denne testen vil vise om det er en svak, middels, sterk eller eventuelt ingen korrelasjon mellom variablene.

3.4. Validitet og reliabilitet

Det kan ofte være utfordrende å oversette fra et språk til et annet i en forskningssammenheng (eks. Peña, 2007; Twinn, 1997). Da jeg skulle oversette Suinn og Winston (2003) sine spørsmål i min undersøkelse, måtte jeg ta enkelte hensyn. Det er viktig å ta i betraktning «kulturell ekvivalens». Dette handler om å ta høyde for at med kulturelle forskjeller, tolker en eventuelle uttrykk likt (Peña, 2007). Mange av spørsmålene jeg oversatte var sentrert rundt en klasseromskontekst. Derfor har jeg sørget for at oversettelsene for disse spørsmålene var med hensyn til hva som forsøkes å bli oppnådd i disse situasjonene. Spørsmålene handlet ofte om en situasjon der elevenes matematikkferdigheter testes på ulike vis. Et eksempel er spørsmål 3 i min undersøkelse (se vedlegg 1). Dette var basert på spørsmål 9 i Suinn og Winstons «30 item MARS scale» (2003). Spørsmålet handler om det som i USA kalles «pop-quiz», men dette praktiseres ikke til samme grad i Norge. Jeg måtte derfor gi en enkel forklaring på hva det innebærer å bli tildelt en slik type prøve. I etterkant ser jeg at jeg kunne brukt et uttrykk som f. eks «kartleggingsprøve», som er et verktøy mange lærere benytter seg av for å finne ut hva en elev kan. Jeg mener likevel at betydningen av spørsmålet blir sammenlignbart med hva Suinn og Winstons (2003) spørsmål ønsker å finne ut. For å presentere situasjonene jeg ønsker at elevene skal befinne seg i, måtte jeg ta slike hensyn til for å sørge for en kulturell ekvivalens. Jeg vil argumentere for at spørsmålene mine er av høy validitet. Spørsmålene mine har en god variasjon. De er fokusert på både test- og skolerelaterte situasjoner, samt hverdagslige situasjoner der en må bruke matematikk. Målingen av matematikkangst benytter de samme graderingene som er benyttet i Richardson og Suinn (1972), fra 1-5. Derfor bør spørsmålene gi et gyldig svar på hvorvidt kandidatene har symptomer for matematikkangst.

Funnene i denne studien vil være basert på resultater i spørreundersøkelsen. Funn er kun begrenset til målingen av disse variablene, og dette vil diskuteres ytterligere i neste del av kapittelet. Jeg har vurdert ulike metoder for hvordan data kan presenteres. Den metoden jeg bestemte meg for å bruke, var den jeg mente var mest pålitelig for å finne svarene på det vi ønsker å finne ut.

Nøyaktigheten i elevenes arbeid måles fra 0-1. Tallet for nøyaktigheten representerer antall riktige svar, veid opp mot totalt mulige riktige svar. Denne nøyaktigheten måles gjennom to forskjellige typer oppgaver. Kandidaten må klare å bedømme hvilken brøk som er størst, blant forskjellige brøkparr. I tillegg måles nøyaktighet gjennom plasseringen av ulike brøkmengder på en tallinje. Denne variabelen måles med hensyn til deres forståelse av brøk, sett fra flere forskjellige perspektiver. Alle brøkparrene jeg har inkludert i brøksammenligningsoppgavene i den andre delen av prøven, har blitt brukt tidligere i validert litteratur.

Oppgaven som spør om sammenligning av to brøksstørrelser kan gi et resultat for deres forståelse av brøk som «del-av-en-hel», «forhold» og «kvotient». Oppgaven med tallinjen kan gi oss en forståelse for om kandidatene i tillegg forstår brøk fra det Hannula (2003) kaller «måling-forståelsen». Fazio et al. (2016) sin liste over brøksammenligningsstrategier har blitt brukt for å bestemme hvilke strategier kandidatene har benyttet i de ulike oppgavene. De fleste svarene fra kandidatene i undersøkelsen var relativt tilsvarende ordrett med strategilisten til Fazio et al. (2016). Rundt strategier jeg var usikker på, spurte jeg en medstudent om en ny mening. Der vi hadde uenigheter, diskuterte vi oss frem til en løsning.

3.5. Begrensninger

Det er klare begrensninger som medfølger studien. Studien pågår i et spesifikt tidsrom der spørsmålene blir besvart. Ytre påvirkende faktorer som kunne eventuelt vært til stede under gjennomføring av undersøkelsen er ukjente. Undersøkelsen blir gjennomført i en vanlig klasseromskontekst, i en mattetime. En kan argumentere for at dette er den konteksten som uansett er mest relevant for å se hvordan matematikkangst påvirker elevenes prestasjoner med brøk. En klasseromskontekst er tross alt den plassen de er mest vant med å gjøre oppgaver som omhandler brøk. Rundt enhver matematikktime kan det være ytre påvirkende faktorer som endrer resultater, men dette er en naturlig del av enhver klasseromskontekst.

Gitt at det er en kvantitativ studie uten rom for begrunnelser, gir det klare begrensninger når en skal måle matematikkangst. Spørsmålene er basert på et spørreskjema som er validert til å gi et svar på graden av matematikkangst hos kandidatene. Likevel er det begrenset til de 12 utvalgte spørsmålene som er inkludert. I tillegg er ethvert spørsmål begrenset til graderingen som den enkelte kandidaten mener passer best. De har ofte komplekse følelser rundt en spesifikk situasjon, men dette får de ikke beskrevet i en slik undersøkelse. Fra en kvalitativ metode med f. eks bruk av intervju, kunne vi dannet en dypere forståelse rundt hva kandidaten opplever. Vi kunne fått dypere beskrivelser av ulike opplevelser eleven har i møte med matematikk. Dette kan veies opp mot andres forklaringer, og se etter typiske mønster. Med metoden i min studie er kandidatene begrenset til fem alternativer for å beskrive sin situasjon. De må forsøke å gradere opplevelsen av ulike situasjoner. Dette velger jeg å se på som en begrensning i denne type studie som jeg gjennomfører, men jeg ser ikke på det som en svakhet. Datainnsamlingen jeg benytter etterlater flere spørsmål ubesvart, men jeg får likevel svart på forskningsspørsmålene mine. Med kvantitative data og 87 elevers mengder som veies sammen, vil dette være tilstrekkelig for å kunne se etter korrelasjoner. Til videre studier som omhandler matematikkangst og opplevelser rundt matematikk, kan en kvalitativ metode være gunstig for å vite mer detaljert rundt hva elevers ulike opplevelser av matematikk kan bringe. Jeg diskuterer flere forslag til videre forskning i denne oppgavens diskusjonskapittel.

3.6. Forskningsetiske vurderinger

Videre skal jeg reflektere rundt forskningsetikk i min studie, basert på de fem retningslinjene som er gitt fra Den nasjonale forskningsetiske komité for samfunnsvitenskap og humaniora (NESH). Den første retningslinjen deres er rettet mot *forskningsfellesskapet*. Forskere skal opptre sannferdig, og står ansvarlig for å behandle hverandre med respekt og anerkjenne hverandres bidrag i forskningsfeltet. Dette punktet har jeg sørget for å overholde ved å legge frem forskningsresultater på en rettferdig måte, uten å stille meg partisk til noe forutsetning. Deres andre punkt handler om *hensyn til personer* som stiller som kandidater i undersøkelsen. Jeg har overholdt anonymitet hos alle kandidatene som deltok i undersøkelsen. Nedenfor vil jeg forklare hva jeg legger i «frivilligheten» til kandidatene. Deres tredje punkt handler om svakstilte og sårbare grupper som har særskilte behov. Undersøkelsen min inneholdt spørsmål som kanskje kan virke ubehagelig for enkelte å skulle besvare. For elever som ikke trives i matematikk, kan det være noe provoserende å skulle svare på om ulike situasjoner med matematikk er ubehagelig for dem. Spørsmålene var likevel ikke særlig inngripende, og jeg har forsøkt etter beste evne å tilpasse testen slik at alle i aldersgruppen kan svare på den. NESH sine siste to punkter er ikke relevante i min situasjon som masterstudent.

For denne studien var det ikke nødvendig å melde inn til Sikt. I løpet av undersøkelsen er det ingen personopplysninger som behandles av noe slag. Sikt har en liste over hva de anser å være personopplysninger. En undersøkelse må meldes inn til Sikt hvis forskeren behandler direkte opplysninger som navn, fødsels/personnummer, fødselsdato, kontaktinformasjon, lokaliseringsdata eller hvis en tar videoopptak eller taleopptak av kandidater som er med i prosjektet. Ved digitale undersøkelser er en også nødt til å ta hensyn til nettindikator. Deres liste over «særlige kategorier» inkluderer opplysninger som **Helseopplysninger, rasemessige** eller **etniske** opprinnelse, **politisk oppfatning**, visse **genetiske og biometriske opplysninger** og opplysninger rundt **en persons seksuelle forhold og seksuell orientering**. Det bør påpekes at innen helseopplysninger er personens psykiske tilstand et gyldig punkt. Jeg har derfor spekulert tidligere i om matematikkangst kunne falle under denne kategorien. Ifølge Sikts forklaringer på helsetilstander, gjelder deres krav til innmelding dersom en inkluderer informasjon som at en person er pasient, mottar helsehjelp eller har en diagnose. Ifølge definisjoner på matematikkangst handler det mer om at en person opplever ulike former for ubehag i møte med matematikk, men det beskrives likevel ikke som en diagnose eller en direkte helsetilstand. Sikt sier til slutt om helseopplysninger at det medregnes hvis f. eks en elev snakker om sine opplevelser om mobbing, eller hvis barnevernsbarn intervjues om erfaringer med barnevernstjenester. Min forståelse av dette er at hvis min studie hadde omhandlet mer spesifikk informasjon om elevenes opplevelse av matematikk, hadde dette vært nødvendig å melde inn til Sikt. Denne studien inneholder kun gradering av hvorvidt elever opplever ubehag rundt allerede spesifiserte situasjoner. Pga forskningsdesignet i denne oppgaven blir derfor ingen personopplysninger behandlet, som oppfyller krav om å melde inn til Sikt.

I denne undersøkelsen er jeg interessert i å finne en lett anvendbar metode for å forsikre anonymitet hos alle kandidater. Alle kandidatene fikk klar beskjed i introduksjonen til undersøkelsen at de ikke skulle skrive navnet sitt på prøven. Mesteparten av undersøkelsen hadde lukkede svaralternativer, kun med unntak av beskrivelsene deres av strategier for brøksammenligning. Besvarelsene deres i brøksammenligningsoppgavene er kun fokusert på hvordan de tenker når de skal sammenligne størrelsen på de to brøkene. Med besvarelsene kategoriserer jeg kandidatenes bruk av strategier. Jeg vil presentere to besvarelser senere i resultatdelen av studien. Besvarelsene blir benyttet for eksemplifisering. Presentasjonene av besvarelser blir gjort med sterkt hensyn til å ikke røpe noen detaljer som kan gjøre det mulig å identifisere noen kandidater. I utgangspunktet er ikke dette en stor risiko, da oppgavene ikke har et rettet fokus mot noe annet en strategier for brøksammenligning. Derfor er anonymiteten sikret hos alle kandidatene.

Denne undersøkelsen ble satt som et gjøremål i en vanlig matematikktime, litt som ulike typer oppgaver de ellers ville gjort. Kandidatene i undersøkelsen fikk ikke vite hva forskningsprosjektet handlet om. De fikk vite at det var en anonym undersøkelse de skulle være med på, og at undersøkelsen også hadde noen matematikkoppgaver de skulle besvare. Da jeg forklarte gjennomgangen av undersøkelsen i forkant, var jeg oppmuntrende til at elevene skulle besvare alle oppgavene. Likevel sa jeg også at elevene kunne hoppe over et spørsmål om de ikke forstod det, eller ikke ønsket å besvare. I tillegg var de informert om at de kunne få la være å besvare undersøkelsen om de ikke ønsket. Både lærerne og jeg var innstilt på å få undersøkelsen til å virke som vanlige matematikkoppgaver som skulle besvares. Slik kunne jeg unngå at elevene hadde usikkerheter rundt hva de skulle være med på, fordi det å besvare matematikkoppgaver er noe de ville gjort denne timen uansett. Undersøkelsen inneholder en boks øverst i høyre hjørne, der kandidaten kan krysse av for å samtykke at undersøkelsen de besvarer kan brukes i en forskningssammenheng. Dette ble tydelig informert av meg før alle kandidatene gjennomgikk undersøkelsen. Alle kandidatene som jeg bruker tilhørende besvarelser i analyse, har samtykket. På tross av dette, kan det likevel argumenteres at kandidatene ikke deltok helt «frivillig», slik som Postholm og Jakobsen (2020) sier at er viktig med enhver undersøkelse. Det var ikke basert på elevenes egen vilje at de skulle delta i undersøkelsen, det var heller at alle fikk den tildelt og kunne levere blankt eller la være å samtykke til forskning. Kanskje kan elever som synes det er ubehagelig å svare på en slik undersøkelse, føle på et slags gruppepress. Alle andre svarer på undersøkelsen, og dermed vil denne eleven kanskje heller bare psyke seg opp til å få det overstått. I slike tilfeller svarer ikke eleven frivillig, men heller fordi den føler at den må. Elevene fikk mulighet til å levere blankt eller ikke samtykke til forskning. Derfor hevder jeg at denne oppgaven ikke bryter noen forskningsetiske retningslinjer.

4.0 Metode for analyse

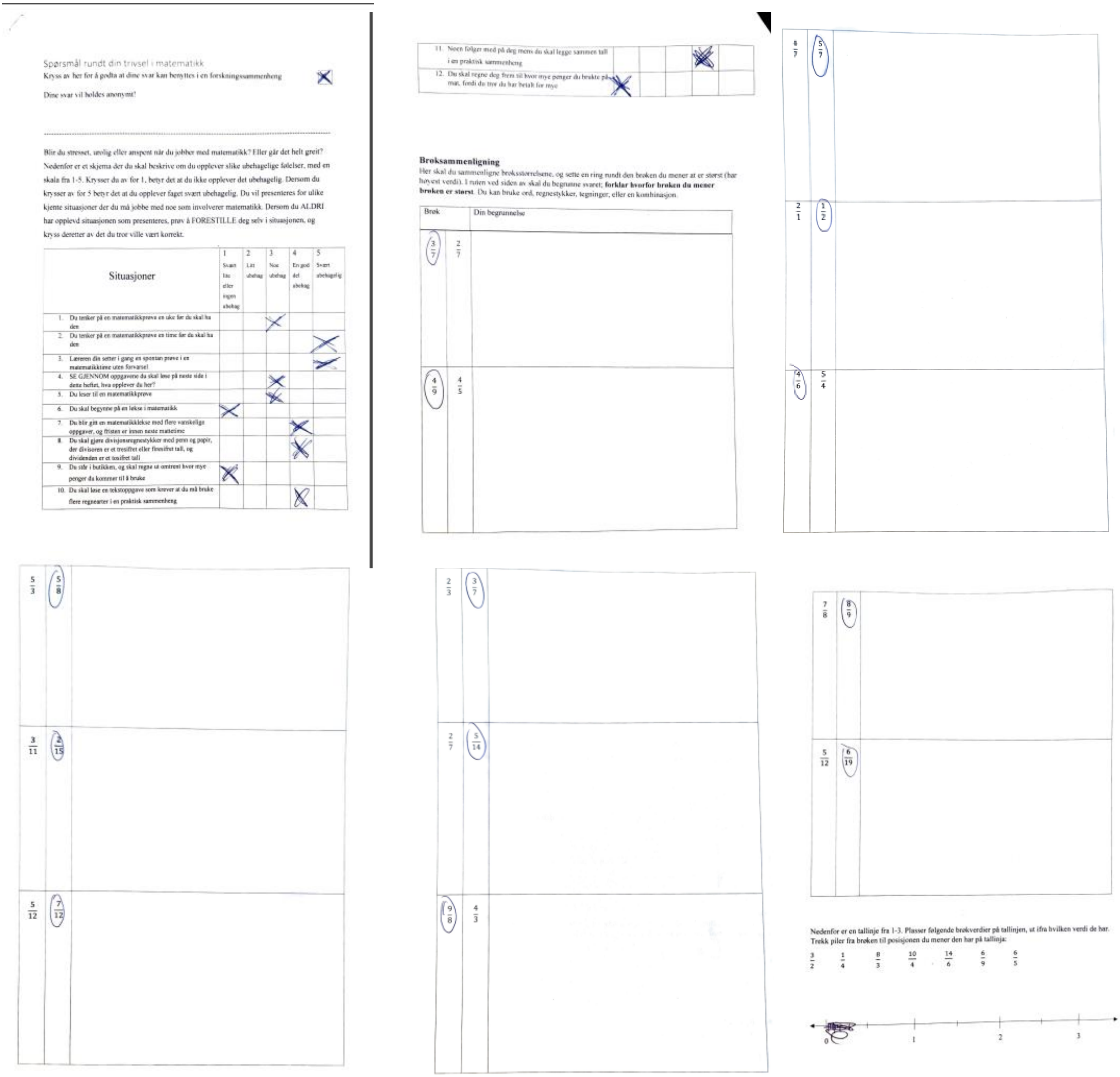
I dette kapittelet viser jeg trinnvis hvordan jeg gjennomførte analysen for denne oppgaven. For å se hele skjemaet jeg delte ut til kandidatene, se vedlegg 1.

Trinn 1: Utdeling av spørreskjema

Analysen jeg gjorde startet med at jeg delte ut spørreskjemaet til alle kandidatene, i de fire klassene som deltok. Jeg forklarte de ulike oppgavene, og delte ut undersøkelsen. Kandidatene besvarte oppgavene, og leverte inn da de var ferdige. Svært få elever brukte under 20 minutter på å besvare undersøkelsen, og maksimal tillatte tid til å gjennomføre var 30 minutter. Etter innsamling av alle undersøkelsene i en klasse, la jeg dem i en bunke. Videre var det klart for neste trinn, der jeg skulle behandle de ulike besvarelsene.

Trinn 2: Godkjenning av materiale til analyse

For at kodingen av de forskjellige undersøkelsene skulle gå mest mulig effektivt, valgte jeg å gjennomgå enhver av dem for å skille ut de ugyldige. Jeg kunne gjort denne prosessen underveis med kodingen av de tre variablene. I forkant av kodingen av besvarelsene var jeg skeptisk for om det var mange kandidater som ikke hadde gode nok besvarelser, og at jeg måtte gjennomføre i flere klasser for å ha tilstrekkelig materiale til analysen. Da jeg gjennomgikk de daværende 95 besvarelsene, var det kun 8 som måtte skilles ut. I tillegg ble jeg positivt overrasket over at de aller fleste kandidatene besvarte de aller fleste spørsmålene, som var mer enn tilstrekkelig for å kunne måle variablene. Av de 8 besvarelsene jeg måtte skille ut, var de fleste av dem begrunnet at kandidaten ikke ville forklare noen av sine brøksammenligninger. Nedenfor er et eksempel på en besvarelse som ikke kunne godkjennes.



Figur 1

Her ser en tydelig at kandidaten besvarte del 1, i tillegg til å besvare hvilken brøk som dem mente var størst. Jeg hadde derfor nok materiale til to av variablene, matematikkangst og nøyaktighet. Kandidaten oppga ingen strategier i del 2, som også er et krav. Fordi jeg ikke har materiale til å måle en av variablene, måtte jeg derfor legge denne til side.

Trinn 3: Gjennomgang av undersøkelsene

Etter jeg hadde atskilt de undersøkelsene jeg ikke kunne inkludere, gikk jeg gjennom de 87 undersøkelsene som var gyldige. I hver undersøkelse jeg så over startet jeg med å nummerere undersøkelsen. Dette var for å kunne gå tilbake for å finne en undersøkelse senere, dersom nødvendig. I tillegg var det viktig for å ha kontroll over hvilke undersøkelser jeg hadde gjennomgått, og for å vite hvor mange undersøkelser som totalt er blitt inkludert i dataene. Etter nummerering begynte jeg å regne ut matematikkangst. I de aller fleste undersøkelsene besvarte kandidatene alle de 12 spørsmålene. Jeg så alltid etter om alle spørsmålene var besvart. Dersom en kandidat hoppet over et spørsmål, var løsningen å bare dele summen av alle svarene deres på 11, ikke 12. Etter jeg hadde regnet ut nivået for matematikkangst på en undersøkelse, begynte jeg med å regne ut nøyaktigheten til kandidaten. Først så jeg gjennom oppgavene i del 2, med sammenligning av brøkparr. Denne gjennomgangen gikk svært fort, men jeg gikk alltid over to ganger for å sørge for at jeg ikke tellet feil første gang. Etter jeg hadde tellet antall riktige svar i del 2, begynte jeg å se på antall riktige på del 3. Med tallinjen var det viktig å se nøyaktig for å kunne bedømme om kandidaten var innen ¼ fra helt korrekt. Dersom jeg ble usikker på en besvarelse, var min løsning å måle. Jeg brukte en linjal til å måle enden av den tegnede streken, og til å finne det helt nøyaktige punktet for hva som ville være korrekt svar. Det var omtrent 44 mm fra et heltall til det andre. Hvis enden av elevens strek var innen 11mm fra der jeg målte opp at det korrekte svaret ville være, ble dette godkjent som korrekt. På de aller fleste undersøkelsene var det ingen besvarelser som var vanskelige å bedømme. Denne målingen var kun nødvendig noen få ganger.

Til slutt måtte jeg kode kandidatenes strategibruk. Dette var den mest tidkrevende prosessen. Her studerte jeg kandidatenes besvarelser, og hadde Fazio et al. (2016) sin liste over brøksammenligningsstrategier liggende på siden. De fleste strategiene som ble benyttet av kandidatene var nært ordrett fra listen deres. Med besvarelser som «nevneren er lik, men telleren er større», eller «2/3 er mer enn en halv, men ikke 3/7», er det lett å koble opp disse besvarelsene med strategiene «equal denominators» og «halves reference» (Fazio et al., 2016, s. 5). Med de besvarelsene jeg var usikker på hvilken strategi som passet best å kategorisere, noterte jeg meg ned. Litt senere møtte jeg med en medstudent som kjente til hva undersøkelsen gikk ut på. Sammen så vi på listen over brøksammenligningsstrategier og de besvarelsene jeg var usikker på. Vi kom til enighet om hvilken strategi fra listen som passet best til de ulike besvarelsene. Dette gjorde meg litt mer sikker på at jeg hadde kodet de riktige strategiene.

Gjennomgang av undersøkelse: Eksempel

For å tydeliggjøre prosessen, vil jeg vise til et eksempel av en kandidats besvarelse. Jeg gjennomgår hvordan kandidatens matematikkangst ble målt, hvordan jeg målte nøyaktigheten og hvordan jeg kodet strategiene.

Kandidatens besvarelse ser ut som følgende:

37

Spørsmål rundt din trivsel i matematikk

Kryss av her for å godta at dine svar kan benyttes i en forskningssammenheng ☒

Dine svar vil holdes anonymt!

Blir du stresset, urolig eller anspent når du jobber med matematikk? Eller går det helt greit? Nedenfor er et skjema der du skal beskrive om du opplever slike ubehagelige følelser, med en skala fra 1-5. Krysser du av for 1, betyr det at du ikke opplever det ubehagelig. Dersom du krysser av for 5 betyr det at du opplever faget svært ubehagelig. Du vil presenteres for ulike kjente situasjoner der du må jobbe med noe som involverer matematikk. Dersom du ALDRI har opplevd situasjonen som presenteres, prøv å FORESTILLE deg selv i situasjonen, og kryss deretter av det du tror ville vært korrekt.

Situasjoner	1 Svært lite eller ingen ubehag	2 Litt ubehag	3 Noe ubehag	4 En god del ubehag	5 Svært ubehagelig
1. Du tenker på en matematikkprøve en uke før du skal ha den		X			
2. Du tenker på en matematikkprøve en time før du skal ha den				X	
3. Læreren din setter i gang en spontan prøve i en matematikktime uten forvarsel				X	
4. SE GJENNOM oppgavene du skal løse på neste side i dette heftet, hva opplever du her?					
5. Du leser til en matematikkprøve		X			
6. Du skal begynne på en lekse i matematikk	X				
7. Du blir gitt en matematikklekse med flere vanskelige oppgaver, og fristen er innen neste mattetime			X		
8. Du skal gjøre divisjonsregnestykker med penn og papir, der divisoren er et tresifret eller firesifret tall, og dividenden er et tosifret tall			X		
9. Du står i butikken, og skal regne ut omtrent hvor mye penger du kommer til å bruke	X				
10. Du skal løse en tekstoppgave som krever at du må bruke flere regnearter i en praktisk sammenheng		X			
11. Noen følger med på deg mens du skal legge sammen tall i en praktisk sammenheng		X			
12. Du skal regne deg frem til hvor mye penger du brukte på mat, fordi du tror du har betalt for mye		X			

Brøksammenligning

Her skal du sammenligne brøksstørrelsene, og sette en ring rundt den brøken du mener at er størst (har høyest verdi). I ruten ved siden av skal du begrunne svaret; **forklar hvorfor brøken du mener brøken er størst**. Du kan bruke ord, regnestykker, tegninger, eller en kombinasjon.

Brøk		Din begrunnelse
$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	Jeg tror $\frac{3}{7}$ har høyeste verdi fordi 3 tallet er store en 2 og begge har samme nevner 7
$\frac{4}{9}$	$\frac{4}{5}$	Jeg tror $\frac{4}{5}$ har høyere verdi fordi begge tallene har samme teller 4, men ikke samme nevner 9 og 5 4 er nærmere 5 så derfor får du mer vis du har $\frac{4}{5}$ av noe mens vis du ~~får~~ $\frac{4}{9}$ får du mindre.

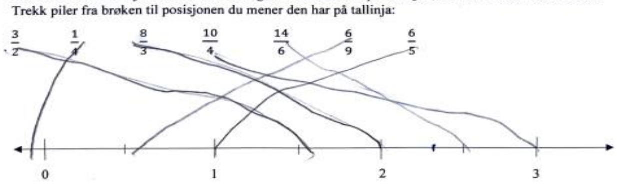
$\frac{4}{7}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{5}{7}$ har høyere verdi fordi begge har samme nevner 7 og telleren 5 er høyere en 4
$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{1}$ har høyere verdi en fordi du får 2 hele tall i mens på den andre brøken får du bare halvparten 50%.
$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{4}$ har høyere verdi fordi du får 1 hel og $\frac{1}{4}$ i mens på den andre får du bare $\frac{4}{6}$ ikke en hel

$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{3}$ er høyere fordi du får en hel i mens på den andre får du ikke en hel
$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{3}{11}$ er større fordi nevneren er lavere og telleren er større så derfor er den høyere verdi.
$\frac{5}{12}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$ er høyere fordi begge har samme nevner, men ikke teller 7 er høyere en 5

$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{3}$ er høyere fordi nevneren er mindre så derfor er den mest mere en hel.
$\frac{2}{7}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{5}{14}$ er høyere fordi vis du dobler $\frac{2}{7}$ får du $\frac{4}{14}$ så derfor er $\frac{5}{14}$ større
$\frac{9}{8}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$ er høyere fordi vis du får de til felles nevner så er $\frac{9}{8}=\frac{27}{24}$ og $\frac{4}{3}=\frac{32}{24}$

$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$ er større fordi vis du får de til felles nevner er $\frac{7}{8}=\frac{63}{72}$ og $\frac{8}{9}=\frac{64}{72}$
$\frac{5}{12}$	$\frac{6}{19}$	$\frac{6}{19}$ er større fordi vis du får de i felles nevner ~~er~~ $\frac{5}{12}=\frac{72}{228}$ og $\frac{6}{19}=\frac{95}{228}$

Nedenfor er en tallinje fra 1-3. Plasser følgende brøkverdier på tallinjen, ut ifra hvilken verdi de har. Trekk piler fra brøken til posisjonen du mener den har på tallinja:



Figur 2

Beregning av matematikkangst

For å regne matematikkangst hos denne kandidaten la jeg sammen alle besvarelsene på del 1.

Situasjoner	1 Svært lite eller ingen ubehag	2 Litt ubehag	3 Noe ubehag	4 En god del ubehag	5 Svært ubehagelig
1. Du tenker på en matematikkprøve en uke før du skal ha den		X			
2. Du tenker på en matematikkprøve en time før du skal ha den				X	
3. Læreren din setter i gang en spontan prøve i en matematikktime uten forvarsel				X	
4. SE GJENNOM oppgavene du skal løse på neste side i dette heftet, hva opplever du her?					
5. Du leser til en matematikkprøve		X			
6. Du skal begynne på en lekse i matematikk	X				
7. Du blir gitt en matematikklekse med flere vanskelige oppgaver, og fristen er innen neste mattetime			X		
8. Du skal gjøre divisjonsregnestykker med penn og papir, der divisoren er et tresifret eller firesifret tall, og dividenden er et tosifret tall			X		
9. Du står i butikken, og skal regne ut omtrent hvor mye penger du kommer til å bruke	X				
10. Du skal løse en tekstoppgave som krever at du må bruke flere regnearter i en praktisk sammenheng		X			
11. Noen følger med på deg mens du skal legge sammen tall i en praktisk sammenheng		X			
12. Du skal regne deg frem til hvor mye penger du brukte på mat, fordi du tror du har betalt for mye		X			

Figur 3

Da be regnestykket:

$2 + 4 + 4 + 2 + 1 + 3 + 3 + 1 + 2 + 2 + 2 = 26$

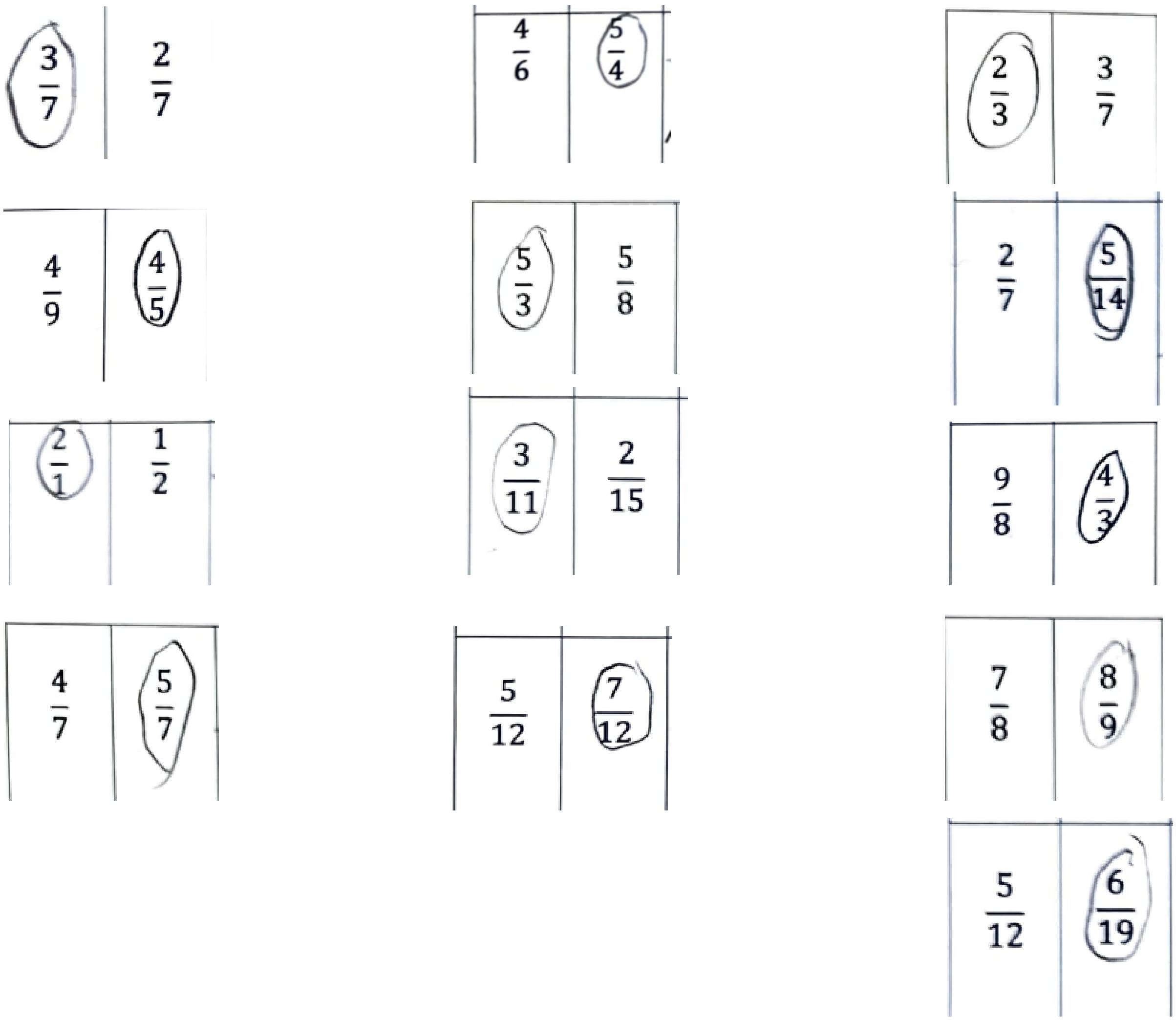
Kandidaten besvarte her ikke oppgave 4, men har besvart de 11 andre spørsmålene. Derfor dividerte jeg summen på 11, for å finne gjennomsnittet.

$$26 \div 11 = 2{,}3636363 \ldots$$

Jeg avgrenset til kun to desimaler for matematikkangst nivå, så denne kandidatens nivå for matematikkangst er 2,36 av totalt mulige 5. Denne eleven har relativt lav grad av matematikkangst.

Beregning av nøyaktighet

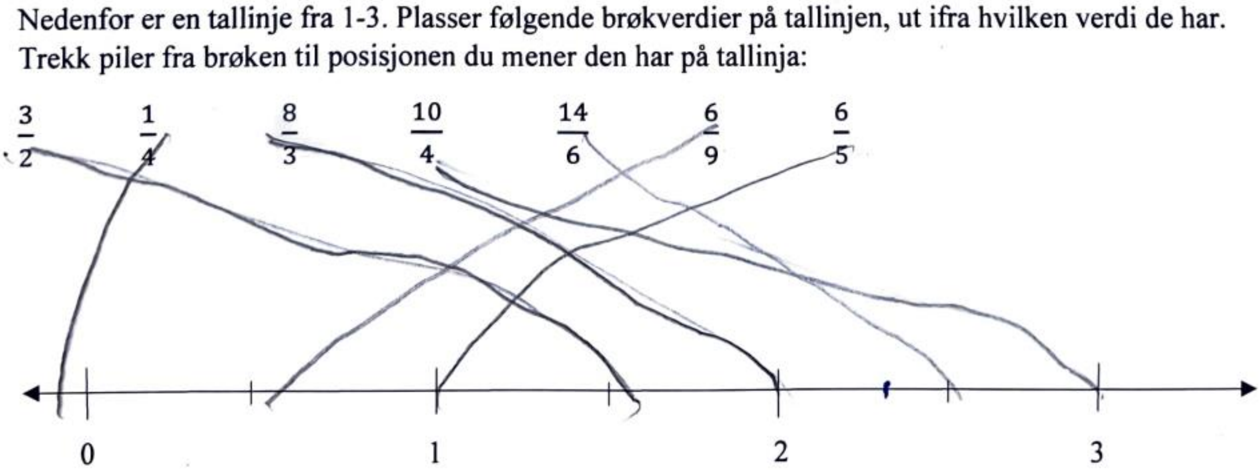
Her måtte jeg se over alle besvarelsene hos kandidaten, og telle antall korrekte svar. Antall mulige riktig er 20. Først tellet jeg antall riktige på brøkparrene i del 2. Alle besvarelsene er i figur 4, vist nedenfor.



Figur 4

I del 2 besvarte kandidaten på alle oppgavene. Her er det kun én oppgave som er feil svar, nemlig den siste og nederste. Her mente kandidaten at $\frac{6}{19}$ er større enn $\frac{5}{12}$. Dette er feil. $\frac{5}{12}$ har en verdi på nesten en halv, kun $\frac{1}{12}$ ifra. $\frac{6}{18}$ tilsvarer en tredjedel, som betyr at $\frac{6}{19}$ er mindre enn en tredjedel. Dermed må $\frac{5}{12}$ være større. Dette er eneste feilen som ble gjort på del 2, så kandidaten har allerede fra denne delen 12 korrekte. Videre studerte jeg tallinjen på del 3, for å se hvor mange brøker kandidaten klarte å bedømme mengden til.

Del 3:

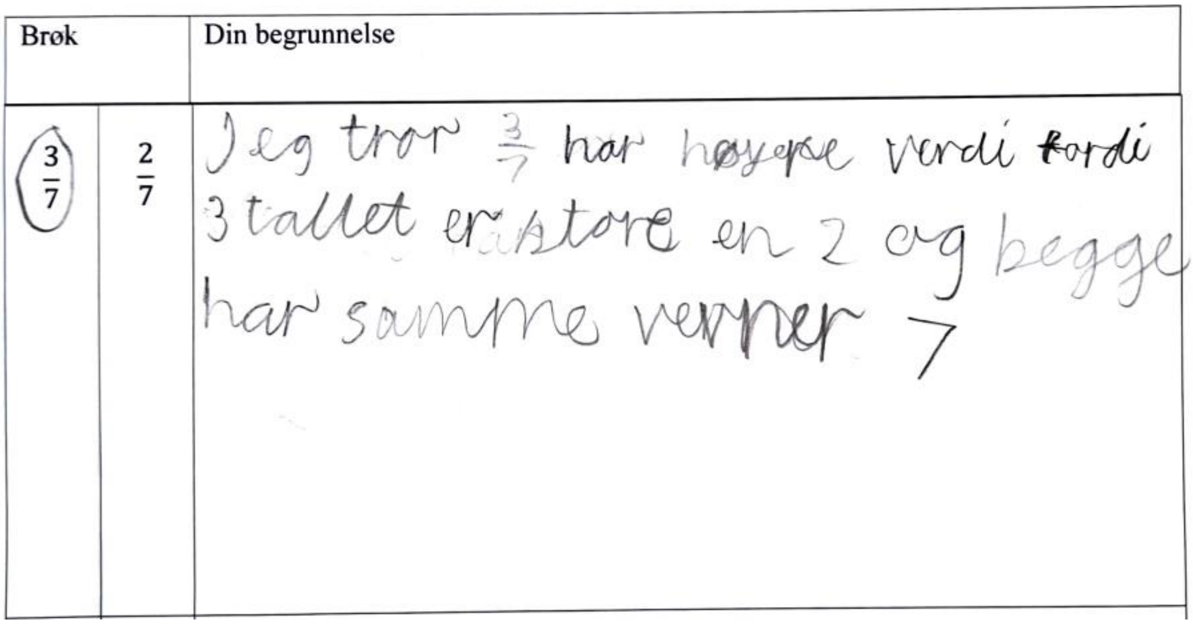


Figur 5

Med $\frac{3}{2}$ trekker kandidaten en strek som lander på linjen rett forbi punktet til 1,5. Kanskje mente kandidaten at den var akkurat 1,5, men var litt unøyaktig med å trekke streken. Det kan spekuleres i, men der streken krysser tallinjen er definitivt mindre enn ¼ ifra 1,5 som er det korrekte svaret. Derfor regnes dette som korrekt. Kandidaten svarer feil på brøkene $\frac{1}{4}$, $\frac{8}{3}$, og $\frac{10}{4}$, da alle disse er over $\frac{1}{4}$ ifra korrekt svar. Ved $\frac{14}{6}$ satte kandidaten strek akkurat rett over 2,5. Her ble jeg noe usikker ved å kun bruke øyemål, og derfor måtte jeg måle opp nøyaktig med linjal. Jeg satte opp et tegn med tusj der det korrekte svaret ville være på tallinjen, målt nøyaktig på millimeteren. Her fikk jeg at streken som kandidaten trakk på tallinjen var 8 mm ifra det helt nøyaktige punktet. Det var derfor innenfor grensa på $\frac{1}{4}$ unna, og det regnes som et korrekt svar. $\frac{6}{9}$ og $\frac{6}{5}$ var også korrekte svar. Kandidaten fikk dermed 12 riktige svar på del 2, og 4 riktige svar på del 3. Kandidatens totalt riktige ble derfor 16 av totalt mulige 20. Kandidatens nøyaktighet er $\frac{16}{20} = 0{,}8$.

Beregning av strategivariasjon

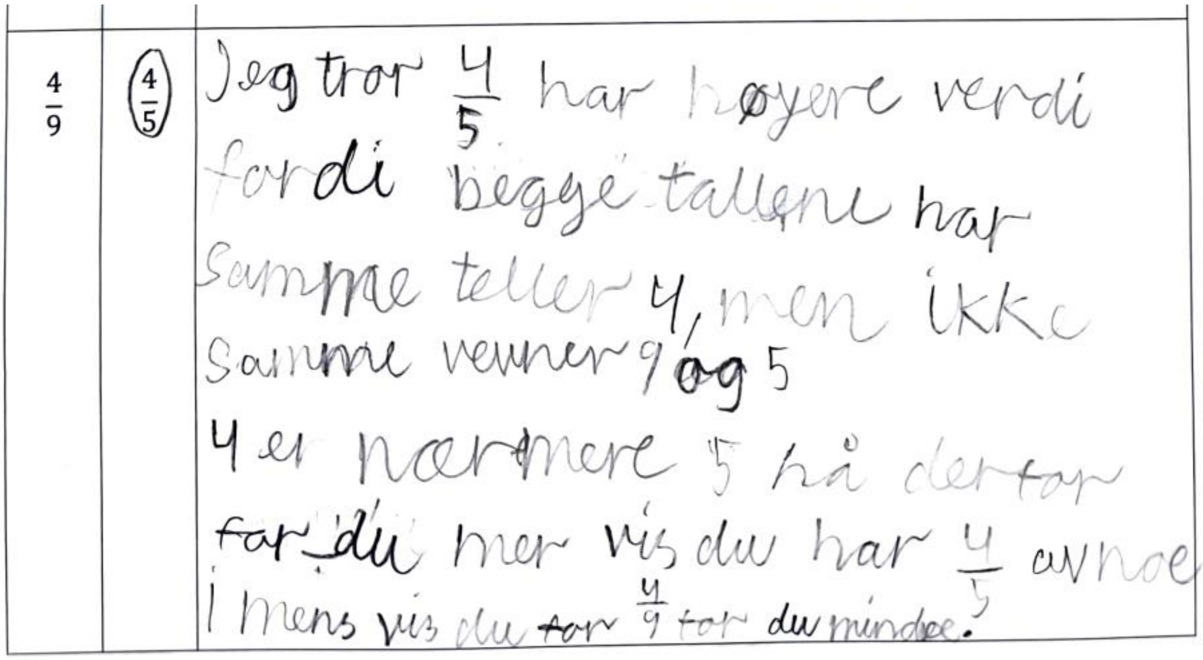
I beregning av strategivariasjon er det viktig å se nøye gjennom enhver besvarelse i del 2 av undersøkelsen. En bør ha Fazio et al. (2016) sin liste over strategier ved siden av seg, for å kunne finne frem til den strategien som passer med kandidatens besvarelse. Videre skal jeg forklare hvilke strategier jeg mener kandidaten bruker.



Brøk		Din begrunnelse
$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	Jeg tror $\frac{3}{7}$ har høyere verdi ~~fordi~~ 3tallet er store en 2 og begge har samme vevner 7

Figur 6

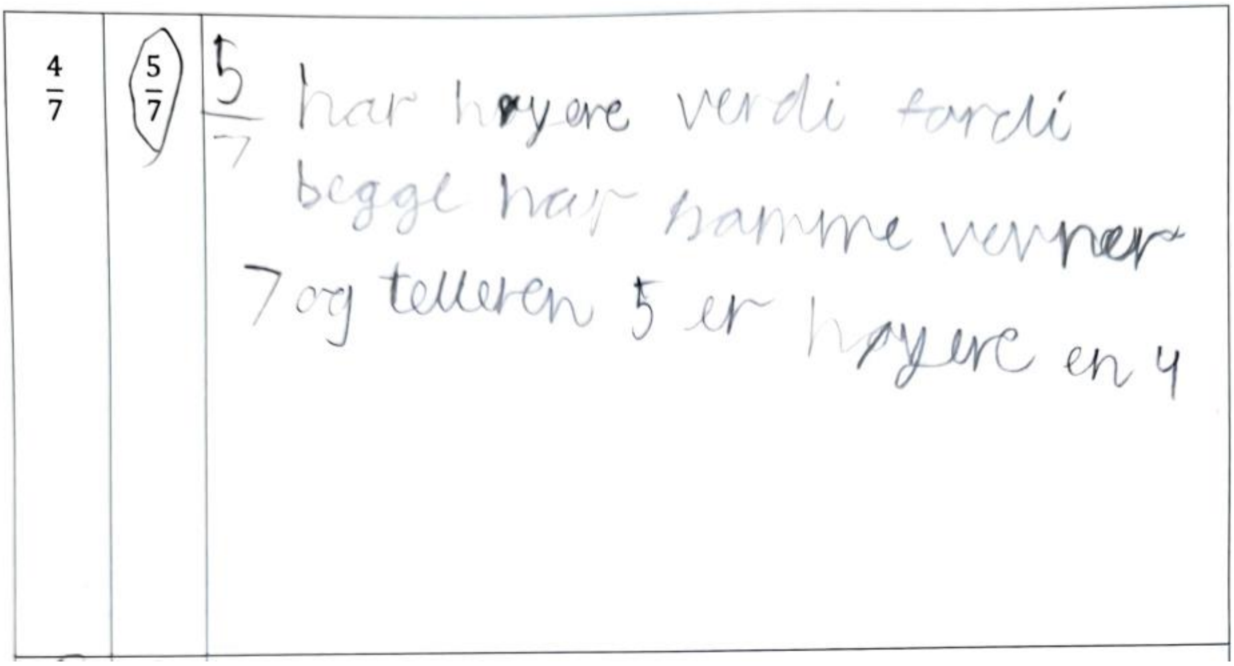
I denne første besvarelsen ser vi at kandidaten er oppmerksom på at nevnerne er like, men den ene har høyere teller. Denne stemmer fint med strategien «samme nevner». Denne strategien forklares dypere som «hvis begge brøkene har samme nevner, er brøken med høyest teller størst» (Fazio et al., 2016, s.5).



$\frac{4}{9}$	$\frac{4}{5}$	Jeg tror $\frac{4}{5}$ har høyere verdi fordi begge tallene har samme teller 4, men ikke samme nevner 9 og 5 4 er nærmere 5 så derfor ~~far~~ du mer vis du har $\frac{4}{5}$ av noe mens vis du ~~for~~ $\frac{4}{9}$ ~~for~~ du mindre.

Figur 7

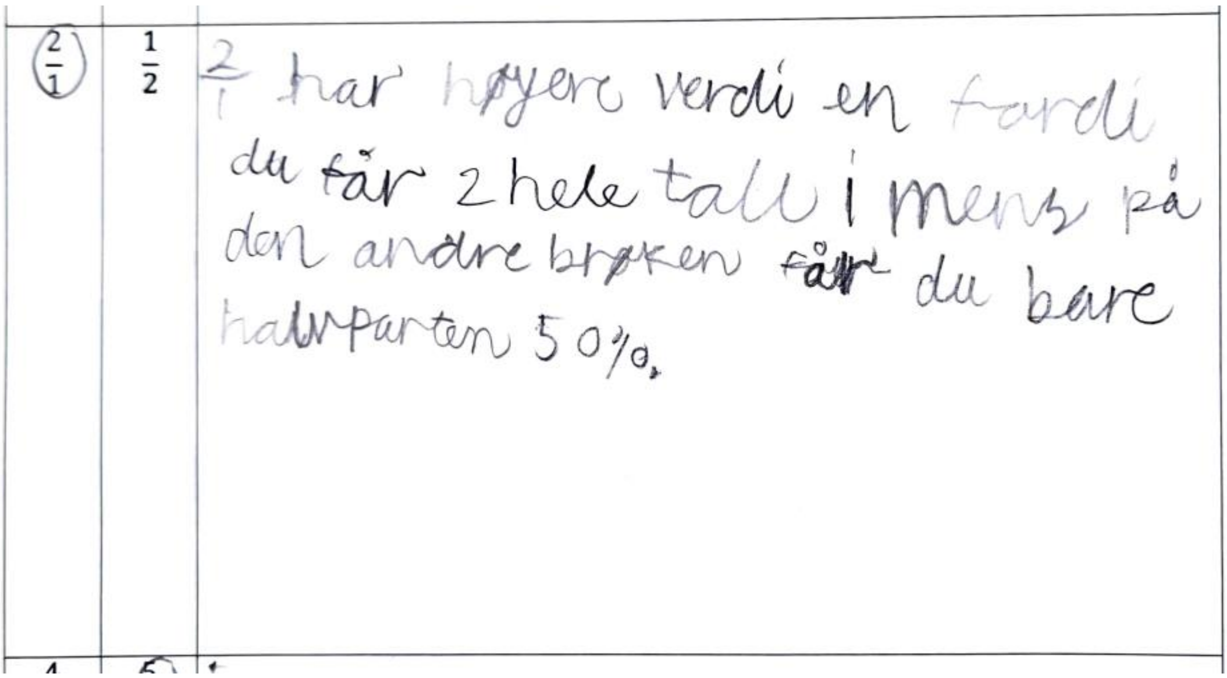
Kandidaten viser her forståelse for at hvis tellerne er like, vil det være brøk med lavere nevner som har høyest verdi. Denne besvarelsen passer til strategien «lik teller». Denne strategien forklares dypere med «hvis begge brøkene har samme teller, er brøken med lavest nevner størst» (Fazio et al., 2016, s. 5). Foreløpig har denne kandidaten benyttet 2 strategier.



$\frac{4}{7}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{5}{7}$ har høyere verdi fordi begge har samme nevner 7 og telleren 5 er høyere en 4

Figur 8

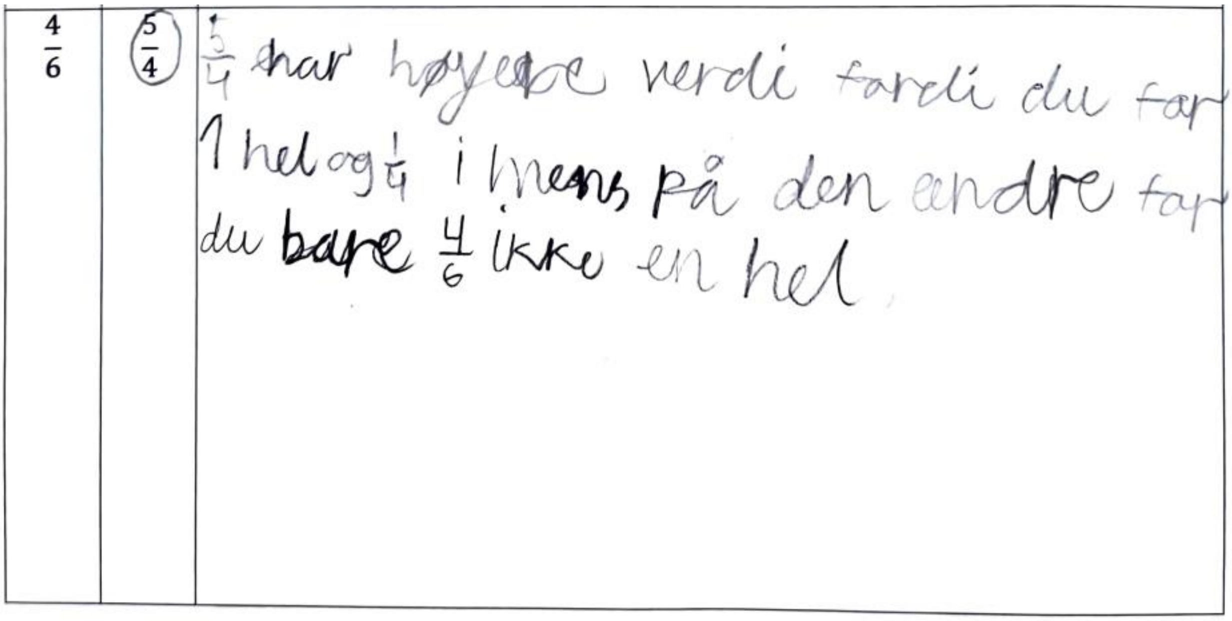
Her gir kandidaten en relativt lik forklaring som første besvarelse. Denne passer også med strategien «lik teller». (Fazio et al., 2016, s. 5).



$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{1}$ har høyere verdi en fordi du får 2 hele tall i mens på den andre brøken ~~får~~ du bare halvparten 50%.

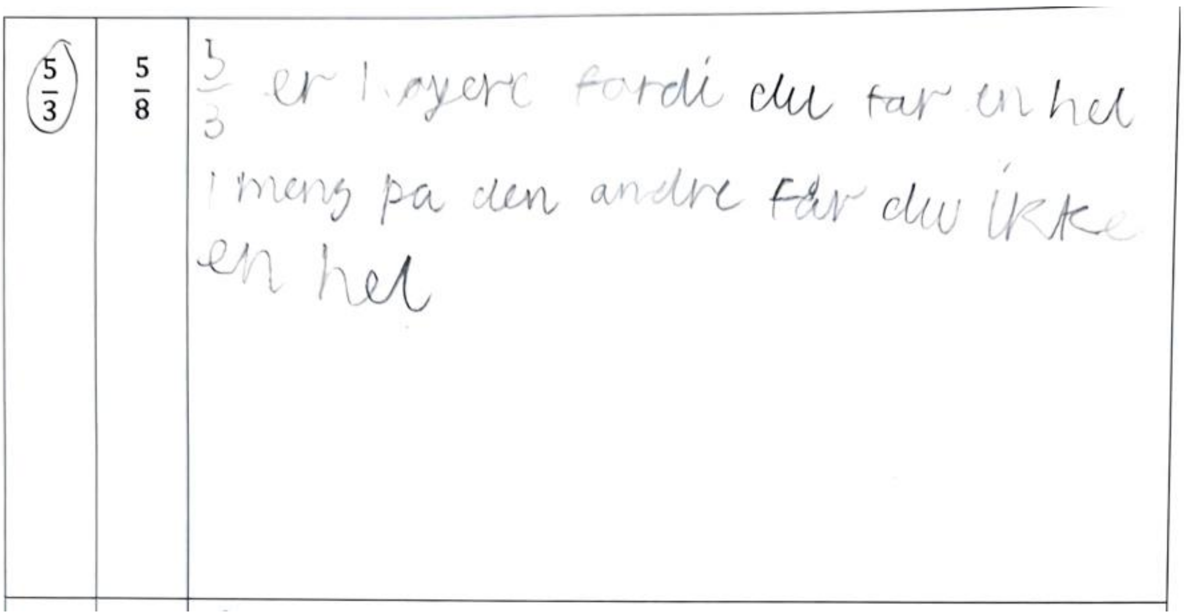
Figur 9

Som en ser på figur 9, påpeker kandidaten at $\frac{2}{1}$ er det samme som 2, mens den andre er en halv. Her mener jeg at strategien som benyttes er «generell mengde referanse» (Fazio et al. 2016, s. 5). Med denne strategien sammenligner en brøkene med en kjent mengde. Eleven vet at disse brøkene representerer kjente mengder, og derfor er 2 større. Til nå har kandidaten benyttet 3 strategier.



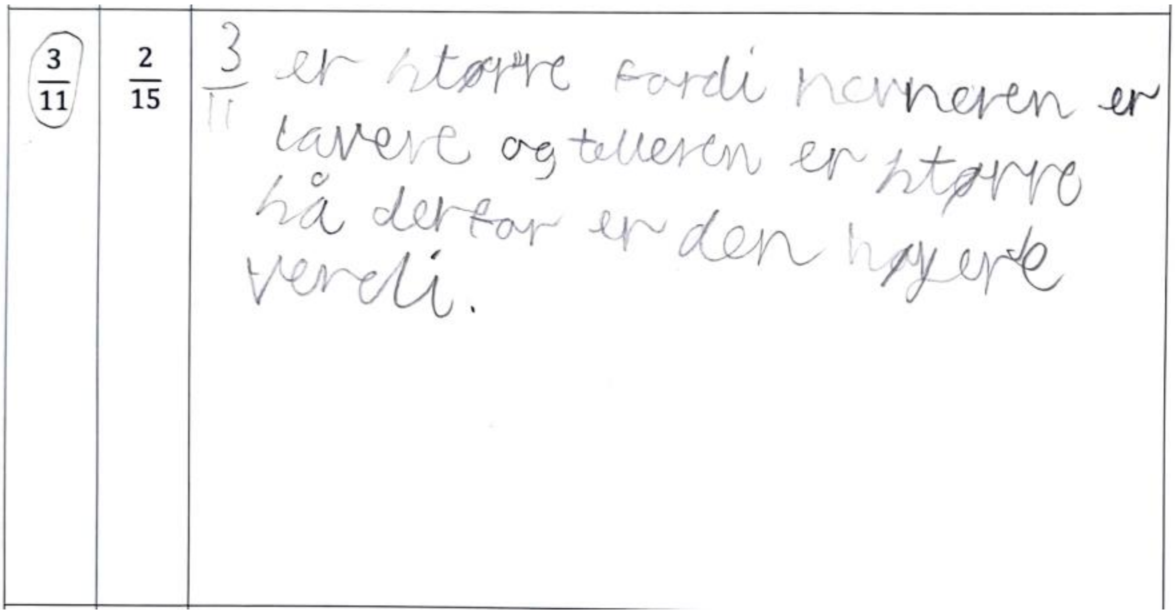
Figur 10

Her benyttes samme strategi som i forrige besvarelse. 1 er den mengden som begge brøkene sammenlignes med, og kandidaten vet at kun én av dem har en verdi høyere enn 1.



Figur 11

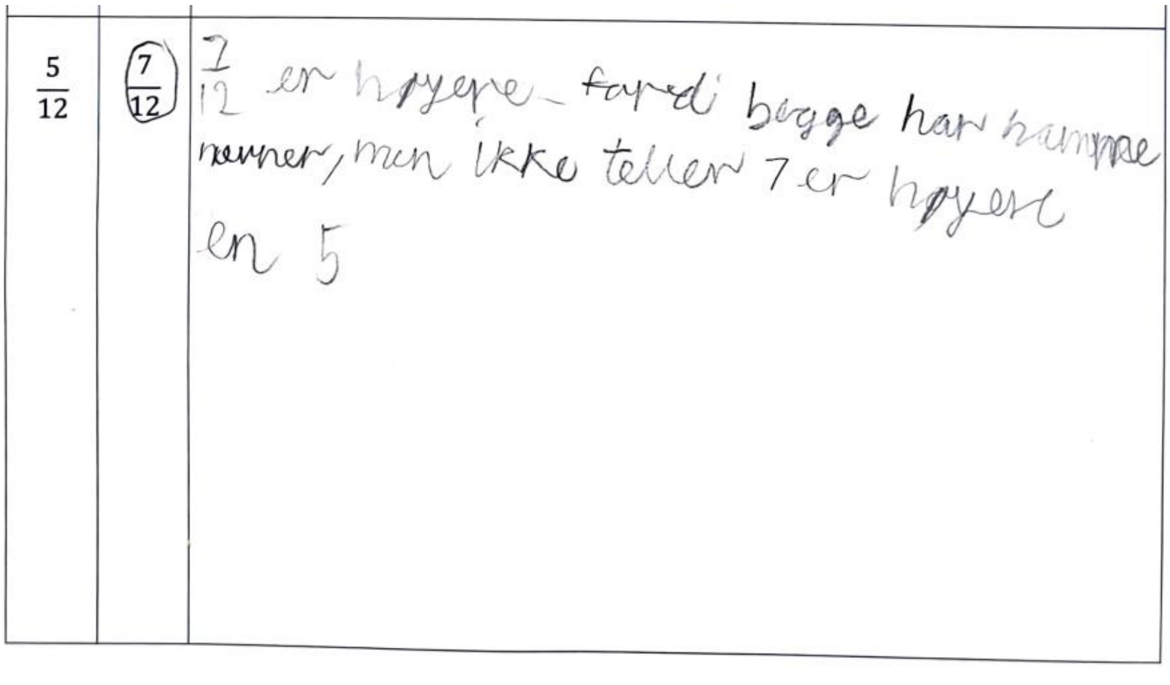
Nok en gang bruker han 1 som referanse, og samme strategi som de to forrige.



$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{3}{11}$ er større fordi nevneren er lavere og telleren er større så derfor er den høyere verdi.

Figur 12

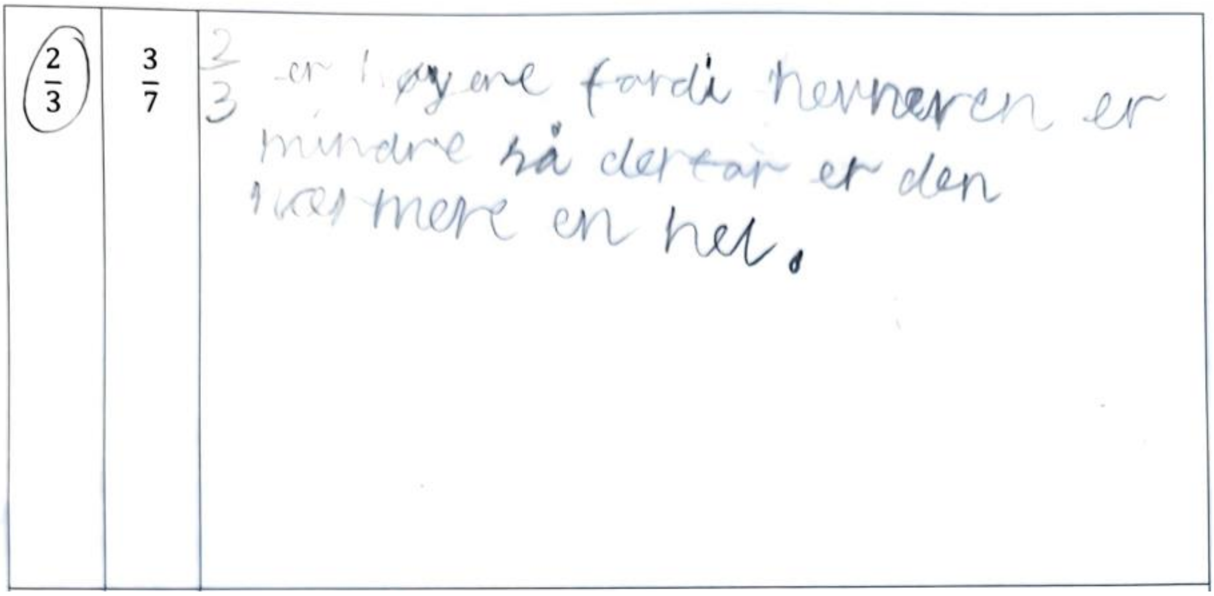
Denne besvarelsen passer til strategien «større teller og lavere nevner». Denne strategien forklares som «den større brøken har høyere teller og lavere nevner enn den mindre brøken» (Fazio et al., 2016, s. 5). Dette er fjerde strategien som kandidaten bruker.



$\frac{5}{12}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{12}$ er høyere fordi begge har samme nevner, men ikke teller 7 er høyere en 5

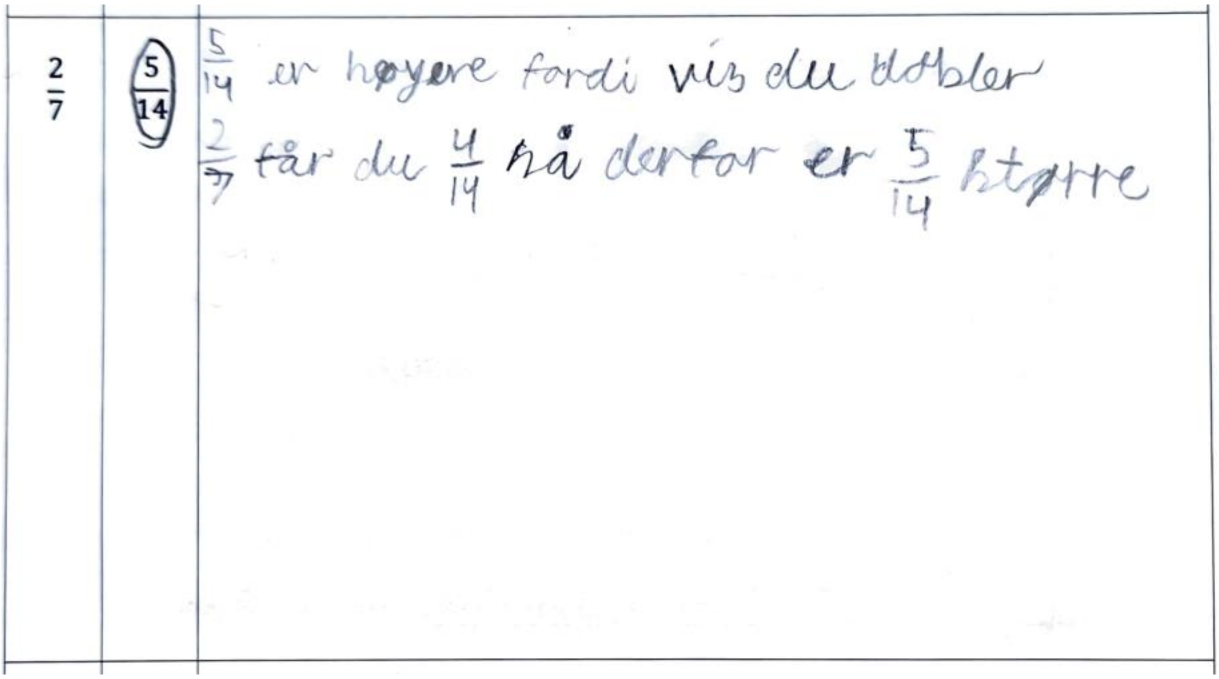
Figur 13

På Figur 13 bruker kandidaten strategien «samme nevner» (Fazio et al, 2016, s. 5).



Figur 14

Her begrunner kandidaten med at neveren er mindre, så derfor er $\frac{2}{3}$ større. Denne besvarelsen passer med strategien «lavere nevner», at den brøken som har lavest nevner er den største (Fazio et al., 2016, s. 5). Dette er den femte strategien som kandidaten benytter.



Figur 15

Kandidaten utvider en av brøkene slik at de får fellesnevner. Derfor er $\frac{5}{14}$ størst. Denne besvarelsen passer med strategien «multipliser for fellesnevner» (Fazio et al., 2016, s. 5). Dette er sjette strategien som blir brukt. I de resterende tre oppgavene finner også kandidaten fellesnevner, så derfor er det totalt 6 forskjellige strategier for brøksammenligning som benyttes.

Trinn 4: Oppstilling i Excel

Jeg oppstilte resultatene hos de forskjellige kandidatene i Excel. De tre variablene *matematikkangst, nøyaktighet* og *antall strategier* ble oppstilt i tre kolonner, og resultatene hos de ulike kandidatene ble her radvis oppstilt slik som på bildet under.

Kandidater	matematikkangst	Nøyaktighet	Antall strategier
1	1,75	0,60	7
2	1,92	0,50	4
3	3,75	0,65	7
4	3,20	0,55	3
5	3,58	0,45	5
6	2,91	0,50	1
7	2,50	0,65	6
8	2,17	0,60	7

Figur 16

Etter jeg hadde oppstilt variablene hos alle de 87 kandidatene, kunne jeg regne meg frem til resultatet. Jeg bestemte meg for å fordele elevenes resultater etter graden av matematikkangst, og det mest naturlige var å fordele dem i intervallene [1-2>, [2-3>, [3-4> og [4-5]. For å tydeliggjøre presentasjonen av de ulike resultatene, fargekodet jeg disse gruppene. Jeg fordelte også kandidatenes resultater klassevis. Dette gjorde at jeg kunne dele det totale resultatet i enhver klasse med læreren. Jeg kunne sammenligne hvilke klasser som hadde høyest matematikkangst, og reflektere rundt hvor godt elevene i de ulike klassene virker å forstå brøk.

Nedenfor vil jeg vise eksempel av hvordan jeg regnet gjennomsnitt av en av klassene jeg gjennomførte undersøkelsen i.

Kandidater	Angstscore	Nøyaktighet	Strategier
42	2,17	0,65	7
43	4,5	0,35	2
44	2,17	0,50	5
45	2,33	0,30	4
46	3,16	0,55	4
47	3,58	0,75	5
48	3	0,75	4
49	3	0,15	2
50	1,92	0,60	6
51	3,92	0,50	3
52	3,67	0,45	2
53	3,33	0,45	2
54	4,33	0,10	4
55	3,33	0,45	2
56	1,92	0,55	3
57	1,92	0,75	1
58	3,58	0,90	2
59	2,67	0,55	6
60	2,83	0,90	5
61	1,33	0,50	4
62	2,17	0,90	4
63	1,5	1,00	7

Figur 17

Figur 17 er et utklipp av tabellen for én av klassene. Jeg nummererte kandidatene nedover i kolonnen til venstre, og fylte inn variablene ved siden.

Kandidater [1-2> (5)		**Kandidater [2-3> (6)**	
Nøyaktighet	Strategivariasjon	Nøyaktighet	Strategivariasjon
60 %	6	65 %	7
55 %	3	50 %	5
75 %	1	30 %	4
50 %	4	55 %	6
100 %	7	90 %	5
Snitt 68%	**4,2**	90 %	4
		Snitt 64,5%	**5,17**
Kandidater [3-4> (9)		**Kandidater [4-5] (2)**	
Nøyaktighet	Strategivariasjon	Nøyaktighet	Strategivariasjon
55 %	4	35 %	2
75 %	5	10 %	4
75 %	4	**Snitt 22,5%**	**Snitt 3**
15 %	2		
50 %	3		
45 %	2		
90 %	2		
45 %	2		
45 %	2		
Snitt 55%	**2,89**		

Figur 18

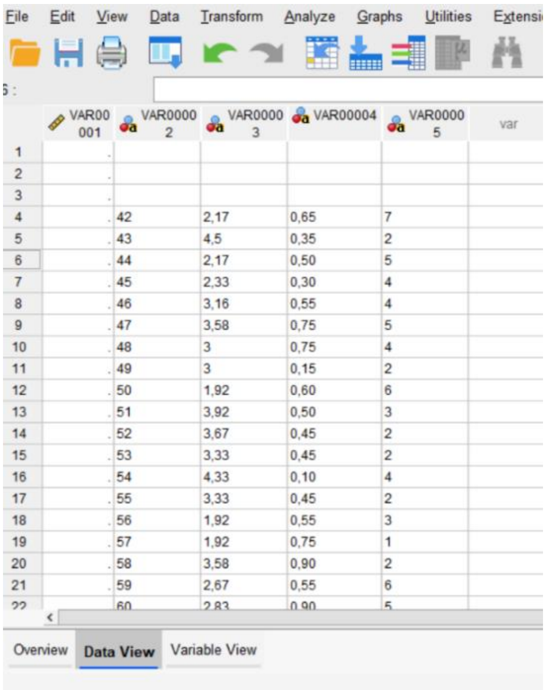
Videre sorterte jeg alle resultatene med nøyaktighet og antall strategier i fire forskjellige grupper, basert på hvor høy grad av matematikkangst kandidaten har. Jeg regnet gjennomsnittet i alle gruppene, for nøyaktighet og strategivariasjon. Figur 18 viser alle resultatene for én av klassene. Etter jeg hadde gjort dette i alle de fire klassene, la jeg dem sammen ift. grad av matematikkangst, denne gangen på tvers av alle klassene. Jeg regnet deretter gjennomsnitt på nytt i de fire gruppene. Da jeg hadde gjort dette ferdig, kunne jeg begynne å etter om resultatene møtte mine forventninger.

Trinn 5: Overføring til SPSS

Selv om jeg kunne se etter samvariasjon mellom variablene, er det fortsatt nødvendig å overføre dem til programmet SPSS. Med SPSS får jeg mer nødvendig informasjon om dataene jeg har lagt inn. SPSS forteller oss om signifikansen i denne analysen. Med dataene en legger inn i programmet kan en få indikasjon på om resultatene virker tilfeldig, eller om det virker som det har en årsak. Med SPSS får vi også se til hvilken grad denne negative korrelasjonen gjelder. Jeg skal derfor demonstrere hvilke trinn jeg gikk gjennom for å få resultatene mine.

Kandidater	Angstscore	Nøyaktighet	Strategier
42	2,17	0,65	7
43	4,5	0,35	2
44	2,17	0,50	5
45	2,33	0,30	4
46	3,16	0,55	4
47	3,58	0,75	5
48	3	0,75	4
49	3	0,15	2
50	1,92	0,60	6
51	3,92	0,50	3
52	3,67	0,45	2
53	3,33	0,45	2
54	4,33	0,10	4
55	3,33	0,45	2
56	1,92	0,55	3
57	1,92	0,75	1
58	3,58	0,90	2
59	2,67	0,55	6
60	2,83	0,90	5
61	1,33	0,50	4
62	2,17	0,90	4
63	1,5	1,00	7

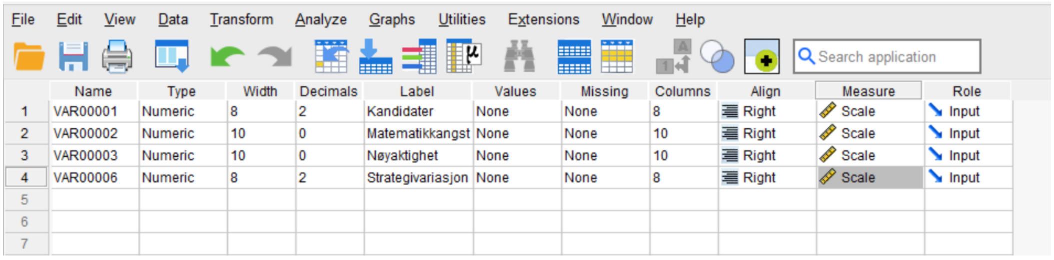
Figur 19



	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005
1	.				
2	.				
3	.				
4	.	42	2,17	0,65	7
5	.	43	4,5	0,35	2
6	.	44	2,17	0,50	5
7	.	45	2,33	0,30	4
8	.	46	3,16	0,55	4
9	.	47	3,58	0,75	5
10	.	48	3	0,75	4
11	.	49	3	0,15	2
12	.	50	1,92	0,60	6
13	.	51	3,92	0,50	3
14	.	52	3,67	0,45	2
15	.	53	3,33	0,45	2
16	.	54	4,33	0,10	4
17	.	55	3,33	0,45	2
18	.	56	1,92	0,55	3
19	.	57	1,92	0,75	1
20	.	58	3,58	0,90	2
21	.	59	2,67	0,55	6
22	.	60	2,83	0,90	5

Figur 20

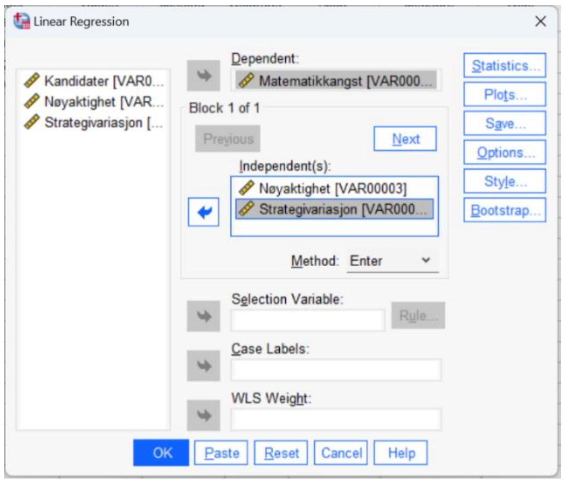
Først måtte jeg legge alle variablene inn ifra Excel over til SPSS. Når resultatene fra alle fire klassene var limt inn i SPSS, måtte jeg skrive inn hvilke variabler som er inkludert i analysen. For å kunne bruke variablene i en regresjonsanalyse måtte jeg sette dem opp som type «numeric», og at det kunne måles som en skala («scale», under «measure»).



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	VAR00001	Numeric	8	2	Kandidater	None	None	8	Right	Scale	Input
2	VAR00002	Numeric	10	0	Matematikkangst	None	None	10	Right	Scale	Input
3	VAR00003	Numeric	10	0	Nøyaktighet	None	None	10	Right	Scale	Input
4	VAR00006	Numeric	8	2	Strategivariasjon	None	None	8	Right	Scale	Input
5											
6											
7											

Figur 21

Etter jeg hadde satt opp variablene slik Figur 21 viser, kunne jeg videre sette dem inn i en regresjonsanalyse. I regresjonsanalysen fikk jeg velge mellom å sette inn variablene som avhengige eller uavhengige. Her satte jeg inn «matematikkangst» som den avhengige variabelen, og «nøyaktighet» og «strategivariasjon» som uavhengige variabler. Deretter trykket jeg «OK», og kunne se mine resultater i en regresjonsanalyse. Jeg brukte de samme variablene, og kjørte dem også gjennom «korrelasjoner» under «analyse»-funksjonen for å få frem en enkel tabell om korrelasjonene.



Figur 22

For å sette inn «spredningsplott», trykket jeg på «Graphs». Deretter trykket jeg på funksjonen «scatter/dot», og valgte «simple scatter». Her måtte jeg legge inn to spredningsplott. På den ene var matematikkangst variabelen som måltes på x-aksen, og nøyaktighet vises på y-aksen. På andre spredningsplott gjorde jeg samme, men med strategivariasjon på y-aksen. Jeg hadde dermed fått resultatene klare.

5. Resultater

5.1. Gjennomsnittsresultater for de ulike gruppene

De fire sorterte gruppene i undersøkelsen (basert på nivåer av påvist matematikkangst) hadde klare forskjeller. Gruppen med matematikkangst nivå fra [1, 2> bestod av 12 kandidater. Denne gruppen hadde i gjennomsnitt nøyaktighet på 75,4%, og en strategivariasjon på 4,17. Gruppen som hadde matematikkangst fra nivå [2, 3> bestod av 41 kandidater. Denne gruppen scoret 63,9% i nøyaktighet, og strategivariasjonen var 3,92. Nivågruppen [3, 4> bestod av 26 kandidater. Her var nøyaktigheten 53,7% og strategivariasjonen deres var 3,08. Gruppen med høyest grad av matematikkangst, med nivå [4-5] bestod av 8 kandidater. I denne gruppen var nøyaktigheten 38,8%, med en strategivariasjon på 3,01. For mer oversiktlig tabell, se figur 23 nedenfor.

Kandidater[1, 2> (12)		Kandidater [2, 3> (41)	
Nøyaktighet	Strategivariasjon	Nøyaktighet	Strategivariasjon
75,4 %	4,17	63,9 %	3,92
Kandidater [3, 4> (26)		Kandidater [4, 5] (8)	
Nøyaktighet	Strategivariasjon	Nøyaktighet	Strategivariasjon
53,7 %	3,08	38,8 %	3,01

Figur 23

Her vises de forskjellige angstnivåene hos kandidatene, med variablene «nøyaktighet» og «strategivariasjon» tilhørende. I parentesene står hvor mange kandidater enhver av gruppene består av. Som en kan se, er nøyaktigheten i arbeidet til kandidatene med høyest grad av matematikkangst, nesten bare halvparten av nøyaktigheten til gruppen med lavest andel matematikkangst. I tillegg viser resultatene at nøyaktighet er jevnlig lavere på tvers av gruppene. Nøyaktigheten fra gruppen [1, 2> til gruppen [2, 3> var 11,5% lavere, 10,2% lavere fra gruppen [2, 3> til [3, 4>, og 14,9% lavere fra gruppen [3, 4> til [4, 5]. En kan forvente en negativ korrelasjon mellom variablene «matematikkangst» og «nøyaktighet». I forhold til strategivariasjon ser vi at også her er det lavere verdi med enhver økning av matematikkangst i gruppene. Den største forskjellen ser vi mellom gruppe [2, 3> og [3, 4>, der det er 0,84 lavere i gruppe [3, 4>. Forskjellen i de andre etterfølgende gruppene er derimot ikke like betydelig, de er 0,25 og 0,07. Selv om det er en gradvis forskjell i strategivariasjon gjennom alle gruppene, er ikke denne like jevn. Videre skal jeg presentere resultatene fra regresjonsanalysen som ble gjennomført på SPSS.

5.2. Regresjonsanalyse med variabler

Dette er regresjonsanalysen jeg gjennomførte i SPSS, med tre variabler. Som vist ovenfor var *matematikkangst* satt som en avhengig variabel. *Nøyaktighet* og *strategivariasjon* ble satt som uavhengige variabler.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,501[a]	,251	,234	,720

a. Predictors: (Constant), Strategivariasjon, Nøyaktighet

Figur 24

I denne oppsummeringen av modellen får vi R-verdiene. R representerer samvariasjonen mellom variablene. En verdi på 0,5 betyr at det er en god del samvariasjon. R^2 viser hvor stor andel av den avhengige variabelen, som kan forklares av de uavhengige variablene. Med en verdi på 0.251, betyr det at 25.1% av matematikkangsten kan forklares av «strategivariasjon» og «nøyaktighet». Det bør ikke forventes at de uavhengige variablene i denne sammenhengen ville forklare mesteparten av matematikkangsten. Det at nøyaktighet og strategivariasjon i brøksammenligning forklarer 25,1% av matematikkangst betyr at de utgjør en betydelig forskjell ifølge regresjonsanalysen. Kolonnen som er merket «Adjusted R Square» viser også hvor stor andel av den avhengige variabelen som forklares av de uavhengige, men denne justeres etter hvor mange uavhengige variabler som er tatt med i analysen. Denne verdien på 0,234 er forholdsvis lik den generelle R^2-verdien. Standardfeil (tabellen til høyre) gir oss et mål på nøyaktigheten til estimatene som modellen gir for den avhengige variabelen. Den sier altså noe om hvor pålitelig modellen er. Det er en god del variasjon i resultatene mine, og en standardfeil på 0,720 indikerer at det er en moderat til høy grad av usikkerhet i min analyse. Spredningen i resultatene vil bli vist nedenfor med spredningsplott. Alt i alt viser regresjonen oss at nøyaktighet og strategivariasjon i arbeid med brøksammenligning i denne studien, kan forutse omtrent $\frac{1}{4}$ av variansen hos kandidatens matematikkangst totalt. Skal vi tro regresjonsanalysen, vil det også bety at omtrent 75% eller $\frac{3}{4}$ av individenes nivå av matematikkangst forklares basert på andre faktorer enn de uavhengige variablene i denne analysen.

ANOVA-verdiene

ANOVA er en forkortelse for «Analysis of Variance». ANOVA vil kunne gi oss tall på hvor høy varians det er i de variablene som analyseres. F-verdien sier her noe om det er en signifikant forskjell i «nøyaktighet» og «strategivariasjon» mellom gruppene med lav og høy matematikkangst. Der det markeres «sig.», betegner det signifikansen for dataene som stilles. Dette betegnes vanligvis som *p*-verdien, og dette er det jeg vil kalle den videre. Dersom denne verdien er <0.05 betyr det at sammenhengen regnes som statistisk signifikant. Her er resultatene i ANOVA-tabellen:

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14,640	2	7,320	14,105	<,001[b]
	Residual	43,592	84	,519		
	Total	58,232	86			

a. Dependent Variable: Matematikkangst

b. Predictors: (Constant), Strategivariasjon, Nøyaktighet

Figur 25

Resultatene våre viser at F=14.105 og *p*-verdien er <0.001. Dette forteller oss at det er en svært høy forskjell i «nøyaktighet» og «strategivariasjon» i de forskjellige nivåene av matematikkangst. Gitt at signifikansen er svært høy, betyr det at det er sannsynligvis betydelige og ekte forskjeller.

Koeffisientene

Videre skal jeg vise tabell over koeffisientene i regresjonsanalysen. Koeffisienter i en regresjonsanalyse handler om styrken og retningen av samvariasjonen mellom den avhengige, og hver av de uavhengige variablene i modellen. Det er forskjellige verdier som har ulik betydning. «Unstandardized B» er forkortet fra «Unstandardized Beta-koeffisienter». I konstant-feltet til venstre vises matematikkangst, og under «Unstandardized Beta» viser det her hva som er forventet matematikkangst-nivå hvis nøyaktighet og strategivariasjon er null. Med de uavhengige variablene i denne kolonnen, vises hvordan matematikkangst vil endre seg hvis den uavhengige variabelen øker med 1 enhet. Så det viser hva som skjer med matematikkangst-nivåene dersom «nøyaktighet» øker med én enhet, og dersom «strategivariasjon» øker med én enhet. «Standardiserte beta-koeffisienter» viser også styrken og retningen av samvariasjonen mellom de ulike variablene, men denne gang på en standardisert form. Slik kan samvariasjonen mellom de ulike variablene sammenlignes, på tvers av ulike målestokker. Med andre ord, denne tabellen viser presist hvilken uavhengig variabel som mest påvirker nivåene til den avhengige variabelen. Både *t*- og *p*-verdiene handler om statistisk signifikans, som kort fortalt omhandler sannsynligheten for at dataene i undersøkelsen ikke er tilfeldig (Sykes, 1993). Når vi ser på *t*-verdiene indikerer en høy absoluttverdi at den uavhengige variabelen har en sterk effekt på den avhengige variabelen. Lav *p*-verdi betyr høy statistisk signifikans, og at det er høyst sannsynlig at sammenhengen er reell (Sykes, 1993).

Dette er tabellen over resultatene fra koeffisientene:

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	4,127	,257		16,050	<,001
	Nøyaktighet	-1,612	,404	-,399	-3,991	<,001
	Strategivariasjon	-,092	,046	-,201	-2,013	,047

a. Dependent Variable: Matematikkangst

Figur 26

Vi ser her ved «standardiserte beta-koeffisienter» at økt matematikkangst er assosiert med (-0.399) i nøyaktighet og (-0.201) i strategivariasjon. Ifølge denne modellen er altså den negative samvariasjonen mellom matematikkangst og nøyaktighet omtrent dobbelt så sterk som mellom matematikkangst og strategivariasjon. Signifikansen mellom matematikkangst og nøyaktighet er på <0.001. Basert på dette er det svært usannsynlig at sammenhengen er tilfeldig. Signifikansen mellom matematikkangst og strategivariasjon er høyere, på 0.047. Det betyr at muligheten for at denne negative korrelasjonen er tilfeldig, er noe høyere. Verdien er fortsatt lavere enn 0.05, som betyr at den uansett er statistisk signifikant. Det skal ifølge dataene være en betydelig og ekte forskjell i nøyaktighet og strategivariasjon basert på graden av matematikkangst. Både styrken og betydningen av forskjellen er sterkest mellom matematikkangst og nøyaktighet.

Korrelasjonene fra Pearson-korrelasjonskoeffisientene er de jeg bruker som mitt endelige resultat i henhold til forskningsspørsmålene. Denne regresjonsanalysen viser oss at de uavhengige variablene forklarer noe av matematikkangsten hos kandidatene i undersøkelsen. I neste delkapittel presenterer jeg korrelasjonene mellom variablene.

5.3 Pearson-korrelasjonskoeffisient resultater

Nedenfor er tabellen jeg fikk som resultat for variablene jeg la inn (Se figur 27). Videre skal jeg forklare resultatene basert på det Mills og Gay (2015) sier om betydningen av styrkene på korrelasjoner. Jeg forklarer hovedsakelig resultatene basert på de fire øverste radene av tabellen (der de presenterer verdiene gitt at matematikkangst har verdi 1). Denne delen viser på en oversiktlig måte hvordan variablene «nøyaktighet» og «strategivariasjon» er lavere i forhold til matematikkangst. Samvariasjon mellom nøyaktighet og strategivariasjon forholdsvis irrelevant for å besvare forskningsspørsmålene.

Correlations

Correlations

		Matematikkangst	Nøyaktighet	Strategivariasjon
Matematikkangst	Pearson Correlation	1	-,464**	-,331**
	Sig. (2-tailed)		<,001	,002
	N	87	87	87
Nøyaktighet	Pearson Correlation	-,464**	1	,326**
	Sig. (2-tailed)	<,001		,002
	N	87	87	87
Strategivariasjon	Pearson Correlation	-,331**	,326**	1
	Sig. (2-tailed)	,002	,002	
	N	87	87	87

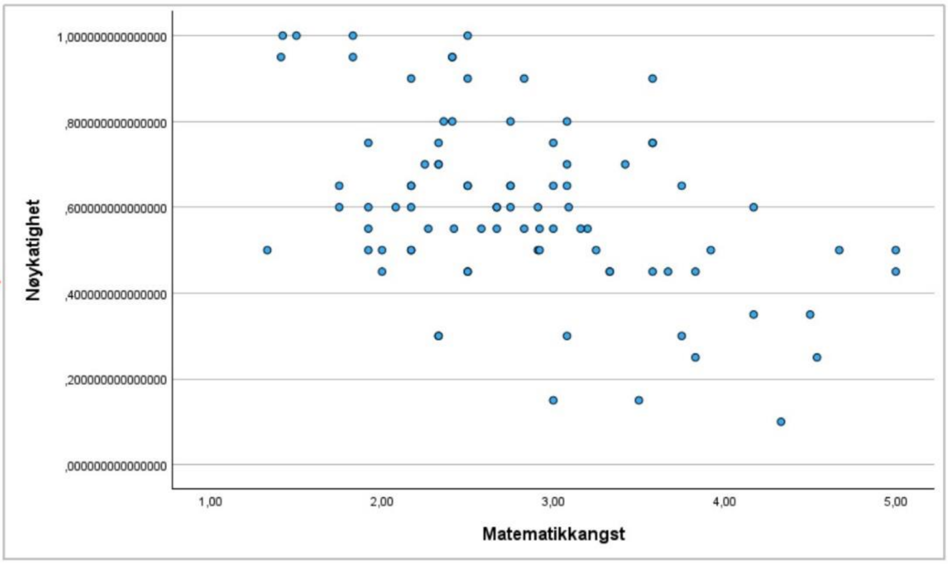
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Figur 27

Basert på hva Mills og Gay (2015) sier om styrken på korrelasjoner, er det en moderat negativ korrelasjon mellom variablene matematikkangst og nøyaktighet. Alt som er mer enn 0.35 eller mindre enn -0.35 er en moderat korrelasjon, så denne negative korrelasjonen er tydelig innenfor denne grensa. Korrelasjonen mellom matematikkangst og strategivariasjon er litt vanskeligere å skulle tyde. Hadde korrelasjonen vært betydelig nærmere null, ville det vært lettere å kunne definere at det ikke er en korrelasjon mellom variablene. Med en korrelasjon på -0.331, er disse to variablene kun marginalt ifra å ha en moderat negativ korrelasjon. De er så vidt innen grensen for det Mills og Gay (2015) kaller for en svak eller ingen korrelasjon. Fordi denne korrelasjonen er såpass nært å kunne defineres moderat, velger jeg å definere den som en svak til moderat negativ korrelasjon. Å definere det som «ingen korrelasjon» ville virket feil basert på disse tallene. Signifikansen mellom variablene ble <0,001 mellom matematikkangst og nøyaktighet, og 0,002 mellom matematikkangst og strategivariasjon. Det betyr at begge korrelasjonene er statistisk signifikante. I radene nedover kan en se at det også er en svak positiv korrelasjon mellom nøyaktighet og strategivariasjon, med en p-verdi på 0.002. Denne korrelasjonen er ikke relevant for forskningsspørsmålet. Likevel er det tall som viser at de som brukte flere strategier, fikk i gjennomsnitt flere riktige svar en dem som brukte færre strategier. I tillegg er korrelasjonen statistisk signifikant.

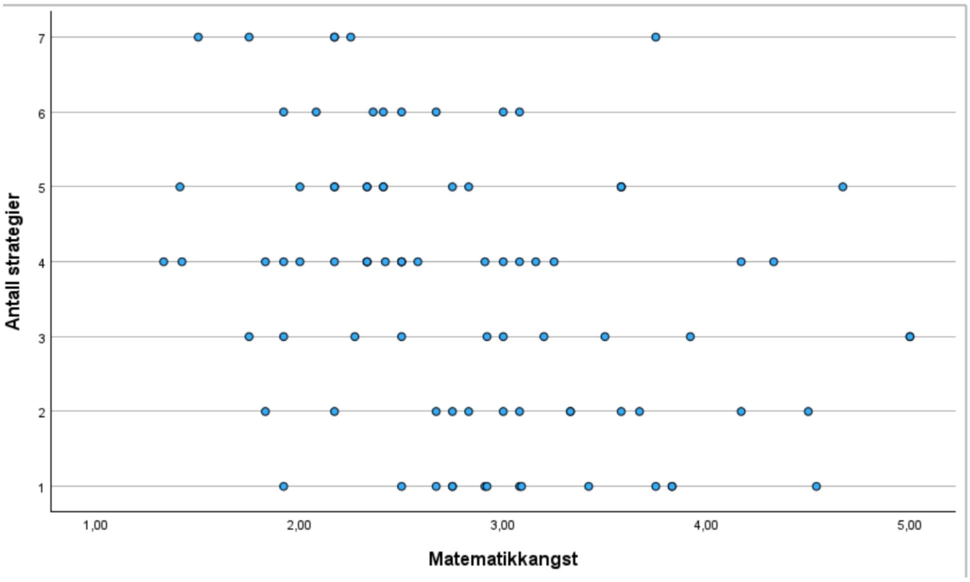
5.4 Spredningsplott

For å presentere variasjonen i resultatene, presenterer jeg dem i et *spredningsplott*. Jeg presenterer to spredningsplott. Figur 28 viser variablene matematikkangst og nøyaktighet. Den andre viser sammenhengen mellom matematikkangst og strategivariasjon.



Figur 28

X-aksen representerer graden av matematikkangst, og y-aksen måler nøyaktigheten. Her vises det at det er en god del spredning i nøyaktighet, både hos kandidatene med høy og lav grad av matematikkangst. Det finnes flere kandidater som har forholdsvis lav grad av matematikkangst, og som ikke har særlig høy nøyaktighet. Det finnes også noen kandidater med relativt høy grad av matematikkangst, som fikk nokså høy nøyaktighet på testen. Alt i alt er det likevel betydelig høyere nøyaktighet lenger mot 1 på x-aksen.



Figur 29

Her er det svært høy spredning. Noe som er ugunstig med variabelen «strategivariasjon», er at det kun innehar hele verdier. Av denne grunnen virker resultatene mer «gruppert», sammenlignet med Figur 28. Det er noe forskjell i intervallene 1-3 og 3-5 på x-aksen. Det å bruke få strategier var normalt på tvers av alle nivåer matematikkangst. Likevel ser en at de aller fleste som brukte flere strategier (fem eller flere), hadde lavere matematikkangst. Jeg kommer derfor til å argumentere for at de kandidatene med høyere matematikkangst, hadde antageligvis færre strategier å bruke for å sammenligne brøkene.

6.0 Diskusjon

I dette kapittelet vil jeg drøfte resultatene fra min undersøkelse. Jeg kommer til å holde en liten «høna eller egget»-diskusjon om matematikkangst og lave prestasjoner. Videre vil jeg diskutere noen mulige årsakssammenhenger for at kandidatene med matematikkangst hadde generelt lavere prestasjoner i mine resultater. Jeg kommer til å diskutere noen viktige spørsmål rundt matematikkangst, og hva en bør være obs på å konkludere med før vi vet mer om det. Deretter kommer jeg til å nevne hvordan mine resultater kan benyttes for andre. Til slutt kommer jeg til å etterlyse temaer og ideer til videre forskning, og hvordan vi kan finne ut mer om sammenhengen mellom matematikkangst og elevers forståelse av brøk og andre temaer.

6.1. Er det matematikkangst som påvirker prestasjonen? Eller påvirker prestasjonen matematikkangst?

Resultatene ovenfor viser at matematikkangst har samvariasjon med elevers resultat. De med høyere grad av matematikkangst fikk flere feil i arbeid med brøksammenligningsoppgaver, og tok i bruk færre strategier. Resultatene mine kan ikke bekrefte at matematikkangst og elevenes prestasjoner har en sammenheng. Det er likevel negative korrelasjoner mellom variablene, og begge er tydelig innenfor grensa til å være statistisk signifikante. Regresjonsanalysen viser at omtrent $\frac{1}{4}$ av variansen i matematikkangst kunne predikeres av variablene nøyaktighet og strategivariasjon. Dessuten har jeg teoretisk bakgrunn til å kunne støtte denne negative samvariasjonen. Derfor er det usannsynlig at det jeg har funnet er en spuriøs korrelasjon. Mine resultater indikerer at matematikkangst har en negativ sammenheng med elevers prestasjoner i brøksammenligning.

Fra kapittel 5.1 ser en at basert på gjennomsnitt i variabelen «nøyaktighet», scoret elevene med høyest grad av matematikkangst bare omtrent halvparten av den gruppen med lavest grad av matematikkangst. «Strategivariasjonen» er også gradvis lavere hos gruppene med høyere matematikkangst. Statistikken fra SPSS forteller oss at det er forskjell i nøyaktighet og strategivariasjon. Det er en moderat negativ korrelasjon mellom matematikkangst og nøyaktighet. Korrelasjonen mellom matematikkangst og strategivariasjon er ifølge Mills og Gay (2015) innenfor grensa til lav korrelasjon, men jeg har valgt å definere den som en lav til moderat negativ korrelasjon. Korrelasjonen har i tillegg høy signifikans, så den er sannsynligvis ikke tilfeldig. Sammenhengen mellom matematikkangst og nøyaktighet viste både sterkest forskjeller og hadde høyest signifikans. «Nøyaktighet» i denne undersøkelsen betyr «andel riktige svar». Det vil si at elevene med høyere matematikkangst presterte dårligere enn elevene med lavere matematikkangst.

Til tross for at resultatene indikerer en sammenheng, kan jeg ikke konkludere at det kun er én av variablene som påvirker den andre. I forskingsfeltet har gjentatte resultater vist at matematikkangst kan lede til lavere prestasjon i faget (eks. Ashcraft & Kirk, 2001; Al-Shannaq, 2020; Skaalvik, 2018). Andre mener at dårlige prestasjoner kan danne et grunnlag for å utvikle matematikkangst (Statped, 2018; Ramirez et al., 2018). Derfor skaper dette en slags «høna eller egget»-problemstilling, fordi det er vanskelig å bedømme hva som egentlig oppstår først.

Opphavet kan være forskjellig fra person til person. Det finnes svært mange elever som ikke mestrer matematikk fra dag én, men det betyr ikke at de har matematikkangst fra starten av. Eleven kan ha vært motivert til å prøve å bli bedre i matematikk de første årene i grunnskolen, men opplever at den ikke får det til så bra som mange av de andre. Gjennom mellomtrinnet begynner de kanskje å skape et mer fiendtlig forhold til matematikk, og innen ungdomsskolen har det utviklet seg til matematikkangst. Det Ramirez et al. (2018) kaller for «Interpretation Account», forklarer hvordan svakere prestasjoner kan lede til matematikkangst. Hvis en elev får dårlige resultater i matematikk, er det ikke de dårlige resultatene i seg selv som kan utvikle matematikkangst. Matematikkangst kan derimot forekomme av at elevene danner en viss forståelse rundt de negative opplevelsene og dårlige resultatene i matematikk. Basert på det Ramirez et al. (2018) sier om «interpretation account», forklarer dette hvordan det kan forekomme i denne rekkefølgen for noen.

Det er også mulig at det er matematikkangst som leder til lavere prestasjon. Vi vet fra Ashcraft og Kirk (2001) at matematikkangst kan forstyrre arbeidsminnet, og dette leder til at eleven finner det vanskeligere å jobbe med matematikk. I tillegg sier Skaalvik (2018) at individer med matematikkangst ofte utvikler forskjellige vaner som får dem til å unngå å tenke matematisk. Dette er to forskjellige måter matematikkangst kan lede til lavere prestasjon i faget. Det finnes flere andre faktorer enn lav prestasjon innen faget som påvirker matematikkangst, f. eks genetiske- og sosiokulturelle faktorer (Brewster & Miller, 2023). Derfor er sannsynligvis ikke lave prestasjoner en påvirkende faktor hos alle individ med matematikkangst. Det kan virke mer sannsynlig at lave prestasjoner har vært en påvirkende faktor for matematikkangst hos noen, men ikke hos alle. Det er naturligvis også mange som har andre faktorer til grunn for at de har matematikkangst. Derfor kan det sannsynligvis gå i begge rekkefølger. Noen utvikler matematikkangst først, som videre kan lede til at de presterer lavere i faget. Andre opplever mindre mestring i faget, og tolker de dårlige resultatene sine på en negativ måte. Videre kan dette utvikle seg til matematikkangst.

Avhengig av hvilke faktorer som ligger til grunns for at en får matematikkangst, kan det virke som at det kan lede til en slags «ond sirkel». Noen elever presterer lavere i matematikk, og videre tolker de resultatene sine på en måte som negativt påvirker deres eget selvbilde. Et eksempel på en slik tolkning er at de kaller seg selv dumme, som en forklaring på at de ikke forstår matematikk. Dette utvikler seg over tid til matematikkangst. Som følge av matematikkangst blir arbeidsminnet deres redusert og/eller de utvikler seg forskjellige vaner for å unngå matematisk tenkning. Disse følgene av matematikkangst har antageligvis ingen positiv effekt for elevens matematiske utvikling. Det virker mer sannsynlig at deres matematiske utvikling blir påvirket negativt. Eleven får i så fall flere dårlige resultater, som leder til at den mener den har flere grunner til å kalle seg dum. Om en slik ond sirkel dannes eller ikke, avhenger mest sannsynlig av elevenes «interpretation account».

6.2 Mulige forklaringer for de negative korrelasjonene

I sammenheng med resultatene i min forskning, skal jeg videre diskutere hvordan variablene kan henge sammen. Jeg har dannet et teoretisk grunnlag fra kapittel 3, og dette gir hovedsakelig to mulige forklaringer. Begge disse forklaringene gir rekkefølgen der det er matematikkangst som forårsaker lavere prestasjon. Jeg nevnte én mulighet for at prestasjoner kan lede til matematikkangst i forrige delkapittel, som er «Interpretation Account». Jeg har ellers ikke nok informasjon om kandidatene som har deltatt i undersøkelsen. Jeg har ikke intervjuet noen av elevene, og oppgir heller ingen detaljer rundt omgivelsene der elevene besvarte. Jeg ville vært nødt til å finne hvilke faktorer som kan ha påvirket elevene til å ha utviklet matematikkangst, for å kunne drøfte rundt denne muligheten. Jeg har ikke nok opplysninger til å kunne diskutere rundt disse mulighetene.

Mulighet for lavere begrepskunnskap

Elevene var sortert i forskjellige grupper, basert på deres grad av matematikkangst. Gruppene brukte i snitt mellom tre og fire strategier på å løse 13 forskjellige brøksammenligningsoppgaver. Dette er ikke så mange forskjellige strategier. Særlig gjelder dette elevene med høyere grad av matematikkangst, som i snitt brukte tre strategier. Ifølge resultater fra Fazio et al. (2016) kan mangel på strategier i brøksammenligning knyttes sammen med lavere begrepskunnskap. Disse elevene kan ha hatt det Heinze (2009) refererer til som lavere strategirepertoar. Derfor kan lavere begrepskunnskap være en grunn til at de hadde svakere prestasjoner i brøksammenligningsoppgavene.

En kan også argumentere for at lavere begrepskunnskap ikke forklarer forskjellen mellom de ulike gruppene. Selv om gruppen med lavest grad av matematikkangst i snitt brukte én strategi mer enn elevene med høyest grad, beviser ikke dette at det er en stor forskjell mellom deres forståelse. Ingen av gruppene brukte i snitt særlig mange strategier, på oppgaver som stiller krav til forståelse av mange ulike elementer av brøk. Det er uansett en betydelig forskjell, basert på tallene fra resultatdelen. Her vil jeg argumentere for at selv mange i gruppen med lavest grad av matematikkangst sannsynligvis benyttet seg av relativt få strategier de var komfortable med. Selv denne gruppen brukte i snitt bare 4 strategier, men fikk en nøyaktighet på 75% i snitt. Derfor har dem sannsynligvis holdt seg til strategier de føler seg trygge på. Det forklarer også hvorfor spredningen i strategivariasjon var såpass høy, både blant dem med lav, middels og høyere grad av matematikkangst.

Det resultatene i min studie ikke kan si noe om, er hvilke strategier som har blitt brukt mest i de ulike gruppene. Fazio et al. (2016) lister opp mange strategier, som de fordeler i fire forskjellige kategorier. To av disse kategoriene gir korrekt svar hver gang, så disse strategiene ønsker en å benytte seg av så mye som mulig. Den tredje og fjerde kategorien er strategier som ikke garanterer å gi rett svar. Disse strategiene ønsker en derfor ikke å dra seg nytte av like mye. Dette anser jeg som en viktig kritisk refleksjon. At en kandidat bruker flere strategier garanterer ikke at den presterer bedre. Heller garanterer det ikke at en har høyere begrepskunnskap rundt matematikk og brøk. Jeg ville heller argumentert for at elever med god begrepskunnskap og forståelse for brøk, antageligvis har det Heinze (2009) kaller høyere strategifleksibilitet og tilpasningsdyktighet. De forstår sannsynligvis at enkelte strategier ikke vil garantere at de svarer riktig. Et eksempel rundt dette kan være hvis en ser på siste oppgaven i del 2 av undersøkelsen. Oppgaven spør om hvilken brøk som er størst av $\frac{5}{12}$ eller $\frac{6}{19}$. Elever med lavere begrepskunnskap kunne tenkt «her har $\frac{6}{19}$ høyest teller, så jeg tror den er størst». En annen elev med høyere begrepskunnskap kunne lettere forstått at dette ikke ville vært en særlig god strategi, fordi vi ser at nevnerne er svært ulike. Hvis denne eleven hadde gått tilbake til en tryggere strategi, som f. eks å utvide brøkene for å finne en fellesnevner, ville den sittet med færre strategier over tid. Poenget er at elever med høyere begrepskunnskap muligens ville klart å unngå strategier som ikke er så lurt å bruke, og da kunne de sittet igjen med færre strategier brukt. Flere strategier garanterer derfor ikke at en svarer mer riktig, eller har høyere begrepskunnskap.

Det at gruppene med lavere matematikkangst også hadde betydelig høyere nøyaktighet, gjør det lettere å argumentere for at de også brukte bedre strategier under brøksammenligningen. De kunne hatt høyere strategivariasjon, og tatt i bruk flere av de mindre effektive strategiene. Likevel virker dette usannsynlig, fordi deres nøyaktighet var såpass mye høyere. Dersom en bruker dårlige strategier for å sammenligne brøkstørrelser, virker det mindre sannsynlig at en vil svare riktig på mesteparten av oppgavene. Med tanke på hvor mye lavere nøyaktigheten hos elevene med høyere matematikkangst var, kan en til og med spekulere om de muligens brukte flere dårlige strategier enn elevene med lavere matematikkangst. Elevene med lavere matematikkangst benyttet flere brøksammenligningsstrategier, og fikk i tillegg betydelig høyere nøyaktighet i undersøkelsen. Hvis en legger dette sammen med resultatene fra Fazio et al. (2016), kan dette være et tegn på at elevene med lavere matematikkangst, også har generelt høyere begrepskunnskap for brøk.

Arbeidsminnets rolle

En annen mulig forklaring at elever med høyere grad av matematikkangst presterer lavere, kan være forstyrret arbeidsminne. Dette er det Ashcraft og Kirk (2001) mener at er grunnen til at prestasjon blir lavere. Derfor vil jeg diskutere hvorfor dette kan være tilfellet i min studie.

Et argument for at lavere prestasjon kan skyldes redusert arbeidsminne, er knyttet til hvilke typer oppgaver en bruker arbeidsminnet til å løse. Under arbeid med oppgaver bruker en arbeidsminnet ved at en henter inn nyttig informasjon en har lært før, og forskyver det som er irrelevant (Juniati & Budayasa, 2022). Dette er noe en er nødt til å gjøre når en sammenligner brøkstørrelser. I del 2 bruker en ulike kunnskaper en har om brøk, til å bedømme hvilken av de to brøkene som har høyest verdi. Del 3 utfordrer at en også bedømmer brøkstørrelser, men denne gangen for å plassere dem på en tallinje. En bruker kunnskap en har som f. eks betydningen av uekte brøker, og muligens multiplikasjon eller divisjon for å bedømme hvilken brøk som er størst. En kan anta at kandidatene i undersøkelsen med høyere grad av matematikkangst opplever at arbeidsminnet forstyrres mens de gjør disse oppgavene. De får kanskje negative tanker om at de ikke klarer matematikk, slik Ashcraft (1992) forteller oss at er vanlig. Dette vil trolig kunne gjøre det vanskeligere å skulle ta i bruk ulike kunnskaper om brøk og bedømme hvilken av dem som er størst. Kanskje virker det i tillegg fjernt å skulle plassere brøkmengder på en tallinje.

Med mitt materiale kan jeg ikke avgjøre om arbeidsminnet har blitt redusert. Det er uenighet i forskningsfeltet om hvorvidt redusert arbeidsminne påvirker arbeid med generelle matematikkoppgaver. Men hvis en går etter hvordan Juniati og Budayasa (2022) beskriver at en bruker arbeidsminnet, kan en argumentere for at dette har vært forstyrret hos elevene med matematikkangst.

Her har jeg lagt frem to mulige forklaringer for at matematikkangst og prestasjonen i brøksammenligning har en sammenheng hos kandidatene i min undersøkelse. Med høy signifikans fra SPSS i tillegg til disse forklaringene, vil jeg argumentere for at det er nokså sannsynlig at disse variablene har en sammenheng. Senere i dette kapittelet vil jeg foreslå hvordan disse sammenhengene kan undersøkes videre, for at vi skal komme oss nærmere en konklusjon. I neste delkapittel vil jeg diskutere hvilken betydning min studie kan ha som en replikasjonsstudie.

6.3 Masteroppgavens rolle som replikasjonsstudie

Som nevnt i kapittel 4.1 er dette en konstruktiv replikasjonsstudie av Sidney et al. (2018). Jeg har stilt forskningsspørsmålene mine, basert to spesifikke resultater fra deres forskning. Ifølge resultatene fra Sidney et al. (2018) var matematikkangst assosiert med lavere nøyaktighet i arbeid med brøksammenligningsoppgaver. Matematikkangst var derimot ikke assosiert med høyere eller lavere strategivariasjon i disse oppgavene. I mine resultater er det en moderat negativ korrelasjon mellom matematikkangst og nøyaktighet i arbeid med brøksammenligningsoppgaver. Så basert på begge studiene, er det en negativ korrelasjon mellom matematikkangst og nøyaktighet i arbeid med brøksammenligning. Mine resultater er noe annerledes enn fra Sidney et al. (2018) i diskusjonen om strategivariasjon. Elever med høyere grad av matematikkangst benyttet i snitt litt færre strategier for å sammenligne brøk. Det virker vanskelig å avgjøre hvorfor denne forskjellen er blitt funnet hos ungdomsskoleelever i Norge, men ikke hos college-studenter USA. Det at jeg har testet på en annen demografisk folkegruppe, kan være grunnen i seg selv. Både forskjellig alder og kulturell påvirkning har sannsynligvis en effekt på resultatet. Klasseromskultur er annerledes i USA og Norge, og dette kan ha en effekt på hvordan elever gjennomfører ulike oppgaver på skolen. I tillegg er elevene i min studie yngre, og har gått mindre på skole. Elevenes evne til å uttrykke seg skriftlig er sannsynligvis enda i utvikling, og derfor forklarer de seg ikke like godt som voksne i USA. Slike underliggende påvirkninger kan forekomme av demografiske forskjeller, og det har sannsynligvis hatt en effekt på resultatene. Derfor kan dette være en grunn til at resultatene mine viser noe litt annet enn Sidney et al. (2018).

En annen mulig forklaring på hvorfor resultatene mine var litt annerledes, er at jeg brukte en litt annen metode. Jeg benyttet meg av litt andre spørsmål til testen av matematikkangst. Kodingen av strategier ble derimot gjennomført nesten helt likt. Jeg leste kandidatens forklaring på hvordan den tenkte seg frem til den største brøken, og kodet den til hvilken av strategiene til Fazio et al. (2016) som passet. Eneste forskjellen i strategikoding er at i Sidney et al. (2018) kodet de strategier på tallinje-oppgaven, det som er del 3 hos meg. Fordi jeg gjennomførte min undersøkelse med papirform, passet det seg ikke å kode strategier på denne delen. Enkelte andre elementer har også blitt gjort annerledes, deriblant at jeg brukte noen andre spørsmål på del 1, et litt annerledes oppsett og undersøkelsen er totalt sett kortere. Derfor kan en også argumentere for at de litt forskjellige resultatene kan komme fra metodologiske forskjeller. Med å bruke forskjellige metoder kan en oppnå ulike resultater. Dessuten er det mulig at kodingen min av strategier kan ha vært forskjellig fra Sidney et al. (2018). Vi har brukt samme skjemaet fra Fazio et al. (2016), men personlig fortolkning hos forskerne kan utgjøre en forskjell. Alt i alt vet jeg ikke hvor de forskjellige resultatene kommer fra, men det kan sannsynligvis ha vært en god blanding av flere grunner.

Replikasjonsstudier er en viktig del av forskning. Ifølge Aguilar (2020) gjør replikasjonsstudier det mulig å danne en dypere forståelse for hvilke tilstander som skal til for at ulike funn er sanne eller ei. Det som er et funn i én bestemt kontekst, kan være fraværende i en replikasjonsstudie der en f. eks tester med en annen folkegruppe. Det rapporteres at det ikke gjennomføres mange replikasjonsstudier, relativt til andre typer studier. Makel og Plucker (2014) gjennomførte en studie der de undersøkte alle publikasjonene i de 100 øverste utdannelsesjournalene i henhold til deres «impact factor» (hvor ofte de siteres i andre vitenskapelige publikasjoner). Her fant de at kun 0.13% av alle publikasjonene var replikasjonsstudier. En mulig begrunnelse for dette er at flere publikasjonsjournaler kan ha vært mindre mottakelige for replikasjonsstudier, fordi de er mindre viktige enn andre publikasjoner (Makel & Plucker, 2014). Star (2021) sier at noe som hindrer forskning i å ha flere replikasjonsstudier er at det er høyere interesse for *idé-orientert* forskning. Dette er forskning som drives av forskerens egen nysgjerrighet. Det å utforske ens egen interesse vil kunne fylle et nytt kunnskapshull i forskningsfeltet.

Star (2021) legger vekt på at det ikke er noe direkte galt i at forskning drives slikt. Forskning med et slik motiv tar seg likevel ofte friheter fra å kopiere metoder fra tidligere arbeid, med mindre det å kopiere de samme metodene passer seg best for deres egen forskning. For å gjøre at forskning innen ethvert fagfelt er mer mottakelige for replikasjonsstudier, bør vi muligens sørge for at ulike studier er *resultat-orientert*. Resultat-orienterte forskningspublikasjoner drives like mye av resultater fra tidligere forskning, som det drives av interessen og nysgjerrigheten til forskeren. Forskjellen er at hvis studien er idé-orientert, er den ikke nært knyttet til en annen studie. Den drives av noe forskeren selv har funnet interessant, og da kan den lettere være for isolert til at den bygger videre på funn som allerede har blitt gjort. I resultat-orientert forskning handler det om at en som forsker drives av enkelte resultater fra tidligere forskning. En får interesse i å teste det selv for å bekrefte eller avkrefte. Når forskeren drives til å skrive en artikkel på slikt vis, er det viktig at den nøye studerer metodene i tidligere arbeid. Slik er en påpasselig med hvilke deler av metodologien en ønsker å bevare. Endringene en velger å gjøre i sin egen metode i forhold til den originale studien bør beskrives nøye. I tillegg må en forklare hvorfor en valgte å gjøre disse endringene i metoden (Star, 2021).

I min studie har jeg forsøkt å ivareta de viktige elementene i metodologien benyttet hos Sidney et al. (2018). Endringene jeg har gjort med metoden min har ofte vært av praktiske grunner. I tillegg så har jeg endret på enkelte deler av undersøkelsen for å tilpasse den demografiske folkegruppen bedre. Som jeg nevnte i metodedelen, kan endringen av metode være en trussel på validiteten. Det er ingen garanti for at jeg har kodet strategiene likt som det Sidney et al. (2018) gjorde, da jeg ikke har kontaktet dem og diskutert hvordan de tolket enkelte besvarelser sammenlignet med meg. Metoden jeg har benyttet bidrar til enkelte usikkerhetsmomenter, sammenlignet med hvis jeg mer nøyaktig kopierte Sidney et al. (2018) sin metode. Jeg mener likevel at det å bruke litt forskjellige metoder har positive virkninger på oppgaven. Dersom en bruker ulike metoder og tester andre folkegrupper, får en testet om denne negative korrelasjonen mellom matematikkangst og prestasjoner i brøk er mer universell. Jeg undersøker de samme korrelasjonene i en ny kontekst, og slik får jeg testet om det er noen generelle mønstre mellom de ulike variablene. Endringene jeg har gjort i metoden har derfor både positive og negative følger. Det negative er at som replikasjonsstudie taper jeg litt i presisjon. En positiv side er at jeg får testet korrelasjonene i en ny kontekst, og dette var tross alt et ønske med denne studien. Studien jeg har gjennomført er spesifikk, og innehar sine begrensninger. I neste delkapittel kommer jeg til å diskutere hva min forskning vil kunne si for lærere. Jeg vil også foreslå hva som kan gjøres av videre forskning i feltet.

6.4 Implikasjoner for praksisfeltet, og forslag til videre forskning

Mine funn viser at matematikkangst har en negativ korrelasjon med prestasjoner i brøksammenligning. Fordi korrelasjonene er statistisk signifikante og har et teoretisk grunnlag, indikerer det at variablene har en sammenheng. I min fremtid som lærer vil jeg ta med meg mye av det jeg har lært om matematikkangst og utfordringer ved å lære seg brøk. Forhåpentligvis vil dette kunne hjelpe meg i profesjonen. Jeg håper resultatene i denne studien kan være til hjelp i praksisfeltet. Matematikklærere kan bruke resultatene fra min studie til å være forberedt på at enkelte elever kan finne det vanskeligere å lære seg brøk. Forhåpentligvis kan denne sammenkoblingen med matematikkangst åpne opp for flere muligheter til hvordan en kan hjelpe elevene. I arbeidet mot å lære bort brøk til elever som muligens opplever matematikkangst, kan forhåpentligvis teoridelen i min oppgave være til nytte. I tillegg sier resultatene at elever med høy matematikkangst kan ha en tendens til å bruke færre, og dårligere strategier i arbeidet sitt.

Mitt håp er at temaet matematikkangst blir forsket videre på. Jeg håper at vi vil lære mer om sammenhenger mellom matematikkangst og andre variabler, slik Dowker et al. (2016) etterlyste. I min studie har jeg forsøkt å undersøke korrelasjoner mellom matematikkangst og elevers arbeid innen brøksammenligning. Resultatene mine indikerer at variablene har en sammenheng, men de kan ikke si noe om interaksjonen mellom variablene. Derfor vil jeg etterlyse at videre forskning kan ha en visjon om å finne ut mer om interaksjonen mellom disse variablene. Mine resultater, og Sidney et al. (2018) sine viste mye likt, men hos meg var det i tillegg en negativ korrelasjon mellom matematikkangst og strategivariasjon. Denne forskjellen i resultatene kunne vært inspirasjon til en ny replikasjonsstudie. En ny replikasjonsstudie kunne blitt gjennomført på samme demografisk gruppe som jeg undersøkte, men benyttet seg av en metode som var mer lik den Sidney et al. (2018) benyttet. Dersom en slik studie hadde fått resultater tilsvarende mine, kunne dette styrket mitt funn. Det ville da vært mer sannsynlig at de forskjellige resultatene kommer fra forskjellene i de demografiske gruppene. En annen måte en kan utforske sammenhenger mellom disse variablene, er gjennom kvalitativ metode. En kan legge mer vekt på elevens opplevelser rundt matematikk, og rundt hvordan de forstår brøk.

Ellers er det viktig å skape mer forståelse for hvordan matematikkangst kan påvirke prestasjon og forståelse rundt forskjellige matematiske temaer. En negativ korrelasjon finnes antageligvis også rundt andre matematiske temaer, som f. eks algebra eller geometri. Kanskje kan denne studien inspirere forskjellige konstruktive replikasjonsstudier. Andre studier kan adaptere metoden for å se om det oppstår negative korrelasjoner mellom matematikkangst og forskjellige andre temaer i matematikk. Med flere slike studier kan en dermed sammenligne funn, for å finne ut hvilke temaer som i høyest grad har en negativ korrelasjon med matematikkangst. Dette kunne vært forskjellige bidrag til at vi etter hvert kan danne en fyldigere forståelse rundt matematikkangst og hvordan det påvirker prestasjonen i faget. Forskning har funnet at det er negativ samvariasjon mellom matematikkangst og prestasjon, men det krever mer forskning for å kunne lære mer om dette.

7. Konklusjon

Denne oppgaven hadde som mål å teste om matematikkangst hadde en negativ korrelasjon med nøyaktighet i arbeid med brøksammenligning. Jeg stilte også et forskningsspørsmål rundt om matematikkangst hadde en negativ korrelasjon med variasjon i strategibruk under arbeid med brøksammenligning. Resultatene mine viste en moderat negativ korrelasjon mellom matematikkangst og nøyaktighet, med en p-verdi på <0.001. Matematikkangst fikk en svak til moderat negativ korrelasjon med strategivariasjon, med en p-verdi på 0.002. Begge korrelasjonene er godt innenfor grensa til å være statistisk signifikante, og støttes i tillegg av teoretisk bakgrunn. Resultatene mine indikerer at matematikkangst sannsynligvis har en negativ sammenheng med elevers prestasjoner i brøk.

I denne oppgavens innledning diskuterte jeg kort hvordan brøk kan være vanskelig å lære seg, og hvorfor dette kan fungere som en trussel for videre matematisk utvikling hos elever. I tillegg snakket jeg kort om hvordan matematikkangst er en bekymring innen forskningsfeltet, og hvilken sammenheng det kan ha med prosedyrebasert kunnskap og begrepskunnskap. Videre i teorikapittelet har jeg lagt frem hva ulik forskning sier. Matematikkangst er noe som ifølge Dowker et al. (2016) bør tas mer seriøst, og som er svært utbredt. Jeg har forsøkt å tydeliggjøre at det er en mulig sammenheng mellom høyere matematikkangst og lavere prestasjon og forståelse for brøk. I metodekapitlene har jeg beskrevet metoden så detaljert som mulig, både hvordan jeg designet skjemaet som ble delt ut og hvordan analysen foregår. Jeg håper at andre kan lese nøye gjennom metodekapitlene, og deretter adaptere metoden for å teste selv. I resultatdelen har jeg presentert hvilke resultater jeg fikk som følge av å følge metoden min, og forklart hva ulike tall i SPSS betyr. I diskusjonskapittelet har jeg drøftet to hovedsakelige muligheter for hvordan matematikkangst og lavere prestasjoner i brøksammenligning kan ha en viktig sammenheng. Jeg har også diskutert hvordan forskning videre kan jobbe i retningen mot å finne en forklarende sammenheng mellom disse variablene. Jeg har hatt ambisjoner om å belyse et spesifikt matematisk tema som kan bli vanskeligere å lære seg hos individer med høyere grad av matematikkangst. Jeg valgte brøk, fordi jeg fant flere gode sammenkoblinger med andre viktige temaer i forskning. Det var ofte rapportert om at elever sliter med å lære seg brøk, fordi undervisning har hatt overveiende fokus på prosedyrer og instrumentelle forklaringer. Derfor var dette det temaet jeg fant mest interessant å studere i sammenheng med matematikkangst. Det ville vært interessant å finne ut hvorvidt matematikkangst også har lignende samvariasjon med andre matematiske temaer.

Referanser

Adler, J., & Parmryd, I. (2010). Quantifying colocalization by correlation: The Pearson correlation coefficient is superior to the Mander's overlap coefficient. Cytometry. Part A, 77A(8), 733–742. https://doi.org/10.1002/cyto.a.20896

Aguilar, M. S. (2020, March 7). Replication studies in mathematics education: What kind of questions would be productive to explore? International Journal of Science and Mathematics Education, 18(S1), 37–50. https://doi.org/10.1007/s10763-020-10069-7

Al-Shannaq, M. M. M., Leppavirta, J. (2020). Comparing math anxiety of scientific facilities students as related to achievement, and some variables. *International Journal of Instruction, 13(1), 341-352.* DOI: https://doi.org/10.29333/iji.2020.13123a

Ashcraft, M. H., Donley, R. D., Halas, M. A. (1992). *Working memory, automaticity, and problem difficulty*. Elsevier. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166411508608900

Ashcraft, M. H., Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance: *Journal of Experimental Psychology: General*. 130(2), 224-237. https://doi.org/10.1037//0096-3445.130.2.224

Ashcraft, M. H., (2002). Math Anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science, 11(5), 181-185.* DOI: https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196

Baddeley, A. (2003). Working memory and language: an overview. *Journal of Communication Disorders*, *36*(3), 189–208. https://doi.org/10.1016/s0021-9924(03)00019-4

Boaler, J. (1998, January). Open and closed mathematics: Student experiences and understandings. *Journal for Research in Mathematics Education*, *29*(1), 41–62. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.29.1.0041

Booth, J. L., Newton, K. J., Twiss-Garrity, L. K. (2013). The impact of fraction magnitude knowledge on algebra performance and learning: *Journal of Experimental Child Psychology*, 118, 110-118. https://doi.org/<10.1016/j.jecp.2013.09.001

Brewster, B. J., & Miller, T. (2023). Reflections on mathematics ability, anxiety, and interventions: *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 18(2). https://doi.org/10.29333/iejme/12822

Brown, B. (2019). Rational number understanding: The big picture, not the essence. *South African Journal of Childhood Education, 9*(1), 1-8.

Chatterjee, S., Hadi, S. H., (2012). *Regression Analysis By Example* (5. utg.) John Wiley & Sons. https://sadbhavnapublications.org/research-enrichment-material/2-Statistical-Books/Regression-Analysis-by-Example.pdf.

Chinn S. (2009). Mathematics anxiety in secondary students in England: *Dyslexia (Chichester, England)*, 15(1), 61–68. https://doi.org/10.1002/dys.381

Choe, K. W., Jenifer, J. B., Rozek, C. S., Berman, M. G., & Beilock, S. L. (2019). Calculated avoidance: Math anxiety predicts math avoidance in effort-based decision-making. Science Advances, 5(11). https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1062

Cipora, K., Artemenko, C., & Nuerk, H. C. (2019). Different ways to measure math anxiety. In Routledge eBooks (s. 20–41). https://doi.org/10.4324/9780429199981-2

Cowan, N. (2013). Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educational Psychology Review*, *26*(2), 197–223. https://doi.org/10.1007/s10648-013-9246-y

De Rada, V. D., & Domínguez-Álvarez, J. A. (2013). Response quality of self-administered questionnaires. *Social Science Computer Review*, *32*(2), 256–269. https://doi.org/10.1177/0894439313508516

Deringöl, Y. (2022). Parents' mathematics anxiety and their contribution to mathematics education. *International Journal of Psychology and Educational Studies*. 9(1), 12-21. https://doi.org/10.52380/ijpes.2022.9.1.374

Doğan, A., Tertemiz, N. I., (2019). Investigating primary school teachers' knowledge towards meanings of fractions. *Canadian Center of Science and Education, 12(6), 56-74.* https://doi.org/10.5539/ies.v12n6p56

Dowker, A., Sarkar, A., Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Front. Psychol,* 7. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00508

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement: *Developmental psychology,* 43(6), 1428–1446. https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428

Ei, W. Y., Oo, C. Z. (2023). Effects of a working memory training program on secondary school students' mathematics achievement. *Mathematics teaching research journal, 15*(5), 177-192. URL: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1412245.pdf

Fazio, L. K., DeWolf, M., & Siegler, R. S. (2016). Strategy use and strategy choice in fraction magnitude comparison. Journal of Experimental Psychology: *Learning, Memory, and Cognition,* 42(1), 1–16. https://doi.org/10.1037/xlm0000153

Fazio, L., Siegler R. S., (2011). Teaching fractions. *The international academy of education, 22,* 1-28. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000212781

Fleener, M. J. (1993). Proportional reasoning of preservice elementary education majors: An epistemic model of the proportional reasoning construct. http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED364556.pdf

Gabriel, F., (2016). Understanding magnitudes to understand fractions. 36-40. https://www.researchgate.net/publication/305438243_Understanding_Magnitudes_to_Understand_Fractions

Garland, R., (1991). The mid-point on a rating scale: is it desirable?. *Marketing Bulletin 2*, 66-70. http://marketing-bulletin.massey.ac.nz/V2/MB_V2_N3_Garland.pdf

Geller, E. H., Son, J. Y., Stigler, J. W. (2017). Conceptual explanations and understanding fraction comparisons, 52, 122-129. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.05.006.

Gelman, R. (1998). Enabling constraints for cognitive development and learning: Domain specificity and epigenesis, 557-579. https://www.researchgate.net/publication/232508159_Enabling_constraints_for_cognitive_development_and_learning_Domain_specificity_and_epigenesis

Gresham, G. (2007). A study of mathematics anxiety in pre-service teachers. *Early Childhood Education Journal*, *35*(2), 181–188. https://doi.org/10.1007/s10643-007-0174-7

Hannula, N. S., (2003). Locating fraction on a number line. https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED500981.pdf

Heinze, A., Star, J.R. & Verschaffel, L. (2009). Flexible and adaptive use of strategies and representations in mathematics education. *ZDM Mathematics Education,* 41, 535–540. https://doi.org/10.1007/s11858-009-0214-4

Hohwü, L., Lyshol, H., Gissler, M., Jonsson, S. H., Petzold, M., & Obel, C. (2013, August 26). Web-based versus traditional paper questionnaires: A mixed-mode survey with a nordic perspective. *Journal of Medical Internet Research*, *15*(8), e173. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3757995/

Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The abbreviated math anxiety scale (AMAS). *Assessment, 10*(2), 178–182. https://doi.org/10.1177/1073191103010002008

Hunt, T. E., Clark-Carter, D., & Sheffield, D. (2011). The development and part validation of a U.K. scale for mathematics anxiety. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 29(5), 455–466. https://doi.org/10.1177/0734282910392892

Jenifer, J. B., Rozek, C. S., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2022). Effort(less) exam preparation: Math anxiety predicts the avoidance of effortful study strategies. Journal of Experimental Psychology: General, 151(10), 2534–2541. https://doi.org/10.1037/xge0001202

Johnston-Wilder, S., Brindley, J., Dent, P. (2014). A survey of mathematics anxiety and mathematical resilience among existing apprentices. *London: The Gatsby Foundation.* URL: https://www.researchgate.net/publication/269276760_A_survey_of_Mathematics_Anxiety_and_Mathematical_Resilience_amongst_existing_apprentices

Jordan, N. C., Rodrigues, J., Hansen, N., & Resnick, I. (2017). *Fraction Development in Children: Importance of Building Numerical Magnitude Understanding.* Elsevier eBooks. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805086-6.00006-0

Juniati, D., & Budayasa, I. K. (2022). The influence of cognitive and affective factors on the performance of prospective mathematics teachers. *European Journal of Educational Research, 11*(3), 1379-1391. https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1379

Khashan, K. H. (2014). Conceptual and procedural knowledge of rational numbers for Riyadh elementary school teachers: *Journal of Education and Human Development*, *3*(4), 181-197. DOI: http://dx.doi.org/10.15640/jehd.v3n4a17

Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B., (2001, January 1). *Adding it Up : Helping Children Learn Mathematics*. Mathematics Learning Study Committee. https://static1.squarespace.com/static/5b4fde59b27e395aa0453296/t/5bd2a5d89140b763780f0aab/1540531701125/Kilpatrick%2C+Swafford%2C+Findell+-+2001+-+Adding+It+Up+Helping+Children+Learn+Mathematics+copy.pdf

Lortie-Forgues, H., Tian, J., & Siegler, R. S. (2015). Why is learning fraction and decimal arithmetic so difficult? Developmental Review, 38, 201–221. https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.008

Makel, M. C., & Plucker, J. A. (2014). Facts are more important than novelty. *Educational Researcher*, *43*(6), 304–316. https://doi.org/10.3102/0013189x14545513

Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015) Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety. *Psychological Science*, *26*(9), 1480–1488. https://doi.org/10.1177/0956797615592630

Mills, G. E., & Gay, L. R. (2015). *Educational research : competencies for analysis and applications* (Eleventh edition, Global edition.). Pearson. https://r2.vlereader.com/Reader?ean=9781292106205

Mitchell, L., George, L., (2022). Exploring mathematics anxiety among primary school students: Prevalence, mathematics performance and gender. *International Electronic Journal of Mathematics Education, 17(3)*. DOI: https://doi.org/10.29333/iejme/12073

Mutegi, C. M., Gitonga, C. M., Rugano, P., (2021). Mathematics anxiety, attitude and performance among secondary school students in Kenya. *Educational Research and Reviews, 16(6), 226-235.* DOI: https://doi.org/10.5897/ERR2021.4119

Otten, S., Webel, C., & De Araujo, Z. (2017). Inspecting the foundations of claims about cognitive demand and student learning: A citation analysis of Stein and Lane (1996). □the □Journal of Mathematical Behavior/□the □Journal of Mathematical Behavior, 45, 111–120. https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.12.008

Pearson, K., (1897). VII. Mathematical contributions to the theory of evolution.—III. Regression, heredity, and panmixia, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 187*, 253-318. https://doi.org/10.1098/rsta.1896.0007

Peña, E. D. (2007, July). Lost in translation: Methodological considerations in cross-cultural research. *Child Development*, *78*(4), 1255–1264. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01064.x

Pitkethly, A., & Hunting, R., (1996). A review of recent research in the area of initial fraction concepts. *Educational Studies in Mathematics*, *30*(1), 5–38. https://doi.org/10.1007/bf00163751

Postholm, M. B., Jacobsen, D. I. (2018) Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanningen (1. Utgave). Cappelen Damm akademisk.

Porte, G., & Richards, K. (2012, September). Focus article: Replication in second language writing research. *Journal of Second Language Writing*, *21*(3), 284–293. https://doi.org/10.1016/j.jslw.2012.05.002

Purnomo, Y. W., Pasri, Aziz, T. A., Shahrill, M., & Prananto, I. W. (2022). Students' failure to understand fraction multiplication as a part of the quantity: *Journal on Mathematics Education*, *13*(4), 681-702. http://doi.org/10.22342/jme.v13i4.pp681-702

Ramirez, G., Shaw, S. T., Maloney, E. A. (2018). Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework: *Educational Psychologist*, 53(3), 145-164. http://doi.org/10.1080/00461520.2018.1447384

Rayner, V., Pitsolantis, N. & Osana, H. Mathematics anxiety in preservice teachers: Its relationship to their conceptual and procedural knowledge of fractions: *Math Ed Res J,* 21(3), 60–85 (2009). https://doi.org/10.1007/BF03217553

Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data: *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551–554. https://doi.org/10.1037/h0033456

Rittle-Johnson, B., Schneider, M., Star, J. R. (2015). Not a one-way street: Bidirectional relations between procedural and conceptual knowledge of mathematics: *Educational Psychology Review*. 27(4), 587-597. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9302-x

Schillinger, F. L., Vogel, S. E., Diedrich, J., & Grabner, R. H. (2018). Math anxiety, intelligence, and performance in mathematics: Insights from the German adaptation of the Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS-G). *Learning and Individual Differences*, *61*, 109–119. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.11.014

Schleepen, T. M. J., Van Mier, H. I., (2016). Math anxiety differentially affects boys' and girls' arithmetic, reading and fluid intelligence skills in fifth graders. *Psychology, 7(14), 1911-1920.* DOI: https://doi.org/10.4236/psych.2016.714174

Sciencedirect. (2015). *Fluid Intelligence - an overview*. ScienceDirect. Hentet 13.02.2024 fra https://www.sciencedirect.com/topics/psychology/fluid-intelligence

Siaw, E. S., Shim, G. T. G., Azizan, F. L., Shaipullah, N. M., (2020). Understanding the relationship between students' mathematics anxiety levels and mathematics performances at the foundation level. *Journal of Education and Learning, 10(1), 47-54.* DOI: https://doi.org/10.5539/jel.v10n1p47

Sidney, P., Thalluri, R., Buerke, M., L., Thompson, C. (2018). Who uses more strategies? Linking mathematics anxiety to adults' strategy variability and performance on fraction magnitude tasks: *Thinking & Reasoning.* 25(1), 94-131. DOI. https://doi.org/10.1080/13546783.2018.1475303

Siegler, R., Duncan, G. J., Davis-Kean, P., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., Susperreguy, M., Chen, M. (2012). Early predictors of high school mathematics achievement: *Psychological Science*. 23(7), 691-697. https://doi.org/<10.1177/0956797612440101

Skaalvik, E. M. (2018, March 8). Mathematics anxiety and coping strategies among middle school students: relations with students' achievement goal orientations and level of performance. Social Psychology of Education, 21(3), 709–723. https://doi.org/10.1007/s11218-018-9433-2

Skre, I. B., (2024, 16. februar). Angst. I *Store Norske Leksikon*. https://sml.snl.no/angst

Sloan, T. R., Vinson, B., Haynes, J., Gresham, R. (1997). A comparison of pre-and post-levels of mathematics anxiety among preservice teacher candidates enrolled in a mathematics methods course. URL: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED417137.pdf

Star, J. R. (2021). In pursuit of a replication culture in mathematics education. *Implementation and Replication Studies in Mathematics Education*, *1*(1), 53–76. https://doi.org/10.1163/26670127-01010003

Statped. ([2023, 04. August]) [Om matematikkvansker] Hentet [28. 11, 2023] fra [https://www.statped.no/PrintStatpedPageAsPdf?cid=59011.].

Suinn, R. M., & Winston, E. H. (2003). The mathematics anxiety rating scale, a brief version: Psychometric data: *Psychological Reports,* 92, 167-173. https://doi.org/10.2466/pr0.2003.92.1.167

Sykes, A. O., (1993). An introduction to regression analysis. *Coase-Sandor Institute for Law & Economics Working Paper*, *20*, 1-34. https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=law_and_economics

Taylor, R. (1990). Interpretation of the correlation coefficient: A basic review. Journal of diagnostic medical sonography, 6(1), 35–39. https://doi.org/10.1177/875647939000600106

Trivena, V., Ningsih, A. R., & Jupri, A. (2017). Misconception on addition and subtraction of fraction at primary school students in fifth-grade. *Journal of Physics: Conference Series*, *895*, 012139. https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012139

Twinn, S. (1997). An exploratory study examining the influence of translation on the validity and reliability of qualitative data in nursing research. *Journal of Advanced Nursing*, *26*(2), 418–423. https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1997.1997026418.x

Universitetet i Oslo. (Uten dato). PISA-resultater. Hentet fra https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/pisa/resultater/

Utdanningsdirektoratet. (2020). Læreplan i matematikk 1.–10. trinn (MAT01-05). Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. https://www.udir.no/lk20/mat01-05

Uyanık, G. K., & Güler, N. (2013). A study on multiple linear regression analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *106*, 234–240. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.027

Van de Walle, J. A. (2015). *Elementary and Middle School Mathematics : teaching developmentally* (Global edition, Ninth edition.). Pearson. https://r2.vlereader.com/Reader?ean=9781292097749

Vukovic, R. K., Roberts, S. O., Wright, L. G. (2013). From parental involvement to children's mathematical performance: The role of mathematics anxiety. *Early Education & Development*, *24(4), 446-46*. DOI: https://doi.org/10.1080/10409289.2012.693430

Whitacre, I., Findley, K., Atabas, S. (2020-12-23). *Productive seeds in preservice teachers' reasoning about fraction comparisons* [Paperpresentasjon]. 42nd Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. URL: https://pmena2020.cinvestav.mx/proceedings#236

Vedlegg

Vedlegg 1: Skjema for undersøkelse

Spørsmål rundt din trivsel i matematikk

Kryss av her for å godta at dine svar kan benyttes i en forskningssammenheng ☐

Dine svar vil holdes anonymt!

Blir du stresset, urolig eller anspent når du jobber med matematikk? Nedenfor er et skjema der du skal beskrive om du opplever slike ubehagelige følelser, med en skala fra 1-5. Krysser du av for 1, betyr det at du ikke opplever det ubehagelig. Dersom du krysser av for 5 betyr det at du opplever faget svært ubehagelig. Du vil presenteres for ulike kjente situasjoner der du må jobbe med noe som involverer matematikk. Dersom du ALDRI har opplevd situasjonen som presenteres, prøv å FORESTILLE deg selv i situasjonen, og kryss deretter av det du tror ville vært korrekt.

Situasjoner	1 Svært lite eller ingen ubehag	2 Litt ubehag	3 Noe ubehag	4 En god del ubehag	5 Svært ubehagelig
1. Du tenker på en matematikkprøve en uke før du skal ha den					
2. Du tenker på en matematikkprøve en time før du skal ha den					
3. Læreren din setter i gang en spontan prøve i en matematikktime uten forvarsel					
4. SE GJENNOM oppgavene du skal løse på neste side i dette heftet, hva opplever du her?					
5. Du leser til en matematikkprøve					
6. Du skal begynne på en lekse i matematikk					
7. Du blir gitt en matematikklekse med flere vanskelige oppgaver, og fristen er innen neste mattetime					
8. Du skal gjøre divisjonsregnestykker med penn og papir, der divisoren er et tresifret eller firesifret tall, og dividenden er et tosifret tall					

9. Du står i butikken, og skal regne ut omtrent hvor mye penger du kommer til å bruke					
10. Du skal løse en tekstoppgave som krever at du må bruke flere regnearter i en praktisk sammenheng					
11. Noen følger med på deg mens du skal legge sammen tall i en praktisk sammenheng					
12. Du skal regne deg frem til hvor mye penger du brukte på mat, fordi du tror du har betalt for mye					

Brøksammenligning

Her skal du sammenligne brøksstørrelsene, og sette en ring rundt den brøken du mener at er størst (har høyest verdi). I ruten ved siden av skal du begrunne svaret; **forklar hvorfor brøken du mener brøken er størst**

Brøk		Din begrunnelse
$\frac{3}{7}$	$\frac{2}{7}$	
$\frac{4}{9}$	$\frac{4}{5}$	

$\frac{4}{7}$	$\frac{5}{7}$	
$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{2}$	

$\frac{4}{6}$	$\frac{5}{4}$	
$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{8}$	
$\frac{3}{11}$	$\frac{2}{15}$	

$\frac{5}{12}$	$\frac{7}{12}$	
$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{7}$	
$\frac{2}{7}$	$\frac{5}{14}$	

$\frac{9}{8}$	$\frac{4}{3}$	
$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{9}$	
$\frac{5}{12}$	$\frac{6}{19}$	

Nedenfor er en tallinje fra 1-3. Plasser følgende brøkverdier på tallinjen, ut ifra hvilken verdi de har:

$\frac{3}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{8}{3}$ $\frac{10}{4}$ $\frac{14}{6}$ $\frac{6}{9}$ $\frac{6}{5}$