

Matematikken i fysikkoppgaver

*Matematikk i norske fysikkeksamener
sammenliknet med TIMSS Advanced*

Eirik Kaafjord



Masteroppgave i matematikdidaktikk
Institutt for lærerutdanning og skoleforskning
Utdanningsvitenskapelig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

03.06.2019

Matematikken i fysikkoppgaver

Matematikk i norske fysikkoppgaver sammenliknet med TIMSS Advanced

© Eirik Kaafjord

2019

Matematikken i fysikkoppgaver

Eirik Kaafjord

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

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

I fysikk er matematikken sentral, både i innhold og teknisk utførelse. Elever som velger kurset Fysikk 2 i videregående skole, er helt avhengig av matematisk kompetanse for å mestre faget. Å beherske algebra, likninger og integraler er helt essensielt i fysikk på høyere nivå. I denne masteroppgaven er det undersøkt nettopp mengden av matematikk i norsk skolefysikk.

I internasjonal sammenheng har Norge historisk sett hevdet seg i fysikkfaget. TIMSS Advanced er et internasjonalt forskningsprosjekt som tar for seg avgangselever i matematikk og fysikk. Norge er kategorisert som et høypresterende land, og resultatene innen fysikk har lenge vært blant de beste. Presteringstrenden har likevel vært stabilt synkende over en 20-års periode. Resultatene for TIMSS Advanced matematikk er derimot annerledes, her er presteringstrenden de siste årene svakt stigende. Blant hovedtemaene som er undersøkt i TIMSS Advanced 2015 matematikk, ble det prestert høyest i geometri og dårligst i algebra.

For å se på innholdet i norsk skolefysikk er det i denne masteroppgaven analysert eksamensoppgaver i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk. Arbeidet tar utgangspunkt i to rammeverk. Det ene tar for seg matematisk kompetanse i oppgavene, mens det andre måler oppgavenes avhengighet av matematisk teori.

Det er klassifisert eksamensoppgaver fra Fysikk 2 fra våren 2013 til og med våren 2017. Dette utgjorde 234 oppgaver, og for TIMSS Advanced fysikk 2015 var det totalt 105 oppgaver.

Denne masteroppgaven undersøker matematikkinnholdet og kravene til matematisk kompetanse i eksamensoppgaver i Fysikk 2 sammenliknet med TIMSS Advanced oppgaver. Resultatet viser at matematikkinnholdet i Fysikk 2 er veldig høyt, hvor over halvparten av oppgavene er klassifisert som oppgaver med matematisk innhold. Til sammenlikning er andelen matematiske oppgaver i TIMSS Advanced fysikk 2015 rundt en tredjedel.

Forord

Etter fem år på lektorprogrammet til ILS, kan jeg snart kalle meg lektor. Kronen på verket er denne masteroppgaven, og om den ikke er skrevet med blod, svette og tårer, kan jeg i det minstelate som det. Det har virkelig vært en fornøyelse å kunne skrive en masteroppgave, hvor jeg kan kombinere mine to favorittfag innenfor fagdidaktikken.

Det er mange personer som må takkes for at denne oppgaven har blitt gjennomført. Jeg vil først og fremst takke min veileder, Arne Hole. Takk for enestående veiledning, gode samtaler, konstruktive tilbakemeldinger og koding av oppgaver. Jeg kunne virkelig ikke fått en bedre veileder. Takk til lektorgjengen for fem år med latter og god stemning. Siste halvåret med lunsj har alltid vært høydepunktet for dagen. Videre vil jeg takke min familie for at dere alltid støtter meg og har troen på meg.

Tusen takk til alle som har hjulpet meg med det språklige i oppgaven. En ekstra takk til Einar J. Ruud, for en siste korrekturlesning og god hjelp. Sist men ikke minst må en stor takk rettes til Stein Ole Kolstad Varhaug. Takk for alle timene du har satt av til hjelp med språket i denne oppgaven. Ikke bare har det beriket teksten, men jeg har også lært mye.

Blinder, mai 2019

Eirik Kaafjord

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn for valg av problemstilling.....	1
1.1.1	Elever i norsk skolefysikk.....	2
1.2	Problemstilling.....	2
1.3	Begrepsavklaring.....	3
1.4	Avgrensning.....	4
1.5	Oppbygning av oppgaven.....	4
2	Teori.....	7
2.1	Matematikkens rolle i skolefysikken.....	7
2.1.1	Elevens matematiske ferdigheter i fysikk.....	8
2.2	Matematisk kompetanse.....	10
2.2.1	Definisjon av begrepet kompetanse.....	10
2.2.2	Matematisk kompetanse i KOM-prosjektet.....	11
2.2.3	Hva sier forskning om matematisk kompetanse?.....	12
2.2.4	Bruk av kompetanserammeverk i forskning.....	14
2.2.5	NAG-rammeverk.....	15
2.3	LC-rammeverket.....	16
2.3.1	Formel og teorem.....	17
2.4	Læreplaner.....	18
2.4.1	Forskjeller i læreplanene.....	18
2.4.2	Hvor godt passer rammeverket i TIMSS Advanced med norsk læreplan i fysikk?	20
3	Metode.....	23
3.1	Metodevalg og forskningsdesign.....	23
3.1.1	Datamaterialet.....	25
3.1.2	Kodegruppe.....	26
3.2	Valg av rammeverk.....	27
3.3	Eksempler på bruk av rammeverkene.....	27
3.3.1	NAG-rammeverket.....	28
3.3.2	LC-rammeverket.....	32
3.4	Klassifisering.....	35

3.4.1	Testing av rammeverk.....	35
3.4.2	Klassifisering av oppgavene.....	35
3.4.3	Bruk av kodegruppe	36
3.4.4	Analyse og fremstilling av klassifiseringen	36
3.5	Forskningskvalitet	38
3.5.1	Reliabilitet	38
3.5.2	Validitet.....	39
3.5.3	Forskningsetikk	40
4	Resultat.....	41
4.1	Eksamen i Fysikk 2 våren 2013 til våren 2017 og TIMSS Advanced 2015 fysikk ..	41
4.1.1	NAG-rammeverket.....	41
4.1.2	LC-rammeverket	47
4.2	Eksamen 3FY V93, V94 og V95.....	50
5	Diskusjon.....	53
5.1	Forskjeller mellom eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015.....	53
5.2	Sammenlikning av matematisk innhold og matematisk aktivitet.....	55
5.3	Mengde av matematisk innhold i eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk	56
5.4	Modellering i skolefysikken	61
5.5	Tilbakegangen fra 1995 til 2015 i TIMSS Advanced 2015 fysikk.....	62
	Konklusjon	65
5.6	Oppsummeringer av sentrale funn.....	65
5.7	Styrker og svakheter	66
5.8	Forslag til videre forskning.....	68
	Litteraturliste	71

1 Innledning

Realfag har alltid vært det fagområdet jeg likte best på skolen. Det har fulgt meg gjennom videregående og videre til universitetet. Ser du på overgangen fra en muntlig eksamen i Fysikk 1, til en fem timers lang skriftlig eksamen i Fysikk 2, er forskjellen stor. Jeg husker selv en av de største utfordringene i fysikk var å vite hvilken formel som måtte anvendes for å løse oppgavene. Hjelpemidlene var kalkulator og fem sider med formler og fysiske konstanter, som for meg og mange fremstod som en jungel av symboler og figurer. Jeg var glad i både matematikk og fysikk, men kunne ikke forstå hvorfor det matematiske føltes så mye mer komplisert i fysikkoppgaver, enn i matematikkoppgaver. Min forventning var at fysikk skulle være intuitivt, ettersom det var realistiske problemer som til og med var forenklet. Det er dermed klart at matematikk har en plass i fysikk, men hvor stor er den egentlig?

Dette er noe av bakgrunnen for at jeg ble ledet frem til temaet i denne oppgaven: Jeg ønsker å se på hvor stor plass matematikk har i norsk skolefysikk ved å gjøre en sammenlikning av norske eksamensoppgaver i fysikk og TIMSS Advanced fysikkoppgaver. Jeg vil bruke rammeverk som fanger opp matematikkaspekter i fysikkoppgavene, som grunnlaget for denne sammenlikningen.

1.1 Bakgrunn for valg av problemstilling

TIMSS Advanced har vært gjennomført tre ganger, 1995, 2008 og 2015. Norge har deltatt alle gangene. Det er en storskala undersøkelse med mange deltakende nasjoner. Denne gir et godt grunnlag for sammenlikning med andre land. Fra denne undersøkelsen kan vi se at Norge har en negativ presteringstrend for avgangselever i Fysikk 2, noe TIMSS Advanced (Grønmo, Hole, & Onstad, 2017; Niss & Jensen, 2002) tydelig viser i tidsperioden 1995 til 2015. Selv om vi fortsatt er kategorisert som et høypresterende land i TIMSS Advanced fysikk, er resultatene ikke der vi ønsker de skal være. Det er nesten samme tendens i matematikk, men fra forrige gang TIMSS Advanced ble gjennomført, i 2015, ser vi at elevene begynner å bli bedre i matematikk generelt (Grønmo et al., 2017). Vi sliter fortsatt med algebra, og gjør det best i geometri (Grønmo et al., 2017). Norges relativt svakere resultater innen algebra gjør det interessant å se på matematikkens plass i skolefysikken. Matematikken har en stor plass i fysikkfaget, ettersom mange av kompetansemålene i fysikk er avhengig av visse typer

matematikk. For eksempel er 11 av 22 kompetansemål i Fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2006a) knyttet opp mot matematikk. I læreplanen finnes et eget hovedområde som heter «å beskrive naturen med matematikk», og i tillegg til andre formuleringer som regne-, beregne- eller anvende matematikk i sammenheng med fysiske formler. Ut ifra kompetansemålene er det tydelig at om lag 50 % av kompetansemålene krever en form for matematisk forståelse for å kunne gjennomføres.

1.1.1 Elever i norsk skolefysikk

Matematikk er en vesentlig del i fysikk, både i innhold og i teknisk utførelse. Tidligere var det ti års obligatorisk skolegang, og realfag var kun forbeholdt enkelte skoler. I 1994 kom læreplanen R94 (KUF, 1994) som fastslo retten til 13 års skolegang. Dette gjorde også realfag mer tilgjengelig for folk flest. Linjene i videregående opplæring var mer skilt fra hverandre før R94, og det var egen skoleretning laget for realfagselever. Elever har i dag en større mulighet til å velge hvilke fag de ønsker, og fagene matematikk (R1 og R2) og fysikk (Fysikk 1 og Fysikk 2) er ikke lenger obligatoriske. Det er heller ikke forkunnskapskrav eller krav til rekkefølge for fagene, selv om det finnes anbefalinger. Kan dette ha en sammenheng med det vi ser når norske elever i Fysikk 2 gjør det dårligere i fysikk i 2015 enn for 20 år siden? Vi kan i resultatene fra TIMSS Advanced se en prestasjonsmessig nedadgående trend innen fysikk, og tilsvarende innenfor algebra i matematikk. Algebra er en vesentlig del av matematikken i fysikk (Grønmo et al., 2017), dermed blir dette viktig å undersøke nærmere.

Mesteparten av tidligere forskning innenfor matematikk i fysikk i den norske konteksten er primært fokusert på elevbesvarelser, og hvordan en andel elever har *prestert* på et utvalg av oppgaver. Det er derimot ikke blitt gjort mye forskning på *innholdet* i oppgaver der man sammenlikner på tvers av ulike kontekster, for eksempler norske eksamensoppgaver versus internasjonale studier. En innholdsanalyse gjort på oppgavenivå i TIMSS Advanced og norske eksamensoppgaver i Fysikk 2, kan være med på å kartlegge hva slags type matematisk kompetanse og teori som er relevant for å mestre matematikken i fysikk.

1.2 Problemstilling

Jeg har en stor personlig motivasjon og interesse for å studere relasjonen mellom matematikk og fysikk. Målet med denne masteroppgaven er blant annet å se på hvor mye matematikk det

er i norsk skolefysikk. Dette undersøkes ved å se på matematikkinnholdet i fysikkoppgaver fra norsk eksamen i Fysikk 2, og sammenlikne dette med oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk. En metode som kan brukes for å undersøke dette, og som vil bli brukt i denne oppgaven, er å bruke et rammeverk som fanger opp de aspektene av matematikken som er relevant for målet med oppgaven. I formålet til læreplanen i matematikk står det at «Matematisk kompetanse innebærer å bruke problemløsning og modellering til å analysere og omforme et problem til matematisk form, løse det og vurdere hvor gyldig løsning er» (Utdanningsdirektoratet, 2013b, s. 2). Vi ser her at dette kan overføres til en beskrivelse av hvordan matematikk brukes i arbeid med fysikkoppgaver. Videre er det interessant å se på hvor stort innhold av matematikk det er i fysikkoppgavene og nivået det er forventet at elevene skal beherske. På bakgrunn av dette har jeg valgt følgende problemstilling:

Hvordan er matematikkinnholdet og kravene til matematisk kompetanse i norske eksamensoppgaver i fysikk sammenliknet med TIMSS Advanced?

Jeg vil i denne oppgaven prøve å svare på problemstilling også ved hjelp av følgende forskningsspørsmål:

- Hvilke forskjeller er det mellom ulike tidligere brukte rammeverk for måling av matematikkompetanser i denne sammenheng?
- I hvilken grad kan sammenlikning av matematikkinnhold mellom TIMSS Advanced og norsk eksamen, bidra til å forklare den norske tilbakegangen fra 1995 til 2015?

1.3 Begrepsavklaring

I oppgaven har jeg tenkt å se på det matematiske innholdet i oppgaver i fysikk. For å gjøre dette er det viktig at jeg på forhånd avklarer hva jeg legger i begrepet matematisk innhold, og hva jeg har tenkt å se på. Når det er snakk om matematikkinnholdet på generelt grunnlag, kan det tolkes på forskjellige måter. En kan tenke at det er oppgaver der man enten må bruke, tolke eller argumentere med matematikk. I min oppgave kommer det til en å være en kombinasjon av disse. Jeg vil se på matematikkinnholdet fra to perspektiv.

Det første er ved å se på hvilke *matematiske kompetanser* som er fremtredende, med utgangspunkt i Niss og Jensen (2002) sin kompetanserose med åtte delkompetanser. Et

eksempel på dette kan være en oppgave hvor elevene skal regne ut normalkraften til et objekt som ligger stille på et skråplan. Hva slags delkompetanser er relevante for å løse slike oppgaver i fysikk? Og når vi ser på flere oppgaver, hvilke delkompetanser er det som er mest fremtredende?

Videre vil jeg se på hva slags *matematisk teori* som kreves og hvor fremtredende dette er i oppgaver man arbeider med i fysikk. Matematisk teori er i denne oppgaven tolket som matematiske teorem og formler, altså matematiske utsagn. Med samme eksempel som i forrige avsnitt er det interessant å se om en bruker eller trenger en formel eller et teorem for å løse oppgavene. Også her er det spennende å se hvor ofte bruk av matematiske teoriene forekommer.

1.4 Avgrensning

For å begrense omfanget av oppgaven og skape muligheter for å konsentrere meg om dybden i valgte forskningsspørsmål, har jeg valgt noen avgrensninger. Én slik avgrensning er å kun se på matematikkinnhold med hensyn til hvordan det måles ved bruk av rammeverkene som er lagt til grunn for klassifiseringen. Det vil derfor bli brukt en kvantitativ innholdsanalyse av oppgaver.

Videre kommer jeg til å måle det matematiske innholdet ved å se på fysikkeksamener fra våren 2013 til og med våren 2017 og oppgaver fra TIMSS Advanced fysikk 2015. Jeg kommer også til å begrense meg til å se på Fysikk 2. Matematikk i Fysikk 1 vil altså ikke bli behandlet i denne oppgaven. Dette er blant annet fordi det mer utfordrende å gjøre målinger og sammenlikninger, da fysikk 1 bare har praktiskmuntlig eksamensform.

1.5 Oppbygning av oppgaven

I det neste kapittelet ser jeg først på matematikkens rolle i fysikk. Videre definerer jeg begrepet kompetanse, og hva det innebærer. Jeg ser også på hvordan begrepet matematisk kompetanse har oppstått, og hva det innebærer fra et matematikdidaktisk perspektiv, samt annen forskning som er sentral for oppgaven. Deretter tar jeg for meg hvordan andre forskere, som har brukt tilsvarende kompetanserammeverk, har brukt det i sin forskning. Siden definerer og beskriver jeg matematisk teori som inngår i LC-rammeverket, hvor jeg også

beskriver språksiden og innholdssiden i matematikk. Helt til slutt ser jeg på læreplanen i fysikk og hvordan den har endret seg de siste 30-40 årene.

I kapittel 3 beskriver jeg metoden som blir brukt i denne studien. Jeg beskriver datamaterialet og valg av rammeverkene som er anvendt på oppgavene, med de fordeler og ulemper bruk av disse innebærer. Videre beskriver jeg veien fram til klassifiseringen av oppgavene, selve klassifiseringen, og danningen av kodegruppen. Avslutningsvis ser jeg på reliabilitet, validitet og forskningsetikk, for å ta for meg masteroppgavens forskningskvalitet.

Resultatet er presentert i kapittel 4. Der er fremstillingen av resultatet i tabeller hvor resultatet av hver av kategoriene i klassifiseringen vises prosentvis. Det er disse resultatene som legger grunnlaget for diskusjonen i kapittel 5.

Til sist kapittel 6, hvor jeg oppsummerer mine hovedfunn. Her kommenterer jeg studiens styrker og svakheter, og kommer med forslag til videre forskning.

2 Teori

I dette kapittelet vil jeg gi en oversikt over teori som er relevant for oppgaven. Jeg vil se på matematikkens rolle innen fagområdet fysikk, teori rundt matematisk kompetanse og matematisk teori, samt i begrenset omfang diskutere læreplanens utvikling nettopp innenfor skolefysikkens fagområde.

2.1 Matematikkens rolle i skolefysikken

Opp gjennom tidene har fysikere vist at fysikk kan beskrives ved hjelp av matematikk (Gingras, 2001). I årenes løp har fysikken dermed blitt mer matematisk formalistisk. Som en konsekvens av dette, har det blitt vanskeligere å ta del i diskusjoner omkring fysikk, hevder Gingras, fordi amatør fysikere ikke lenger kunne beskrive fysikk ved hjelp av personlige meninger, men nå også måtte forholde seg til matematiske sannheter. Når vi i dag ser at matematikk og fysikk henger tett og naturlig sammen som fagområder, er det vel vitende om at det ikke alltid har vært slik. Tilsvarende har det også vært i skolefysikken, hvor matematikken tidligere ikke spilte den samme rollen som den har i for eksempel rene matematikkurs.

I skjæringspunktet mellom fagområdene matematikk og fysikk, reiser problemstillingen seg: I hvilken grad ser en elev i klasserommet sammenhengen mellom disse? Redish (2006, s. 1) refererer til matematikken som «the language of science», og med en slik tanke holder det ikke kun å fortelle elever at de må studere mer matematikk dersom de sliter med matematikk i fysikk. Redish (2006) begrunner dette videre med at en i fysikken bruker matematikken til å forklare fysiske systemer. I fysikk opererer vi med enda flere konstanter og variabler enn vi gjør i matematikk. Vi har blant annet konstanten g for tyngdeakselerasjon og variabelen v for fart, hvor en fysikkoppgave eksempelvis kan gå ut på å bruke en oppgitt v , eller at du skal finne denne. I tillegg finnes en mengde konstanter funnet av fysikere, som må plasseres inn i formler for å komme frem til en løsning.

Det ovenfor nevnte står i motsetning til ren matematikk, hvor en i stor grad bruker matematikken til å uttrykke abstrakte relasjoner. I fysikk blir nemlig konstanter og variabler, slik vi har sett, brukt på en annen måte enn i matematikk. I matematikken på videregående, og

da særlig i de matematiske fagområdene kalkulus og algebra, blir eleven stort sett ikke presentert for flere variabler enn x , y og z , mens konstantene er a , b og c .

Som vi har sett, er det altså i fysikk flere formalia å holde styr på enn i matematikk. Der vi i fysikk vanligvis ikke setter inn konstanter før vi har kommet frem til et uttrykk, vil vi i matematikk heller sette inn verdiene umiddelbart. Dette henger sammen med at vi i fysikk også ønsker å se sammenhenger før vi kommer til løsningen, og ikke kun å løse en gitt oppgave.

Vi ønsker i fysikken at denne gitte oppgaven skal passe for alle liknende problemstillinger, hvilket tyder på at det å lære seg problemløsning er mer enn bare å kunne en metode, – det er også å vite hvilke metoder som passer til de gitte problemene (Redish, 2006). Dette kan ses i sammenheng med Kanderakis (2016) forskning, hvor han har funnet at elever ofte sliter når de må bruke enheter og ikke bare tall. For eksempel viste det seg at $F = ma$ er mye vanskeligere enn $y = ax$, selv om de rent matematisk-teknisk er like, ettersom begge er proporsjonale størrelser.

2.1.1 Elevers matematiske ferdigheter i fysikk

Mye pensum og rask progresjon i fysikkfaget gjør at mange elever ser på skolefysikken som utfordrende. Lærerne, på den annen side, anser elevers dårlige forkunnskaper i matematikk som den største utfordringen i fysikkfaget, ifølge Angell, Guttersrud, Henriksen, og Isnes (2004). Hva viser så forskning om korrelasjonen mellom elevers matematiske ferdigheter og deres prestasjoner i fysikk?

Uhden, Karam, Pietrocola, og Pospiech (2012) har sett på matematisk modellering i fysikk, og hvordan matematikken virker i fysikken. De har i denne studien blant annet sett på hvorfor det matematiske aspektet innen fysikk kan være så vanskelig å gripe. Uhden et al. (2012) argumenterer for at matematikkens rolle i fysikk har flere aspekter. For det første kan vi i et pragmatisk perspektiv si at den i fysikken fungerer som et verktøy, for det andre at den oppfører seg som et språk. Eksempelvis kan vi ved å beskrive kraft som en vektor se at kraften plutselig får en verdi og en retning. Endelig har den en strukturell funksjon, ved at den gir oss en måte å drive med logisk deduktiv resonnering.

Selv om matematikken litt poetisk sagt kan kalles naturens språk, altså noe som skal gjøre det abstrakte konkret, viser det seg fortsatt utfordrende for elever å forstå sammenhengene (Redish, 2006). Noe som ofte gjør det utfordrende å forstå, er at en har én konseptuell og én matematisk forestilling av et fysisk konsept. Når disse to møtes, kan samsvaret mellom dem oppleves kunstig. Hewitt (2006) begrunner i (Uhden et al., 2012) dette med et eksempel om det fysiske konseptet akselerasjon. Dette konseptet kan være vanskelig å forstå fordi det er en måling av endringsraten til en endringsrate: akselerasjon er endring av hastigheten, som igjen er en rate, nemlig endring i posisjon.

Meltzer (2002) har utført en studie hvor han blant annet har sett på korrelasjonen mellom elevers matematiske ferdigheter og deres resultat i skolefysikk. Her kunne han se en generell positiv tendens mellom dem. I studien så han på resultater fra elever som tok en fysikktest i elektrisitet og magnetisme. Studien gikk i korte trekk ut på at elevene på forhånd hadde tatt en pretest som testet kunnskap i matematikk, elektrisitet og magnetisme. Når de var ferdig med temaene, tok de en ny test. Meltzer analyserte så disse tre testene med forskjellige poengskalaer, som han siden sammenliknet med hverandre. I resultatene av studien fant han ut at det særlig var læringsutbyttet som ble påvirket av de matematiske ferdighetene elevene hadde på forhånd. Elevene som scoret høy på matematikktesten, hadde større progresjon enn elever som ikke scoret like høyt på matematikktesten.

Også Lawrenz, Wood, Kirchhoff, Kim, og Eisenkraft (2009) har sett på variabler som påvirker elevers fysikkprestasjon. Fra deres studie fant de en sammenheng mellom elevers holdninger til fysikk, og antall matematikklasser de hadde tatt. I deres funn så de antydninger til at de matematiske ferdighetene henger sammen med elevens oppnåelse i fysikkfaget. Dette funnet støttes også opp av Tuminaro (2004). Han kom frem til to grunner for at elever strever med fysikk. Den første er at elevene mangler relevant forkunnskap innenfor matematikk til løse problemer i fysikk, altså det samme som ovennevnte Lawrenz et al. (2009) fant. Det andre problemet er at de ikke vet hvordan de skal overføre matematiske ferdighetene på gitte fysikkproblemer. De har med andre ord et utvalg av redskaper som de ikke vet når og hvordan de skal bruke.

2.2 Matematisk kompetanse

I masteroppgaven vil jeg bruke matematisk kompetanse som et sentralt redskap til å svare på problemstillingen. Jeg vil i denne delen komme med en definisjon av konseptet kompetanse og begreper knyttet til dette. Videre vil jeg se på hvordan matematisk kompetanse har oppstått, og hva tidligere forskning sier om dette. Til slutt ser jeg på bruk av forskjellige kompetanserammeverk som er brukt i forskning, og deres styrker og svakheter.

2.2.1 Definisjon av begrepet kompetanse

Mens vi på norsk har ordet «kompetanse» å forholde oss til, gir engelsk språk oss begrepene «competence» og «competency». Det kan synes vanskelig å skjelne disse fra hverandre bare ved å lese ordene, slik det også kan være utfordrende å forstå hva begrepene betyr samt hva som gjør dem forskjellige. Dette er to begreper som sjeldent blir beskrevet, og Kilpatrick (2014) skriver at forfattere av engelsk forskningslitteratur går ut fra at leseren kjenner til forskjellen på competence og comptency. Etersom jeg i det følgende skal bruke tilsvarende norske ord for disse, vil jeg i denne delen definere min forståelse på forskjellen mellom dem ut fra relevant litteratur. Dette vil resultere i en hensiktsmessig beskrivelse av dem, og en oversettelse som er fornuftig i rammeverket som brukes i denne oppgaven.

En måte å oversette *competence* til norsk, kan være å snakke om det som en helhetlig kompetanse. Westera (2001, s. 75) skriver at konseptet competence, assosieres med evnen til å mestre en kompleks situasjon, hvor man også antar at helhetlig kompetanse kan bedømme nivået på kunnskap og ferdigheter. Dette støttes av Kilpatrick (2014) som skriver at competence kan bli forklart som «evnen til å gjøre noe suksessfullt» eller «besittelse av nødvendig ferdighet, kunnskap eller kvalifikasjon» (s. 85). Begrepet kompetanse blir brukt på forskjellige måter, både av forskere og mannen i gata. I dag brukes begrepet i dagligtalen, det er for eksempel normalt å snakke om kompetanse som attraktivt både for lærere og arbeidsgiver. Lærere ser etter elevers evne til å tilegne seg kompetanse, mens arbeidsgiveren ser etter kompetente ansatte. Problemet med ordet kompetanse som en teoretisk enhet, er derfor at det blir stilt opp mot suksess, noe helt annet enn å måle hvordan kunnskap og ferdigheter er anvendt (Westera, 2010). Det er slik begrepet helhetlig kompetanse (competence) vil bli brukt i denne oppgaven, som en anvendelse av hvordan en kan måle kunnskap og ferdigheter.

Begrepet competency, på den annen side, kan for eksempel betegnes av åtte ulike kompetanser fra det såkalte KOM-prosjektet (Niss & Jensen, 2002), som jeg i det følgende vil beskrive. På bakgrunn av dette kan man se det problematiske ved å skille mellom competence og competency, når en i norsk språk skal omtale begge som kompetanse. I denne oppgaven vil jeg se på de åtte delkompetansene (competencies) hovedsakelig, som kategorier i det ene rammeverket. Av praktiske grunner vil jeg derfor bruke begrepet kompetanse når jeg videre omtaler competency. Oppsummert vil jeg altså bruke begrepet kompetanse for competency, og helhetlig kompetanse for competence.

2.2.2 Matematisk kompetanse i KOM-prosjektet

Hvordan kan kunnskaper og ferdigheter måles? Av Niss og Jensen (2002) defineres matematisk kompetanse som «en innsiktsfull beredskap til å handle hensiktsmessig i situasjoner som inneholder en bestemt form for matematisk utfordring.» (s. 43). En måte å forstå matematisk kompetanse på, er at man har et knippe verktøy hvor en skal vite hvilke som er hensiktsmessig å bruke i forskjellige situasjoner. Skal du sage en planke og skru den fast med en skrue, kommer du ikke langt med en hammer, – du trenger sag og skrujern. På samme måte kan du ikke bruke en formel for å regne ut prosent av en gjenstand, når du skal derivere eller integrere en funksjon. En annen parallell som kan trekkes, er hvordan redskapene eller formlene brukes. Skal du regne ut hvor mye sparepengene i banken har økt over flere år, med hensyn på renter, er det mer praktisk matematisk å bruke vekstfaktor enn å regne ut prosentandel og legge til, for så å gjenta dette flere ganger. Slik vi her har sett noen praktiske eksempler på bruk av kompetanse, vil jeg i det følgende ta for meg hver av de åtte kompetanse til Niss og Jensen (2002), og se hvordan hver enkelt av dem kan brukes.

KOM-prosjektet (Niss & Jensen, 2002) førte til at en samlet seg om åtte former for kompetanse, som så er delt inn i to grupper. Den første gruppen fikk navnet *å spørre og svare, i, med og om matematikk*. Den inneholder fire kompetanser av de åtte kompetansene, hvor den første er *tankegangskompetansen*. Kort fortalt består denne i å forstå arten av spørsmål og svar, begreper rekkevidder og å skille mellom forskjellige matematiske utsagn. Den andre kompetansen er *problembehandlingskompetansen*, som går ut på å stille opp og løse problemer, dette er den mest formalistiske og konkrete kompetansen.

Modelleringskompetansen er den tredje, og går ut på bygge og analysere matematiske modeller. Dette henger tett sammen med fysikk, hvor man kan lage en matematisk modell av

kraft, $N = ma$, hvor N , er kraft målt i newton, m er masse og a er akselerasjonen. Til slutt i den første gruppen har vi *resonnementskompetansen*, som går ut på å følge og bedømme resonnementer, forstå hva et bevis er, og kunne tenke ut og gjennomføre dem. Dette kan ses på som at vi har bestemt at alle rettvinklede trekanter er 90 grader, og at man må bevise at summen av alle vinklene i en vilkårlig trekant er 180 grader.

De fire siste kompetansene ligger i gruppen de kalte *å omgås språk og redskaper i matematikk*. Her har vi *representasjonskompetansen*, som går ut på å forstå og bruke forskjellige representasjoner, og bytte mellom dem. Dette kan for eksempel være å lese av et punkt i et koordinatsystem, tegne lengde og retninger på en vektor, eller forstå hva lengden og retningen representerer. Videre har vi *Symbol- og formalismekompetanse* som vil si å avkode, oversette og behandle symbolholdige utsagn. Dette kan være å skille mellom enheter, eller se sammenhengen mellom vei, fart og tid ($v = \frac{s}{t}$), hvor v er fart, s er vei og t er tid.

Kommunikasjonskompetanse går ut på å forstå og fortolke utsagn og tekster, og å kunne uttrykke seg om dem matematisk. Det å argumentere for hvorfor en ikke kan dividere med 0, er et eksempel på kommunikasjonskompetanse. Til slutt har vi *hjelpemiddelkompetansen*, som går ut på å kjenne muligheter og begrensninger ved bruk av hjelpemidler, som kalkulator, centikuber og andre ting som kan gi støtte visuelt eller kognitivt.

2.2.3 Hva sier forskning om matematisk kompetanse?

Niss, Bruder, Planas, Turner, og Villa-Ochoa (2017, s. 236) drøfter hva det vil si å mestre matematikk. Hvordan kan vi si at noen mestrer matematikk? Niss et al. (2017) sier at det er forskjell på «å vite» og «å kunne gjøre». Samtidig er det et nært forhold og en god balanse mellom dem. Det å kunne vite noe teoretisk i seg selv, vil ikke automatisk bety at man kan bruke dette i praksis. Du kan for eksempel vite at ABC-formelen er en omforming av $ax^2 + bx + c = 0$ slik at du får $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, men det betyr ikke nødvendigvis at du kan klare å gjennomføre utregningen og problembehandlingen som ligger til grunn for å kunne dette. For å svare på spørsmålet om hvordan en mestrer matematikk, har Niss et al. (2017) sett på tre viktige punkter i innholdet til faget.

1. Hva ønsker vi å oppnå?
2. Hvordan kan vi vite om vi har oppnådd det?
3. Struktur og organisering av timene.

Forskjellige land vil gi forskjellige svar på disse spørsmålene. Dette er interessant, for i utgangspunktet skal alle elevene lære å mestre matematikk gjennom et matematikkurs. Nevnte problemstilling ble forsøkt besvart i førsteutgaven av TIMSS, kalt IEA (Niss et al., 2017, s. 237). De listet opp fire kognitive oppførselsnivåer, og kom frem til forskjellige forståelser av hva det vil si å mestre matematikk:

- Primært fokus på kunnskap og forståelse av innhold, for eksempel teori, teorem og definisjoner
- Primært fokus på ferdigheter knyttet til algoritmer og teknikker
- Primært fokus på problemløsning
- Primært fokus på matematikk som del av mennesker kultur, som kunst og vitenskap.

Ingen av disse forståelsene av mestring av matematikk kan stå alene, og de er heller ikke motstridene. For eksempel vil du ved primært fokus på problemløsning måtte trenge ferdigheter knyttet til algoritmer og teknikker. Like mye må du ha kunnskap om teoremer og definisjoner knyttet til problemet. Det samme kan ses i fokuset på matematikk som del av mennesker kultur, kunst og vitenskap. Det er ikke til å komme bort fra at problemløsning krever nødvendige forståelser og ferdigheter som er essensielle for å løse oppgaven. Fra Kilpatrick (2014) kommer det frem at matematisk kompetansene er blitt definert som generelle kognitive kompetanser. Hovedkategorier innenfor disse kognitive kompetansene er kunnskap, forståelse, applikasjon, syntese og evaluering. I det nevnte KOM-prosjektet fant en frem til en forestilling av matematisk kompetanse, og landet som vist på åtte former for kompetanser. Det var også andre prosjekter som kom frem til andre forestillinger av matematisk kompetanse. Det er mange likheter mellom dem, men det er også forskjeller som terminologi, holdninger, disposisjon og vilje (Niss Et al., 2017, side 240)

En utfordring med kompetanserammeverkene er at noen av kompetansene kan minne veldig om hverandre, hvilket gjør at det kan være vanskelig å skille mellom dem. Lithner et al.

(2010) ønsket et rammeverk som klassifiserte matematisk kompetanse. Han lagde derfor seks kompetanser ut fra Niss sine åtte, slik at det ikke skulle være noe tvil om at noen av kompetansene overlappet hverandre. Dette begrunnet han med at Niss (2003) selv hadde sagt at kompetansene var nært knyttet til hverandre. Dette er noe jeg må ta høyde for i mitt rammeverk, slik at det blir enklere å se hvilke kompetanser som er mest fremtredende.

2.2.4 Bruk av kompetanserammeverk i forskning

Hvordan kan matematisk kompetanse oppdages og identifiseres? Når en lærer underviser, bør han kunne være bevisst på hvilke matematiske kompetanser som er nødvendig å besitte for å løse oppgaven. Et annet viktig poeng er at lærerne burde være samstemte når det kommer til å dømme innholdet i en oppgave. Om du spør to forskjellige matematikklærere hva slags matematisk kompetanse som er nødvendig for å løse oppgaven, burde ideelt sett svarene være de samme – så sant de har den samme definisjonen av matematisk kompetanse. Dette har Pettersen og Nortvedt (2017) sett på da de testet dette på fem lærere, hvor de skulle klassifisere bruken av seks forskjellige matematisk kompetanser på ulike oppgaver. Læreren skulle gi oppgaven en score på en skala fra 0 til 3, hvor 0 er det laveste nivået av etterspørselen av kompetansen, og 3 det høyeste. Resultatet viste at lærerne var ganske samstemte, og at det var god korrelasjon mellom graderingen deres. Interessant var det også at det var veldig mange som gav scoren 0 og 1, og veldig få som gav score på 2 og 3. Dette viser at lærerne kviet seg for å bruke de høyere scorene i klassifiseringen.

Boesen, Lithner, og Palm (2016) hadde også en kompetanseanalyse, men da på svenske nasjonale prøver. De analyserte 376 oppgaver, hvor oppgavene kom fra tolv nasjonalprøver. Én var fra tredje klasse, en fra femte klasse, to fra niende klasse og fire på videregående skoler. De brukte et rammeverk for å måle grad av kompetanserelatert aktivitet. Dette rammeverket var til dels inspirert av Lithner (2008) sitt rammeverk for kreativ og imitativ resonnering. Han delte altså den matematiske resonneringen inn i de to hovedkategoriene kreativ og imitativ resonnering, som ble utgangspunktet for rammeverket hans. Imitativ resonnering delte han igjen opp i memoreringsresonnering og algoritmisk resonnering. Førstnevnte gikk ut på å memorere hele svaret, og gikk derfor kun ut på å skrive ned det du hadde pugget. Kreativ resonnering gikk ut på å evaluere og lage ny eller glemt metode for å løse oppgaven. Dermed kan formene for resonnering brukes til å måle grad av aktivitet. Dette

rammeverket mente Lithner (2008) passet bra til tre kompetanser: problemløsning, resonnement og konseptuell forståelse.

Foruten å se på innholdet av hvor mange av kompetansene som gikk igjen i oppgavene, målte Boesen et al. (2016) som sagt også grad av kompetanse-relatert aktivitet (competency-related activities (CRAs)). De hadde tre grader av CRA, hvor første var ingen grad (CRA I), variert grad (CRA II), og til slutt stor grad (CRA III). I denne studien så de at nesten ingen av oppgavene gikk under kategorien CRA III, som igjen gikk under elevers evne til å evaluere og reflektere over matematikk. Dette er også noe av det samme som Pettersen og Nortvedt (2017) fant da de så på lærere som skulle klassifisere oppgaver i matematikk.

I sin masteroppgaven har Ræder (2017) prøvd å utvikle en kategoriseringsguide som tar opp matematikken i fysikkoppgaver. Denne kan brukes til å se på hvordan elever gjør det i enkelte kategorier. Han endte opp med fire kategorier i denne kategoriseringsguiden. Disse kategoriene var en underkategori i noe han kalte matematisk aktivitet. Disse kategoriene var (1) mattematisering, (2) tolkning og implementering, (3) arbeid med symbolsk og numeriske representasjon og (4) arbeide med visuelle matematiske representasjoner. De to første, (1) og (2), er fysikkmatematiske kategorier, som vil si grupper av aktiviteter som bruker matematikkens strukturerende funksjon til å koble matematikken til fysikkfaget. Videre er de siste to, (3) og (4), grupper av aktiviteter som bruker matematikkens tekniske funksjon i form av matematiske metoder til å genere et resultat. Siste del av masteroppgaven brukte han kategoriseringsguiden til å se hvordan elever gjør det i enkelte kategorier, med oppgaver fra TIMSS Advanced fysikk 2015.

2.2.5 NAG-rammeverk

Et kompetanserammeverk som er designet for å se på matematisk kompetanse i fysikkoppgaver, er laget av Nilsen, Angell, og Grønmo (2013). Jeg har videre valgt å kalle dette rammeverket for NAG-rammeverket. Dette rammeverket ble laget for å analysere TIMSS Advanced fysikkoppgaver, ved å se på innholdet av matematisk kompetanse og utviklingen fra tidligere TIMSS Advanced fysikk tester. Forfatterne så på ulike kompetanser innen fysikk utviklet av Dolin (2002), og sammenliknet dem med de tidligere nevnte matematiske kompetansene utviklet av KOM-prosjektet (Niss & Jensen, 2002). Av de åtte fysikk-kompetansene vi så på, kunne Nilsen, Angell og Grønmo se at i seks av dem var det en tilknytning til matematisk kompetanse.

Rammeverket utviklet av Nilsen et al. (2013) er todelt. Først runde med klassifisering går ut på å se på hver enkelt oppgave, og deretter kode den i to kategorier; *Matematikk*- og *Ikke matematikk*. Oppgaven ble kodet som *Matematikk* dersom eleven måtte bruke, finne eller identifisere en formel og/eller oppgaven tydelig inneholder en matematisk representasjon, som grafer, formler og/eller likninger. Alle andre oppgaver ble kategorisert som *Ikke matematikk*. Videre ble oppgavene som ble kodet som *Matematikk* klassifisert enten som *Behandling av symboler*, *Matematisk modellering* eller *Behandling av matematiske representasjoner*. En oppgave med matematikk vil kun falle inn i én av kategoriene. Denne ble altså bestemt ut ifra hvilken kompetanse som var mest fremtredende. En oppgave ble kodet som *Behandling av symboler* dersom eleven trengte å manipulere en formel, løse en likning eller sette tall inn i en likning. En oppgave ble kodet som *Behandling av matematiske representasjoner* dersom eleven måtte bytte mellom, forstå eller bruker grafer eller vektorer (for eksempel piler som representerer akselerasjon). Den siste kategorien var *Matematisk modellering*. Oppgaven ble kategorisert som dette om man endte opp med en formel eller et forhold mellom to konsepter (for eksempel forholdet mellom to krefter). En oppgave kan derfor kun bli klassifisert i en av tre kategorier om den blir klassifisert som *Matematikk*.

2.3 LC-rammeverket

Grønmo og Hole (2017) har forsket på blant annet fysikkoppgavene i TIMSS Advanced. Her har de brukt LC-rammeverket som skal fange både språksiden (L for language) og innholdssiden (C for content) i matematikken. De bruker dette rammeverket til å måle matematikkinnholdet i fysikkdelen. LC-rammeverket klassifiserer oppgaver ved å beskrive avhengigheten av de to delene L og C av matematisk teori. For å beskrive avhengigheten av L-delen, brukes en todeling som er formel/ikke-formel (F/NF). Det vil si at dersom det i oppgaven er minst én formel involvert, enten i oppgaveteksten eller i elevens forventede løsning/metode, vil oppgaven klassifiseres som F. Tilsvarende har C-delen en todeling som blir referert til som teorem/ikke-teorem (T/NT). Får man oppgitt eller får bruk for minst et teorem, vil den aktivere teoremkategorien (T). Om ikke vil den gå under ikke-teorem (NT).

Innenfor dette rammeverket referer vi ikke til emneområder, men ulike typer matematisk teori. Funn med LC-rammeverket på TIMSS Advanced fysikkoppgavene viser at en indikasjon på tilbakegang i fysikk kan ha sammenheng med svakere kompetanse innen algebra (Grønmo et al., 2017). Dette ble fanget opp i en analyse av TIMSS Advanced

matematikk og fysikk, gjennomført av Grønmo og Hole (2017). De så på sammenheng mellom LC-kategoriene og prestasjoner i TIMSS Advanced 2015 i både matematikk og fysikk. De hadde sett på differansen mellom gjennomsnittlige p -verdier for NF-F (tar gjennomsnittsverdien til NF og trekker fra gjennomsnittsverdien til F) og NT-T (hvor en gjør det samme). De sammenliknet så differansen med andre utvalgte deltakerland. Fra fysikk kunne de se at for NF-F hadde nesten alle land en signifikant positiv differanse mellom de gjennomsnittlige p -verdiene. Funnet indikerte at elever i disse landene finner oppgaver som involverte formler som vanskeligere enn oppgaver uten. Det samme kunne man se for NT-T, at elever syntes fysikkoppgaver hvor de måtte kunne matematiske teorem var vanskeligere enn oppgaver uten. De hadde også sett på trendutvikling i dette fra TIMSS Advanced 2008, og kunne se at fremgangen i matematikk var knyttet opp mot NF-kategorien. Ettersom fysikk primært er knyttet opp mot algebra og tilsvarende, kan det være interessant å se den norske tilbakegangen av TIMSS Advanced fysikk i lys av dette

2.3.1 Formel og teorem

Hva er egentlig forskjellen på en formel og et teorem? Grønmo og Hole (2017) deler disse opp i en språkside og en innholdsside. De ser på viktigheten av at elever, uavhengig av skoletrinn, klarer å skille mellom konsepter vi har «funnet på», og konsepter vi har «funnet ut» innen matematikk. Det første området, som de kaller «funnet på», er definisjoner, notasjon og annen ren språkbruk, altså språksiden. På den annen side trengs det språk også for å uttrykke teoreme i matematikken. Derfor referer Grønmo og Hole (2017) til distinksjonen mellom «funnet ut» og «funnet på». Konkret kan vi si at $a \cdot a \cdot a = a^3$, er funnet på. Om en elev spør læreren hvorfor dette stemmer, er det ikke noe bedre forklaring enn at dette er noe matematikerne har bestemt seg for at «skal skrives slik», det er noe eleven følgelig må akseptere. Det andre området, av forfatterne kalt «funnet ut», består av matematisk teoremer og setninger. I dette området finner vi for eksempel Pythagoras' setning. Mer konkret kan vi si at regelen

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m} \text{ for alle positive tall } a \text{ og naturlige tall } n \text{ og } m$$

er et teorem, siden dette er noe som må og kan bevises. Dette er altså noe vi har funnet ut, på lik linje med Pythagoras' setning.

2.4 Læreplaner

Læreplanene i fysikk har ikke bare fått innholdet endret opp gjennom årene, men også navnet på kurset har i flere omganger skiftet. Etter LK06 ble fagnavnet endret fra 2FY og 3FY til Fysikk 1 og Fysikk 2. Jeg vil i denne delen for enkelthets skyld bruke 2FY og 3FY for fysikk-kursene Fysikk 1 og Fysikk 2, ettersom flesteparten av læreplanene som er med i dette kapittelet bruker disse navnene.

I tillegg til navnebytte, har læreplanen også fornyet seg jevnlig de siste 30 årene. Historisk sett kan vi se at fagets funksjon har endret seg i takt med at samfunnet har utviklet seg. Etter R94 har også videregående opplæring blitt tilgjengelig for alle, i og med at alle har rett på dette. Dette har resultert i at det en før kun underviste for en liten del av befolkningen, i dag er blitt undervisning som er tilgjengelig for alle. Vi kan også se at fysikk har gått fra å være et praktisk fag, til et mer vitenskapelig fag. Læreplanen i fysikk har to perspektiver som kommer frem; det studieforberevende og det allmenndannende perspektivet. Lie, Angell, og Rohatgi (2010) skriver at det studieforberevende perspektivet kommer klarere frem i 3FY, hvor det blir vektlagt kvantitative og matematiske aspekter og fysikk som metode, enn i 2FY, som er mer kvalitativt.

Dagens læreplan fremhever matematikkens betydning for fysikkfaget. De fleste som tar fysikk i dag, tar også matematikk. Lie et al. (2010) nevner det likevel som et paradoks at det er lite av matematikken fra matematikkursene som faktisk brukes i fysikken. Det er for det meste likninger, og stort sett algebrabasert, men norske fysikkelever opplever den matematiske formalismen vanskelig.

2.4.1 Forskjeller i læreplanene

I gjennomgang av de ulike læreplanene, starter vi med fysikkplanen fra 1976. For det første beskriver denne planen en linjedelt videregående skole. Skoleverket på denne tiden hadde tre linjer; naturfaglinjen, samfunnsfaglinjen og språklinjen. Elevene hadde altså allmenne fag, studieretningsfag og valgfag. Det var studieretningsfagene (linjefagene) som bestemte hvilken linje man gikk på, og planene på linjefagene var på denne tiden lagt opp med en fagplan A og en fagplan B. Forskjellen på disse var at B-varianten hadde spesifisert lærestoffet for hele kurset, mens variant A hadde en del av stoffet, og tilvalgstoff, som skulle utgjøre fire ukers arbeid i 2FY og syv til åtte ukers arbeid i 3FY.

Etterkommeren til fysikkplanen fra 1976 var fysikkplanen i 1985. Også denne benyttet beskrivelsen av en linjedelt videregående skole. Både i fysikkplanen i 1976 og 1985 er det formulert at fysikkfaget krever matematikkurset 2MN, som var annen klasse kurset den gang og måtte tas parallelt i studieløpet. I fysikkplanens (KUD, 1976) annen avsnitt om «mål» er listen av målformuleringer mer eller mindre den samme, men et mål om fysikkens betydning er flyttet opp som det aller første. Dette er noe som kan ses på som et ønske om at fysikkfaget i videregående skole skulle endre seg i retningen av å være en mer allmenndannende studieretning snarere enn profesjonsrettet eller studieforbereende studie (Angell et al., 2016). En annen endring som kan observeres i læreplanen fra 1976 til 1985, er at 2FY får en mer kvalitativ profil enn den har hatt tidligere. De bruker flere formuleringer relatert til dette, slik som at «fysikk gjør en viktig del av kulturen vår», og at den nye planen gir større rom for at fysikkfaget faktisk skal handle «om fysikk». 1985-planen bruker heller ikke kompetansebeskrivelser, men en oppstilling av innholdskomponenter, hvor de deles inn i kjernestoff som for eksempel *mekanikk og varme* og *lys og bølger*. Sammenliknet med 1976-planen, er blant annet termofysikk, optikk og vekselstrøm enten fjernet eller kraftig redusert.

Fysikkplanen av 1992 var læreplanen som gjaldt for det norske kullet som tok TIMSS Advanced fysikk 1995. Innholdsmessig skiller denne planen seg lite fra 1985-planen, men listen over aktuelle formler og annet matematikkpreget innhold var mer utbredt. I denne planen brukes ikke lenger begrepet linjefag, men studieretningsfag, slik at det nå er fordypning i realfag, samfunnsfag eller språkfag. Formuleringen om at alle som velger fysikk krever 2MN, er erstattet med forutsetning om at de som velger fysikk, enten leser totimerskurset i matematikk (2MN) i andre år, eller på andre måter har tilegnet seg nødvendige matematikkunnskaper slik at de ligger på et 2 MN-nivå (KUF, 1992).

Fysikkplanen av 2006 er læreplanen som gjaldt for elever som tok TIMSS Advanced 2015. Dette er planen fra Kunnskapsløftet 2006 (Utdanningsdirektoratet, 2006b). Denne planen er, i motsetning til de tidligere planene, kompetansebasert. Linjestrukturen som er brukt i videregående opplæring er dermed helt oppløst, og elever kan i dag velge fysikk uavhengig om de tar matematikk som fag på annet eller tredje årstrinn. Kursene har nå også endret navn fra 2FY og 3FY, til henholdsvis Fysikk 1 og Fysikk 2. Disse er delt inn i fem temaområder, som listet opp under:

- Klassisk fysikk
- Moderne fysikk
- Å beskrive naturen med matematikk
- Den unge forskeren
- Fysikk og teknologi

Hole og Grønmo (2019) skriver at tre av fem hovedområder er på et metanivå, det vil si at de i mindre grad dreier seg om det kvantitative i faget, men i større grad om det kvalitative. Dermed har læreplanen i fysikk i dag gått mye lenger i retning av metaperspektiver, enn det kom til uttrykk i planen fra 1992.

Ser vi på koordinering av fag innenfor matematikk, observerer vi at den forteller at «det er ønskelig at en elev som velger 2FY, har tilegnet seg en del matematiske kunnskaper og ferdigheter, enten før kurset tas, eller så tidlig som mulig i skoleåret» (KUD, 1976, s. 27) fra fysikkplanen av 1976. Fra fysikkplanen av 1985 er koordinering til matematikk endret med «Framstillingen av fysikk på den videregående skoles nivå må bygge på at elevene har kjennskap til enkel trigonometri, vektorregning og differensialregning.» (KUD, 1985, s. 27), og i læreplanen for 1991 forblir dette uendret. K06 var den første læreplanen som gjaldt helt fra første klasse på barneskolen, og til tredje klasse på videregående skole. I denne læreplanen kommer ikke koordinering i fag frem på lik måte som i de tidligere læreplanene. Her blir det integrert i de fem grunnleggende ferdighetene, hvor regning er en av de fem.

2.4.2 Hvor godt passer rammeverket i TIMSS Advanced med norsk læreplan i fysikk?

I utgangspunktet er det ikke store forskjeller i læreplanene til de forskjellige deltakerlandene, men vi kaster likevel et blikk på hvor godt rammeverket i TIMSS Advanced passer med den norske læreplanen i fysikk.

Lie et al. (2010) har gjennomgått alle oppgavene i TIMSS Advanced fysikk 2008, og her sett på hvor godt de passer til den norske læreplanen i fysikk. Fra resultatene deres kan vi lese at alle oppgavene passer godt til den norske læreplanen – foruten én oppgave. Denne ene oppgaven handler om lengdeutvidelse ved oppvarming, og er derfor ikke med i den norske

læreplanen i fysikk. Innholdet i oppgavene passet ellers godt med den norske læreplanen, og oppgavestrukturen kan også minne litt ettersom det er en miks av flervalgs-oppgaver og åpne oppgaver i TIMSS Advanced fysikk. I eksamen i Fysikk 2 er det først 26 flervalgsoppgaver og deretter en større åpen oppgave. På den annen side kan også premissene være annerledes ettersom det ikke er noe test de blir vurdert i av læreren, og derfor ikke har øvd seg på slike typer oppgaver.

Hole og Grønmo (2019), har videre sett på den norske læreplanen i fysikk, og sammenliknet denne med rammeverket i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Fra arbeidet deres kunne de blant annet trekke følgende konklusjoner: For det første omhandlet kompetansemålene i den norske fysikkplanen en god del kvalitativt stoff om avanserte, moderne fysikkteorier, og anvendelser av fysikk på moderne teknologi som ikke var med i rammeverket for TIMSS Advanced. Kompetansemålene i den norske fysikkplanen hadde ifølge forfatterne også med mye stoff på et metanivå om selve vitenskapen fysikk, stoff som ikke er med i TIMSS Advanced. De så også at den norske fysikkplanen som gjaldt for kullet i 1995, dekket rammeverket for TIMSS Advanced fysikk 1995. Dette var ikke tilfelle for læreplanen i 2006 (Hole & Grønmo, 2019).

3 Metode

Hensikten med dette kapittelet er å helt konkret beskrive fremgangsmåten som blir brukt for å svare på problemstillingen (Everett & Furseth, 2012). Avhengig av hvilken type forskningsdesign som brukes, avgjøres hva slags forskningsspørsmål som kan svares. Altså er det forskningsspørsmålet som bestemmer metoden som brukes (Cohen, Manion, & Morrison, 2011). I denne delen beskrives og begrunnes metode og utvalg. Videre vil det også komme en beskrivelse av forskningsdesignet samt det benyttede datamaterialet. Metoden er basert på klassifisering av oppgaver med bruk av rammeverk. I det påfølgende vil det derfor bli gjort en beskrivelse av rammeverkene som er brukt i denne oppgaven, og ved bruk av noen eksempeloppgaver hvordan de fungerer i praksis. Det vil også beskrives hvordan klassifiseringen foregikk, bruken av kodegruppe og fremstilling av resultatet. Avslutningsvis vil det reflekteres over forskningskvaliteten ved å se på reliabilitet, validitet og forskningsetikk.

3.1 Metodevalg og forskningsdesign

Målet med denne oppgaven er å gjøre en sammenlikning av det matematiske innholdet i oppgaver i skriftlige eksamener i Fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2013a, 2014, 2015, 2016, 2017) og TIMSS Advanced fysikk 2015 (Martin, Mullis, & Hooper, 2016). Den typen datamaterialet som er best egnet for å svare på en slik problemstilling, er data basert på en kvantitativ tilnærming. Dette blant annet fordi jeg kun ønsker å undersøke innhold i oppgavesett, og ikke i elevbesvarelser. Ettersom jeg ikke ser på elevbesvarelser, er det i utvalget viktig å ha nok unike oppgaver, slik at datagrunnlaget er stort nok til at det kan sammenliknes.

Sammenlikningen benyttet i denne masteroppgaven er gjort gjennom to ulike rammeverk for klassifisering av oppgaver. En kvantitativ innholdsanalyse er mulig så lenge man får enheter og kan måle frekvensen av innholdet i tekstene (Bratberg, 2017). Siden jeg både har enheter og kan måle frekvens, kan min metode derfor minne om det som kalles for en innholdsanalyse. Gjennom rammeverkene som ble brukt i analysen av oppgavene endte jeg opp med enheter til kategoriene, som ble brukt til å gjøre en sammenlikning (Ary, Jacobs, Irvine, & Walker, 2018). I mitt tilfelle er enhetene oppgavene som er brukt i de forskjellige eksamenssettene fra eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk. Det vil si at det

matematiske innholdet i oppgavene skal fanges opp ved å bruke to forskjellige rammeverk. Det ene rammeverket tar for seg matematisk kompetanse, og det andre matematisk teori. Rammeverkene brukes på skriftlige norske fysikkeksamener fra våren 2013 til våren 2017, og oppgavene fra TIMSS Advanced fysikk 2015. Etter klassifiseringen sammenliknes kategoriene frekvens. Denne sammenligningen kan minne om det som blir kalt for en komparativ (sammenliknende) analyse (Grønmo, 2004). Det er sammenligningen av kategoriene gjort i klassifiseringen som er utgangspunkt for diskusjonen min.

Fordi vi i oppgaven tolker tekstmaterialet i oppgavesettene, kan selve klassifisering bli tolket som en hermeneutisk vitenskapsfilosofi (Befring, 2015; Hjordemaal, 2014). Etter klassifiseringen ble resultatet tolket ut fra hvor mange av det totale antall oppgaver i et sett som var plassert i den enkelte kategorien. Etersom det er rammeverkene som fanger opp innholdet i oppgavene, er det viktig å bruke rammeverk som er konstruert for å måle det vi er ute etter. En beskrivelse av hvilke rammeverk som er brukt i denne masteroppgaven vil vises i kapittel 3.2. Hensikten bak rammeverkene er at de skal fange opp aspekter som vi har sett etter for å kunne svare på problemstillingen. Rammeverkene og fremgangsmåten brukt i denne masteroppgaven, vil derfor bestå i en blanding av fortolkende koder og teoridrevet analyse, og vi har benyttet ferdiglagde koder for å se mønster som kan svare på problemstillingen (Grønmo, 2004; Larsen, 2017). Rammeverkene er laget på forhånd, og brukes i lys av teorien for få frem datamateriale som jeg kan bruke til å sammenlikne funnene med. Dette kan også sies å være en komparativ teoridrevet innholdsanalyse. Fordelen med å bruke de valgte rammeverkene er at de allerede er blitt testet og brukt, og at de tar opp aspekter som er av relevans for å besvare problemstillingen. Resultatet fra denne klassifiseringen kan også tenkes å være bidrag til senere forskning.

Selv om dataene som er samlet inn er kvantitative, vil ikke resultatet være direkte generaliserbart (Johnson, 2013). Dette fordi det kun er sett på oppgaver og innholdet i dem. Et utvalg oppgaver kan ikke generaliseres, ettersom det ikke finnes et representativt utvalg for oppgaver – hver oppgave er unik. Det er i tillegg til TIMSS Advanced 2015 fysikk brukt eksamensoppgaver fra våren 2013 til våren 2017. Ut fra dette utvalget i eksamen Fysikk 2 kan ikke resultatet si noe om matematikken som blir undervist i det norske klasserommet. Det som er synlig, er det matematiske innholdet i eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk. Her må også hensyn tas at ikke alle aspekter ved matematikken i oppgaven blir fanget opp av rammeverkene. Det er kun innholdet av matematisk kompetanse og teori, slik

rammeverket fremstiller det. Denne oppgaven tar heller ikke for seg elevbesvarelser for analyse. Dermed får vi kun sett på hva slags matematikk det finnes behov for, og ikke hva elevene faktisk gjør eller hvordan de gjør det.

3.1.1 Datamaterialet

Det primære datamaterialet benyttet i denne oppgaven stammer fra to kilder. Den første kilden er skriftlige eksamener i Fysikk 2 fra Utdanningsdirektoratet, hvorav alle disse er våreksamen fra 2013 til og med 2017. Den andre kilden er TIMSS Advanced fysikk, hvor kun oppgaver fra 2015 er benyttet. Sekundært består datamaterialet av eksamener fra Fysikk 2 våren 1993, 1994 og 1995, med tilsvarende klassifisering (Nesse & Mofoss, 1995).

Eksamen i Fysikk 2

Eksamenssettene for Fysikk 2 blir brukt på elever som er blitt trukket ut til å få en eksamensvurdering som en av sine fire eksamenskarakterer i tredje klasse. Strukturen på den skriftlige eksamenen består av to deler som skal løses på til sammen fem timer. Del 1 er uten hjelpemidler, og består både av én oppgave med 26 flervalgsoppgaver og i tillegg vanligvis én til to større oppgaver, hvor eleven møter på et fysikkproblem som må løses enten kvantitativt eller kvalitativt, med en beskrivende fremgangsmåte. Del 2 gjennomføres med alle hjelpemidler tillatt, foruten internett og kommunikasjon med andre. Disse oppgavene er i form ofte lik den siste delen av del 1, bare med hjelpemidler.

Fra tidligere læreplaner er det synlig at eksamensformen har vært endret. For eksempel er eksamen fra våren 1993 kun én del, som likner mer på del 2 i nåværende eksamensform. Tidligere var det også vanlig at én av oppgavene var å beskrive et forsøk som har vært gjennomført innenfor et gitt tema. I tillegg fikk eleven også en essayliknende oppgave hvor hun skulle greie ut om et gitt fenomen. Disse to aspektene ser vi går mer igjen i den muntlige eksamensvurderingen i Fysikk 2. De senere årene etter 2008 har eksamen vært stabil etter LK06, noe som gjør det hensiktsmessig å sammenlikne matematikkinnholdet i oppgavene fra de siste eksamenene som er utgitt. Det er kun brukt vårutgaven ettersom dette er den offisielle eksamenen elever fra kursene i fysikk tar, mens høstprøven primært er gitt til elever som tar kontinuasjonseksamen.

TIMSS Advanced 2015 fysikk

TIMSS Advanced er en storskalaundersøkelse gjort på avgangselever i fagene Fysikk 2 og matematikk R2 (to separate prøver, hvorav én i matematikk og én i fysikk). Studien er i regi av IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement, se <https://timssandpirls.bc.edu/>). Rammeverket til TIMSS Advanced er basert på læreplanen til de deltagende landene (Martin et al., 2016; Mullis et al., 2003). Dette gjør at innholdet i TIMSS Advanced og norsk fysikkeksamen ikke nødvendigvis er helt likt, og vi kan derfor sammenlikne avhengigheten av matematikk i de to forskjellige testene. TIMSS Advanced er gjennomført tre ganger, og Norge har vært med alle gangene. TIMSS Advanced fysikk 2015 har 103 ulike oppgaver som enten er åpne oppgaver eller oppgaver med fire svaralternativer. Disse oppgavene fra TIMSS Advanced 2015 fysikk er den ene delen av datagrunnlaget som klassifiseres i masteroppgaven.

Rammeverket for TIMSS Advanced er bygget rundt to dimensjoner, hvor den ene er en innholdsdimensjon som går på hvilke faglige temaer som skal være med, og den andre en kognitiv dimensjon som sier hva slags tankeprosesser som er forventet av elevene i arbeid med oppgavene (Martin et al., 2016; Mullis et al., 2003). Disse kognitive dimensjonene er kjennskap, anvendelse og resonnering. Eleven skal ha kjennskap til symboler, grunnleggende begreper, enheter, lover og prosesser i fysikk, samt at de skal kunne bruke et vitenskapelig språk. Videre skal eleven innenfor anvendelse kunne bruke kunnskap på gitte problemstillinger, bruke diagrammer og modeller og forklare fysiske fenomener og observasjoner (Mullis, Martin, Foy, & Hooper, 2016). Endelig er det resonnering, hvor elevene skal kunne resonnerer og argumentere vitenskapelig når de løser problemer, samt at de skal kunne utvikle forklaringer og trekke slutninger (Lie et al., 2010).

3.1.2 Kodegruppe

Ettersom formålet med denne oppgaven er å klassifisere oppgaver, er det naturlig å bruke en metodikk med kodegruppe. Kodingen inneholder et element av subjektivitet, og reliabiliteten på tvers av kodere kan da måles ved bruk av Fleiss' kapp (Everett & Furseth, 2012; Fleiss, Cohen, & Everitt, 1969). Mer om det kommer i kapittel 3.4.3 om forskningskvalitet og reliabilitet.

3.2 Valg av rammeverk

I denne oppgaven ser jeg kun på matematisk innhold. Dette gjør at noen rammeverk er mer hensiktsmessige enn andre. Slik matematisk kompetanse er beskrevet i Niss og Jensen (2002) er det flere ulike former for kompetanser som overlapper hverandre. I starten forsøkte jeg å bruke disse kompetansene, og det hele endte opp med at nesten alle kompetansene ga utslag der det var brukt matematikk. For unngå å få utslag på alle kompetansene i alle oppgavene som blir klassifisert, er det viktig at rammeverket har klare beskrivelser av hva som inngår i hvilken type kompetanse, slik en kan se i rammeverket som blir brukt i Boesen et al. (2016). For å svare på problemstillingen er heller ikke grad av kompetanse relevant, eller hvordan elever presterer på enkelte oppgaver. Det er bare nødvendig å se på hvilke spesifikke kompetanser som er relevant for oppgaven. Dette gjør at jeg ender på NAG-rammeverket og LC-rammeverket, og dermed ikke for eksempel Boesen et al. (2016) sitt rammeverk.

NAG-rammeverket er praktisk i den grad at det først ser på om en bruker matematikk kontra å ikke bruke dette, for så å plassere matematikkbruken i én av tre kategorier. Dette fanger opp den mest fremtredende matematiske kompetansen som trengs i den enkelte fysikkoppgaven, valgt blant tre forskjellige kompetanser. LC-rammeverket er også hensiktsmessig, da det ser på det matematiske innholdet i oppgaven. Dette rammeverket er i tillegg brukt på TIMSS Advanced fysikkoppgavene tidligere (Grønmo & Hole, 2017). LC-rammeverket ser på avhengigheten av matematisk teori. Mer konkret ser det på om oppgaven bruker formler og/eller teorem (Grønmo & Hole, 2017).

Ideen er at disse to rammeverkene til sammen skal beskrive det matematiske innholdet i fysikkoppgavene. Denne typen analyser er interessante også fra et fysikkfaglig vurderingsperspektiv. Det er av interesse å se hvor stor plass matematikken har i vurderingsformen i fysikkfaget. Lie et al. (2010) sier for eksempel at det er et paradoks at mye av matematikken i videregående skoles matematikkurs ikke blir brukt, men at fysikkelevne sliter med nettopp likninger og algebra. Jeg vil forhåpentligvis klare å kartlegge dette gjennom klassifiseringen.

3.3 Eksempler på bruk av rammeverkene

I dette delkapittelet vil jeg komme med eksempler på bruk av NAG- og LC-rammeverket. Jeg vil presentere oppgaver som jeg har klassifisert, og forklare hvorfor de er blitt klassifisert

akkurat slik. Det er viktig at resultatet i klassifisering kan reproduseres og også at leseren forstår hva hver kategori innebærer, for at resultatet skal ha troverdighet i diskusjonen av resultatet knyttet opp mot problemstillingen.

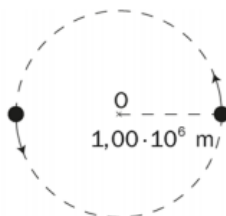
3.3.1 NAG-rammeverket

For å forstå hvorfor resultatene blir fremstilt slik de gjør, er det nødvendig å ha kjennskap til hvordan klassifisering ved bruk av NAG-rammeverket har fungert i praksis. For å forstå hvorfor klassifiseringen ble som den ble, er det nyttig med beskrivelser av hvordan kodingen har foregått ut fra utvalgte eksempeloppgaver. Dette for å få et innblikk i hvilke oppgaver som ble klassifisert som *Matematikk*, og hvilke som ble kodet som *Ikke matematikk*. I mitt valg av eksempler som blir presentert, har jeg lagt vekt på situasjoner hvor det kan være vanskelig å skille mellom hvilken kompetanse som er mest fremtredende, og også banale eksempler hvor det kan være helt innlysende.

Oppgave 6

Oppgaven dreier seg om bevegelse i gravitasjonsfelt og gravitasjonsbølger.

To svarte hull, hvert med en masse på $5,00 \cdot 10^{31}$ kg, går i en sirkulær bane rundt et felles massesenter, O (figur 1). Massesenteret befinner seg midt mellom de to svarte hullene. Radien i sirkelbanen er $1,00 \cdot 10^6$ m.



Figur 1: De to svarte hullene går i bane om et felles massesenter

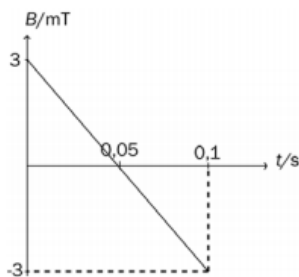
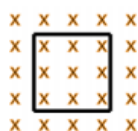
- a) Finn gravitasjonskraften som virker på det ene svarte hullet fra det andre.

Figur 3.1 Oppgave 6 a) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017, med temaet gravitasjon (Utdanningsdirektoratet, 2017).

I oppgave 6 a) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017 (se figur 3.1) går oppgaven ut på å finne gravitasjonskreftene som virker på det ene svarte hullet fra det andre. Denne oppgaven kan løses ved å bruke Newtons gravitasjonslov, og eleven som løser oppgaven trenger kun å sette inn tall i formelen og regne ut. For det første vil denne oppgaven gå som *Matematikk* i rammeverket. For det andre må vi velge hvilken kompetanse som er mest fremtredende. I denne oppgaven er det ingen manipulasjon av formler, men siden vi skal sette tall inn i formel

og ende opp med et tallsvar, går denne oppgaven under *Behandling av symboler*. I denne oppgaven er det ingen vektor- eller graf-representasjoner, ei heller modelleringer, ergo er ikke disse to kompetansene tilstede her.

- l) En kvadratisk strømsløyfe med sidekanter på 10 cm er plassert vinkelrett på et homogent magnetisk felt B . Det magnetiske feltet varierer som vist på grafen. Figuren til venstre viser situasjonen når $t = 0$.



Den induerte emsen i sløyfen er

- A. 0,6 mV, og strømretningen er med urviseren
- B. 0,3 mV, og strømretningen er med urviseren
- C. 0,6 mV, og strømretningen er først mot urviseren, og skifter retning etter 0,05 s
- D. 0,3 mV, og strømretningen er først med urviseren, og skifter retning etter 0,05 s

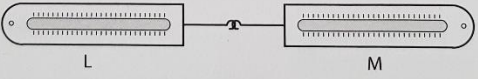
Figur 3.2. Oppgave 1 l) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017, med temaet elektromagnetisme (Utdanningsdirektoratet, 2017).

I Oppgave 1 l) som er vist i figur 3.2 skal eleven finne den induerte emsen i sløyfen. Dette skal eleven klare ved hjelp av en kvadratisk strømsløyfe plassert vinkelrett på et homogent magnetisk felt B , og en graf som viser hvordan det magnetiske feltet varierer. I denne oppgaven er eleven avhengig av å kunne lese av de nødvendige verdiene fra grafen, for deretter å manipulere og sette verdiene inn i Faradays induksjonslov, $\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. I denne oppgaven er *Behandling av matematiske representasjoner* og *Behandling av symboler* to kompetanser som er tilstede. Vi har altså et eksempel på en oppgave hvor to av de matematiske kompetansene som brukes i rammeverket er å finne. I NAG-rammeverket er det som nevnt tidligere, kun én av de tre kompetansekategoriene som blir aktivert. Derfor vil den kompetansen som er mest essensiell for å løse oppgaven, bli den kategorien som blir aktivert (Nilsen et al., 2013). I tilfellet med oppgaven vi har i figur 3.2 er det *Behandling av matematiske representasjoner* som er av størst kognitiv utfordring. Når man har funnet verdiene er det for eleven kun å sette

dem inn i formelen og regne ut. Om hun ikke klarer å lese av grafen, vil det dermed ikke være noen verdier å regne ut et svar på. Retningen på feltet kan finnes ved å bruke den såkalte Høyrehåndsregelen (HHR) – som ikke vil utløse noen av de matematiske kompetansene i dette rammeverket. Dette fordi HHR blir sett på som en fysisk betraktning for å definere retningen på kraftfeltet. Det kan også tolkes som at en ser på det som vektorer, og likevel ikke trenger matematiske kunnskaper for å bruke HHR. Denne regelen blir dermed kun en ren fysisk betraktning hvor vi tar utgangspunkt i $F = qv \times B$. Det vil si at eleven i utgangspunktet ikke trenger å ha kunnskap om vektorer for å bruke HHR.

20

To kraftmålarar, L og M dreg i kvarandre som vist på figuren. P1_02



Dei to kraftmålarane er korrekt kalibrerte for å vise krafta i newton (N). Vi les av krafta 4 N på L.

Kva er krafta vi les av på M dersom fjærkonstanten for L er dobbelt så stor som for M?

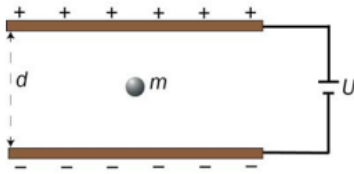
(A) 2 N
 (B) 3 N
 (C) 4 N
 (D) 8 N

PA13012

Figur 3.3. Oppgave PA13012 fra TIMSS Advanced 2015, med temaet rettlinjett bevegelse.

I oppgaven på figur 3.3, er det to kraftmålere (L og M) som henger sammen. Her skal eleven finne ut hva som leses av på kraftmåler M. Kraftmålerne blir trukket fra hverandre og på kraftmåler L leses det av en kraft på 4 N. Eleven skal finne ut hva som står på den andre måleren når fjærkonstanten er dobbelt så stor. Denne oppgaven vil i NAG-rammeverket ikke gå under *Matematikk* og følgelig ingen av de tre underkategoriene. Dette er fordi man vet at kraft er lik motkraft, og målerne vil vise akkurat det samme siden de er korrekt kalibrerte. Selv om de nevner fjærkonstanten, som kan ha en sammenheng med det vi kaller Hookes lov, er det ikke informasjon en trenger for å løse oppgaven. På grunn av dette er det ikke behov for noen formelle matematiske kunnskaper for å løse denne oppgaven.

- j) To horisontale plater er plassert i tyngdefeltet. Mellom platene er det ei kule med ladning q og masse m . Spenningen U mellom platene er slik at kula svever i ro. Avstanden mellom platene er d .



Da er ladningen på kula

- A. $q = \frac{2gU}{dm}$
- B. $q = \frac{gU}{dm}$
- C. $q = \frac{2mgd}{U}$
- D. $q = \frac{mgd}{U}$

Figur 3.4. Oppgave 1 j) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017, med temaet elektromagnetisme (Utdanningsdirektoratet, 2017).

En av utfordringene i NAG-rammeverket er å vite hvorvidt vi skal plassere oppgaver i modelleringskategorien eller ikke. Nilsen et al. (2013) skriver at oppgaven går under *Matematisk modellering* dersom eleven ender opp enten med en formel, eller forholdet mellom to konsepter. I denne klassifiseringen så vi oppgaver hvor eleven ender opp med en formel, og at den er formulert slik at den tilsynelatende kan se ut som den skal bli klassifisert som *Matematisk modellering*.

I oppgaven på figur 3.4 er et eksempel på en oppgave hvor det blir gjort modellering og *Matematisk Modellering* faktisk er tilstede. Oppgaven går ut på at en har to horisontale plater med motsatt ladning, en avstand d , og en kule med ladning m og masse q . Her kan eleven altså modellere en formel for q , slik at han vet hvor stor ladningen til q må være for at kula skal holdes i ro i henholdt til massen, tyngdeakselerasjonen, avstanden mellom platene og spenningen mellom platene. Dette er like fullt en gråsoner, og det er vanskelig å si om det skal gå under *Matematisk Modellering* eller *Behandling av symboler*. Slik det er blitt valgt å tolke dette i denne masteroppgaven, er det til syvende og sist symbolbehandling som er i hovedfokus for å løse oppgaven. De fleste modelleringer starter fra ferdigstilte modeller (formler) som anvendes, og på grunnlag av dette velges at det er kompetansen *Behandling av symboler* som står mest sentralt. Vi ser videre at modelleringskategorien har vært utfordrende, og dette vil bli diskutert mer i kapittel 4.1.

3.3.2 LC-rammeverket

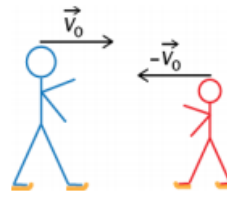
Som gjort for NAG-rammeverket i delkapittel 3.3.1, gir jeg i dette delkapittel eksempeloppgaver med bruk av LC-rammeverket som illustrerer oppgavens tolkning og hvordan kategoriene i LC-rammeverket brukes. Det gis både noen konkrete oppgaver hvor det fremgår tydelig hvordan klassifiseringen bør bli, og oppgaver som kanskje er vanskeligere å plassere i kategoriene.

- a) Hvilken av de sammensatte enhetene under er en enhet for magnetisk flukstetthet (magnetisk feltstyrke)?
- A. Wb/m^2
 - B. Tm^2
 - C. Tm/A
 - D. V/m

Figur 3.5 Oppgave 1 a) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017, med temaet elektromagnetisme (Utdanningsdirektoratet, 2017).

I oppgaven på figur 3.5 skal eleven finne ut hvilken av de sammensatte enhetene som er enheten for magnetisk flukstetthet. Denne oppgaven gikk ikke under NAG-rammeverket, ettersom det ikke er en matematisk operasjon som skal utføres, og det er mer forståelse av fysiske enheter. Formel-kategorien i LC-rammeverket vil bli aktivert fordi dette er en formel for magnetisk flukstetthet, og alle oppgaver hvor det enten skal brukes eller oppgis en formel vil gå under denne kategorien. I dette eksempelet kan altså magnetisk flukstetthet bli gitt ved fluks per flateareal.

- o) Per og Ida er på skøytebanen. Per har dobbelt så stor masse som Ida. De glir rettlinjet mot hverandre. De har lik og motsatt rettet fart v_0 . De kolliderer og holder fast i hverandre etter kollisjonen. Hvilken fart får de like etter kollisjonen?

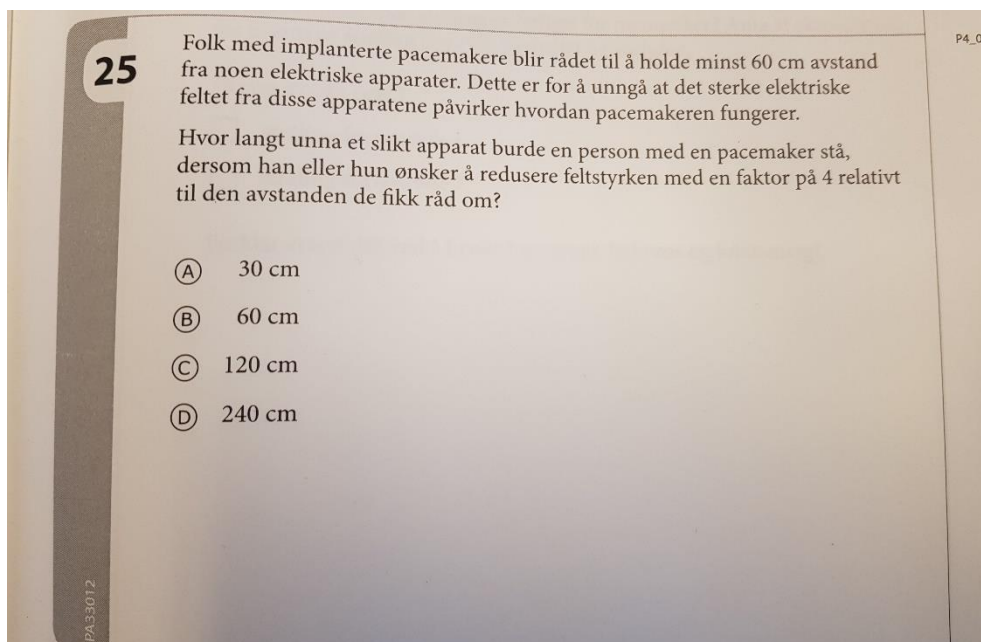


- A. 0
- B. $\frac{1}{3}v_0$
- C. $\frac{1}{2}v_0$
- D. v_0

Figur 3.6 Oppgave 1 o) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2017, med temaet bevegelsesmengde (Utdanningsdirektoratet, 2017).

Et eksempel hvor både Teorem og Formel kategoriene blir aktivert, er i oppgave 1 o), som vist i figur 3.6. I denne oppgaven kan eleven bruke formelen for bevaring av bevegelsesmengde, og dermed få en likning som kan løses for å finne farten, v . Formel blir aktivert ettersom en må bruke formelen $p = p_0$, og teorem blir aktivert fordi en må bruke regneregler for likninger for å løse likningen med hensyn til farten v . Disse regnereglene er funnet ut og ikke på, og er derfor teoremer.

Oppgave PA13012, vist på figur 3.3. er også et godt eksempel på en oppgave hvor det verken er noe som aktiverer formel- eller teoremkategoriene. På samme måte som at det ikke blir brukt noen vesentlig form for matematisk kompetanse for å løse oppgaven, er det heller ingen formler eller teoremer som vil bli brukt. Det er kun et resonnement om de fysiske lovene, og derfor ikke noe formelt matematisk som er tilstede.



Figur 3.7. Oppgave PA13012 fra TIMSS Advanced 2015, med temaet elektromagnetisme.

Et annet eksempel på en oppgave hvor det kun er formelkategorien som blir aktivert, kan ses på figur 3.7. I denne oppgaven skal man se hvor langt unna en person må stå for at feltstyrken fra elektriske apparater skal reduseres med en faktor på fire relativt til en avstand på 60 cm. Videre kan eleven bruke Coulombs lov, $E = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$, hvor k_e er Coulombs konstant, q_1 og q_2 er de to ladninger som vi ser på det elektriske feltet til, og r er avstanden mellom ladningene. Som vi kan se her, er det ikke behov for noen teoremer for å løse oppgaven. Eleven trenger formelen som er gitt ved Coulombs lov, og svaret kan man altså se på hvordan feltstyrken endrer seg ut fra avstanden. Vi kan fra formelen se at når avstanden blir større, vil feltstyrken bli mindre. Den er i tillegg kvadrert, som vil si at skal vi få en faktor på fire, må vi doble lengden på den oppgitte avstanden. Når utgangspunktet er 60 cm, vil vi altså få et fire ganger så svakt elektrisk felt ved å bevege oss 120 cm fra det elektriske apparatet, sammenliknet med 60 cm som tidligere. Vi kan altså se at det ikke blir brukt noen form for teoremer eller manipulasjoner for å løse oppgaven, og derfor er det kun formel kategorien som blir aktivert.

3.4 Klassifisering

I en kvantitativ analyse er det ikke uvanlig at prosessen består av tre deler. Først *beskrivelse* av data, deretter *analyse*, til sist en *fortolkning* der analyseresultatene diskuteres i lys av den teorien som benyttes (Everett & Furseth, 2012).

3.4.1 Testing av rammeverk

Det første som ble gjort i arbeid med valg og testing av rammeverk, var å regne gjennom alle oppgavene i TIMSS og eksamenssett. Dette gjorde jeg for å bli kjent med oppgavene, og å se hva slags form oppgavene ble gitt i. Etter at jeg hadde regnet gjennom oppgavene, startet jeg med å teste rammeverket på det norske eksamenssettet i fysikk 2 i 2017. I starten brukte jeg NISS sitt kompetanserammeverk (Niss & Jensen, 2002) og LC-rammeverket (Grønmo & Hole, 2017). Jeg så bort fra hjelpemiddelskompetansen, fordi hjelpemiddel foruten kalkulator ikke ble benyttet på TIMSS, selv om det sto forklart at eleven kunne klare alle oppgaver uten hjelpemidler. Jeg slo også sammen resonnement- og tankegangskompetansen fordi jeg oppfattet dem vanskelige å skille fra hverandre, og de overlappet for mye. Ved første testing fant jeg fort ut at dette rammeverket var vanskelig å bruke fordi mange av kompetansene, slik de var beskrevet, gikk igjen i de fleste oppgavene, og det var enda mye overlapp på tvers av kompetansene. I andre runde prøvde jeg derfor å kutte ned ytterligere på antall kompetanser, men resultatet ble det samme. Jeg endte opp med å bruke NAG-rammeverket, ettersom dette er laget i kombinasjon med fysikk-kompetansene. Rammeverket skilte seg ut ved at det også ser på den kompetansen som er mest fremtredende. Dette gjorde det lettere å se hva som var essensen i oppgavene når jeg var ferdig med klassifisering. LC-rammeverket var allerede ferdig og testet, slik at første runde gikk ut på å lære seg og bruke dette rammeverket.

3.4.2 Klassifisering av oppgavene

Etter klassifiseringen av første eksamenssett, reflekterte jeg over klassifiseringen med veileder, herunder hvilke oppgaver som passer i hvilken type kategorier. Videre ble det laget en kategoriseringsguide med eksempler på hvordan kategoriseringene ble brukt, denne er beskrevet i kapittel 3.3. Etter dette ble det klassifisert 234 oppgaver fra norskeksamen i Fysikk 2 og 104 oppgaver fra TIMSS Advanced fysikk 2015.

3.4.3 Bruk av kodegruppe

For å få troverdighet i dataene fra kodingen min, blir det etablert en kodegruppe på to kodere. Mesteparten av kodingen i denne masteroppgaven er gjort av meg. For klassifisering av oppgavene i eksamen i Fysikk 2 var det en ekstra koder. Resultatene fra LC-rammeverket brukt på TIMSS Advanced fysikk 2015, har jeg ikke selv kodet. Dette er allerede gjort, og er hentet fra Grønmo og Hole (2017).

Målinger vil alltid inneha muligheten for feil. Ved å gjenta samme måling flere ganger, kan feilen variere begge veier, og risikoen reduseres. I denne oppgaven brukes det interkoderreliabilitet, og på grunnlag av det ble kodegruppen dannet. Vi gjorde den samme kodingen på oppgavene fra eksamen i Fysikk 2, og brukte Fleiss kappa (Fleiss et al., 1969) for å måle reliabiliteten. Ved bruk av Fleiss' kappa finner man en kappaverdi mellom -1 og 1, hvor perfekt kappa tilsvare 1, altså total enighet, kappa lik 0 betyr ingen sammenheng mellom koderne, mens en kappa på -1 er total uenighet. Mer om dette i kapittel 3.5.1 om reliabilitet.

3.4.4 Analyse og fremstilling av klassifiseringen

Resultatene fremstilles som prosentandel av antall oppgaver i hvert sett. Resultatene kommer i kapittel 4 og er fremstilt i tabeller, slik det er vanlig å gjøre med kvantitativ data (Grønmo, 2004). LC-rammeverket ble brukt på alle oppgavene, både i TIMSS Advanced 2015 fysikk og de norske eksamensoppgavene av to eller flere kodere. Fra TIMSS var oppgavene allerede kodet av fire kodere i Grønmo og Hole (2017) og det er dette resultatet jeg kommer til å bruke i min oppgave, for å få en mer troverdig kappa, ettersom flere koder har vært med på klassifisering. TIMSS-oppgavene kodet jeg selv, for å se hvordan mitt resultat var sammenliknet med deres. Derfor vil det bli målt en kappaverdi for disse to resultatene. Oppgavene fra norsk fysikkeksamen, er kodet av meg og en annen koder. Dette gir en kappaverdi og et bedre sammenlikningsgrunnlag fordi vi kan regne ut konsensusen, som viser enigheten i kodingen.

NAG-rammeverket ble, som tidligere nevnt, kodet bare av meg i oppgavene i TIMSS Advanced fysikk. LC-rammeverket er allerede blitt brukt på disse oppgavene, og er hentet fra (Grønmo & Hole, 2017)

Ved å sette opp resultatet i tabellene, kan jeg gjøre en systematisk sammenlikning, såkalt Constant comparative Method (Grønmo, 2004, s. 271). Jeg vil da ha mulighet til å se på hver kategori og dermed finne hvor stor del i prosent hver kategori gjorde i utslag for TIMSS Advanced 2015 fysikk og for norsk eksamen. NAG-rammeverket vil gi meg fire kategorier. Dette gjør at jeg får se i prosent hvor stor del av alle oppgavene som har *matematikk* (summen av alle kompetansene), og tre delkategorier, som sier noe om andel av oppgavene som brukte matematikk og som hovedsakelig trengte behandling av matematiske symboler, bruk av matematisk representasjoner og bruk av matematisk modellering. Jeg vil også få to kategorier til, som viser andel av oppgavene som brukte formler, og hvor mange av oppgavene som brukte teoremer. Det er også et viktig poeng at disse to rammeverkene er uavhengige av hverandre, men resultatet fra hver av dem kan fortsatt være sammenliknbare. Det er som sagt dette som ligger til grunn for resultatet som skal bli diskutert senere.

Videre er det også blitt regnet ut en konsensus i de kategoriene der vi har vært to kodere. Dette er en måte å se hvor enige man er i resultatet. Det vil si at når det blir kodet av to kodere er det tre mulige utfall. Enten er vi enige at en oppgave skal kodes i en bestemt kategori, at den ikke skal, eller at vi er uenige. Dermed kan man se hvor mange av oppgavene vi var enige og uenige i. Tilsvarende vil det også bli regnet ut kappaverdi, som sier noe om resultatets gyldighet. Mer om dette vil bli beskrevet i Kapittel 3.5 om reliabilitet. Det vil også bli regnet ut korrelasjon mellom to kategorier fra resultatene der det vil være hensiktsmessig. Dette vil bli regnet ut med hjelp av korrelasjonsformelen fra Excel, og man får da en korrelasjonskoeffisient mellom -1 og 1, hvor -1 vil si at det ikke er noen korrelasjon mellom kategoriene, og 1 vil si at det er perfekt korrelasjonen mellom kategoriene.

Det er hovedsakelig klassifisering gjort i TIMSS Advanced og norskeksamen fra våren 2013 til våren 2017 som er datagrunnlaget, og som skal belyse min problemstilling. Det er også gjort samme klassifisering av norske eksamensoppgaver fra 1993, 1994 og 1995, som vil bli brukt som sekundærdata. Disse klassifiseringen kan være spennende og bruke ved å se om det matematiske innholdet i fysikk har endret seg med endringene som har hendt i læreplanen de siste 20-30 årene.

3.5 Forskningskvalitet

I dette kapittelet vil det bli diskutert og beskrevet tiltak som skal sikre kvalitet, troverdighet og gyldighet av datamaterielet. Det er også gjort refleksjoner rundt de etiske perspektivene av forskningen.

3.5.1 Reliabilitet

Reliabilitet går ut på om funnene er nøyaktige og riktige, og hvorvidt det jeg har funnet er troverdig. Resultatene er basert på en koding som utført av et menneske og ikke en maskin, hvor det er mulig å få forstyrrelser i resultatet fra ytre faktorer. For å ivareta forskningskvalitet er det viktig å måle reliabilitet til resultatet. Reliabiliteten i denne oppgaven ligger på kodernivå, og som sagt tidligere, er det derfor vi benytter mer enn én koder

Et viktig, om ikke det viktigste poenget, med resultatet er at hvem som helst skal kunne ha gjort den samme kodingen og fått tilnærmet tilsvarende resultat. Om dette hadde blitt helt ulikt hver gang, hadde ikke funnet mitt vært noe funn, det hadde bare vært basert på ren tilfeldighet. Oppgavene benyttet i denne masteroppgaven er tilgjengelige for forskere, som både kan sjekke og reprodusere mine funn. På grunnlag av dette er det viktig at jeg måler reliabiliteten til resultatet mitt.

Et godt utgangspunkt for at datagrunnlaget er sikkert, er at jeg har gått igjennom mange oppgavesett. Dette gjør at det blir mer nøyaktige målinger, ettersom det er lettere å oppdage avvik fra andre koderne. Interreliabilitet mellom koderne ble målt med Fleiss' kappa (Fleiss et al., 1969). Denne vil gi en verdi mellom -1 og 1. Denne verdien måler grad av enighet mellom koderne. Kappa-verdi 0 vil si at det ikke er noen korrelasjon mellom koderne. Får man en kappa-verdi -1 har man på den andre siden en omvendt korrelasjon, total uenighet mellom koderne. Da må man enten trene opp koderne på nytt, eller justere rammeverket, slik at det blir tydeligere hva som ligger til grunne for utføringen av kodingen (McHugh, 2012).

Fleiss' kappa er brukt for tre av fire kodinger. Den ble brukt på LC-rammeverket for både eksamensoppgaven for Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk, og kun på eksamensoppgavene i Fysikk 2 med NAG-rammeverket. Det er to koderne for klassifiseringen av eksamensoppgavene for Fysikk 2. Ved klassifiseringen av TIMSS Advanced 2015 fysikk

hadde vi allerede kappa-verdi og resultater fra Grønmo og Hole (2017) sin forskning, hvor det ble brukt fire kodere.

Hva som er en god kappaverdi er det noe uenigheter om. Landis og Koch (1977) mener at kappaverdien kan måles som grad av enighet. De foreslår at under 0 regnes som dårlig grad, 0 til 0,2 som liten grad, 0.21 til 0.40 som rettferdig grad, 0.41-0.60 som moderat grad, 0.61-0.80 som betydelig grad og 0.81-1.00 som nesten perfekt. I følge McHugh (2012) er dette ikke en god måte for inndeling av kappaverdiene. Han fant det problematisk at moderat gikk ned til 0.41, og mente at verdier fra 0.41 til 0.50 var svake verdier. Jeg baser meg derfor på McHugh (2012) sin måte å dele opp kappaverdiens grad av enighet med 0 til 0.20 som ingen grad, 0.21 til 0.39 som minimal grad, 0.40 til 0.59 som svak grad, 0.60 til 0.79 som moderat grad, 0.80 til 0.90 som sterk grad og over 0.90 som nesten perfekt grad av enighet.

3.5.2 Validitet

Validiteten, altså gyldigheten, av resultatet, handler om hvorvidt eksamensoppgavene er et valid mål for innholdet i fysikk. Hensikten til eksamensoppgavene er å måle kompetansen til elever som skal avslutte faget i Fysikk 2. Derfor er oppgavene valide til mitt formål om å se på matematikkinnholdet i Fysikk 2. Det som er viktig å huske på, er at det er en todeling mellom Fysikk 1 og 2. Jeg ser altså kun på innholdet i Fysikk 2, og analysen jeg gjør er derfor innenfor validitet ettersom jeg sammenlikner avgangselever i TIMSS Advanced fysikk som også har Fysikk 2.

Det er altså viktig å få frem at jeg ser på en eksamen som kun dekker Fysikk 2. Slik vi har sett på læreplanen i disse to fagene, er Fysikk 1 og 2 forskjellig når det kommer til matematikkinnhold, hvor Fysikk 1 har en mer kvalitativ tilnærming, mens Fysikk 2 er mer kvantitativt. Målingene mine er altså valide, med det matematiske innholdet vi måler i Fysikk 2, men ikke for hele fysikkløpet.

Et annet hensyn som må tas, er noe Kleven (2014) kaller for begrepsvaliditet. Dette går ut på at teorien som er lagt til grunne for kategoriene er i samsvar med målingene som er blitt gjort ved klassifiseringen. I mitt tilfelle går dette ut på om jeg har forstått hvordan rammeverkene fungerer, og hvor godt rammeverkene er utviklet, slik at de skal være forståelige for leseren, og den som skal bruke dem. I min masteroppgave har jeg derfor prøvd å komme med eksempler for hvordan rammeverkene skal brukes, og observert og diskutert gråsoner hvor en

oppgave kan passe like godt i begge tilfeller. Dette er noe som er en utfordring i NAG-rammeverket.

Siden kodinger til en viss grad styres av subjektivitet, vil disse aldri bli 100 % perfekt. Kodingen blir styrt av meninger, holdninger og perspektiver, og det vil derfor alltid være en grad av bias (skjevhet eller usikkerhet) i resultatet av kodingen (Cohen et al., 2011). En måte å minske bias på, er danningen av kodegruppen. I min oppgave er vi to kodere med relevant bakgrunn, men optimalt burde vi være i hvert fall tre. Ved å få en ekstra person som også har bakgrunn og kunnskap i hvordan elever kan løse oppgaven, vil koding uten samarbeid være med på å gjøre resultatets troverdighet sterkere.

3.5.3 Forskningsetikk

Når det kommer til det etiske perspektivet i denne forskningen, er det i utgangspunktet uproblematisk. Det er kun oppgaver jeg ser på, og enkeltpersoners integritet står aldri i fare ved denne analysen. TIMSS Advanced er et internasjonalt forskningsprosjekt som kan analysere trender i elevenes kompetanser over tid. For at forskningskvaliteten skal være stabil, er det viktig at elev blir testet i oppgaver de ikke har gjort før. De har derfor laget flere lukkede oppgaver, som ikke er tilgjengelig for andre. Disse oppgavene kan derfor bli brukt gjentagende ganger, og man kan dermed sammenlikne hvordan elever i TIMSS Advanced fysikk i 2008 gjorde det sammenliknet med 2015. På grunn av dette er det noen oppgaver som er hemmelige, og noen oppgaver som er frigjort for «restricted use». Det vil si at noen oppgaver skal brukes på nytt, og er ikke frigjort for offentligheten, mens andre ikke skal brukes på nytt og dermed kan brukes som eksempeloppgaver. Disse oppgavene kan vises frem om det søkes tillatelse til det.

I denne masteroppgaven har jeg brukt oppgaver fra blant annet TIMSS Advanced fysikk 2015. Etersom TIMSS Advanced er et pågående prosjekt som ser på trendutvikling, har de oppgaver som også ikke er frigjort for «restricted use». Dette er oppgaver som jeg har brukt i min klassifisering, og som jeg derfor må søke om tillatelse til å kunne bruke i min oppgave. Dette ble i praksis utført ved at masteroppgaven min måtte avklares med norsk prosjektleder for TIMSS Advanced 2015, Liv Sissel Grønmo.

4 Resultat

I dette kapittelet presenterer jeg resultatet fra analysen som er gjort av klassifiseringen. Videre blir det redegjort for reliabiliteten til hver tabell med fremstilling av resultat og konsensus i hver kategori. For å få penest mulige tabeller er alle norske fysikkeksamener fra våren som er brukt i blitt forkortet til «eksamen V» og det aktuelle året. Som et eksempel vil eksamen Fysikk 2 våren 2013 bli forkortet til eksamen V13. Tilsvarende vil jeg snakke om gjennomsnittet av alle norske fysikkeksamener fra våren 2013 til og med våren 2017, og vil da forkorte dette til gjennomsnitt for eksamen V13 til V17.

4.1 Eksamen i Fysikk 2 våren 2013 til våren 2017 og TIMSS Advanced 2015 fysikk

4.1.1 NAG-rammeverket

I tabell 4.1 og 4.2 er resultatet fra kategorien *Matematikk* i NAG-rammeverket for henholdsvis oppgavene i eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk. Slik tabell 4.1 viser, er det liten variasjon i oppgaver klassifisert som *Matematikk* for oppgavene fra eksamen i Fysikk 2. Likevel skiller eksamen fra våren 2013 seg ut, hvor vi kan se et avvik på 17,4 % av oppgavene som det var uenigheter om. I de andre eksamenssettene, i tabell 4.1, har det vært uenigheter om kun ca. 6 % av oppgavene. Det er altså noen av oppgavene i eksamen i Fysikk 2 våren 2013 som har vært utfordrende å klassifisere. Fra eksamen i Fysikk 2 kan vi se at det var enighet om 59,8 % av oppgavene, og uenigheter om 8,6 % av oppgavene, noe som ga en kappaverdi for eksamen på 0,81, som vil si at det var sterk grad av enighet mellom koderne. I tabell 4.2 var det kun én koder, og til sammenlikning var det 46,6 % av oppgavene som ble klassifisert som *Matematikk* i NAG-rammeverket. Dette vil si at 46,6 % av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk gikk i en av de tre kategoriene som er i NAG-rammeverket, og tilsvarende 59,8 % av oppgavene i eksamen i Fysikk 2.

Tabell 4.1: Klassifisering av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 ved NAG-rammeverket, kategorien *Matematikk/Ikke matematikk*, i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17
Klassifisert som <i>Matematikk</i> av 2 av 2 kodere	58,7 %	57,4 %	60,9 %	60,4 %	61,7 %	59,8 %
Uenige mellom koderne (1-1)	17,4 %	6,4 %	6,5 %	6,3 %	6,4 %	8,6 %
Klassifisert som <i>Ikke matematikk</i> av 2 av 2 kodere	23,9 %	36,2 %	32,6 %	33,3 %	31,9 %	31,6 %

Tabell 4.2: Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced fysikk 2015 ved NAG-rammeverket, kategorien *Matematikk/Ikke matematikk*, i prosent av oppgaver.

	Klassifisert som <i>Matematikk</i>	Klassifisert som <i>Ikke matematikk</i>
TIMSS Advanced 2015 fysikk	46,6 %	53,4 %

Videre ser vi i tabell 4.3 og 4.4 resultatet for modelleringskategorien i NAG-rammeverket. Fra resultatene i oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 ser vi i tabell 4.3 at 96,6 % av oppgavene ble klassifisert som ikke *Matematisk modellering*, og koderne var enige om 0 % av oppgavene. Det var uenigheter knyttet til 8 av 234 oppgaver, om hvorvidt disse oppgavene var modelleringsoppgaver eller ikke. Dette utgjør 3,4 %. Kappaverdien for kodingen av

Matematisk modellering på Fysikk 2 eksamen fikk en verdi på -0,02, som vil si at det er ingen grad av enighet. Til sammenlikning var det 0 % av oppgavene som gikk under modellering i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Det er også verdt å merke seg at Nilsen et al. (2013), som brukte NAG-rammeverket på TIMSS Advanced 1995 og 2008 fysikk, kom fram til at 0 % av oppgavene var modelleringsoppgaver på begge oppgavesettene.

Tabell 4.3: Klassifisering av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 ved NAG-rammeverket, kategorien *Matematisk modellering*, i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17
Klassifisert som <i>modellering</i> av 2 av 2 kodere	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Uenige mellom koderne (1-1)	8,7 %	0 %	2,2 %	6,3 %	0 %	3,4 %
Klassifisert som ikke <i>modellering</i> av 2 av 2 kodere	91,3 %	100 %	97,8 %	93,8 %	100 %	96,6 %

Tabell 4.4: Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk ved NAG-rammeverket, kategorien *Matematisk modellering*, i prosent av oppgaver.

	Klassifisert som <i>Matematisk modellering</i>	Klassifisert som <i>Ikke matematisk modellering</i>
TIMSS Advanced 2015 fysikk	0 %	100 %

I tabell 4.5 og 4.6 er resultatet for klassifisering av *Behandling av symboler* fra NAG-rammeverket presentert. Fra tabell 4.5 ser man resultatet fra Fysikk 2 eksamen, som viser at 42,7 % av oppgaven ble klassifisert som *Behandling av symboler* av begge koderne, og at det var uenighet om 9,4 % av oppgavene. Dette ga en kappaverdi på 0,81, som også vil si at det er en sterk enighet mellom koderne. Fra TIMSS Advanced 2015 fysikk, var det kun en koder, som vil si at det ikke er mulig å regne ut en kappaverdi. Vi kan se fra resultatet i TIMSS Advanced 2015 fysikk, i tabell 4.6, at det var 27,2 % av oppgavene som ble klassifisert som *Behandling av symboler*. Dette kan tyde på en nedgang i antall oppgaver i denne kategorien fra tidligere TIMSS Advanced fysikk, når tilsvarende klassifisering er gjort i TIMSS Advanced 1995 og 2008 fysikk (Nilsen et al., 2013).

Tabell 4.5: Klassifisering av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 ved NAG-rammeverket, kategorien *Behandling av symboler*, i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17
Klassifisert som <i>Behandling av symboler</i> av 2 av 2 kodere	39,1 %	40,4 %	41,3 %	47,9 %	44,7 %	42,7 %
Uenige mellom koderne (1-1)	17,4 %	2,1 %	8,7 %	12,5 %	6,4 %	9,4 %
Klassifisert som ikke <i>Behandling av symboler</i> av 2 av 2 kodere	43,5 %	57,5 %	50,0 %	39,6 %	48,9 %	47,9 %

Tabell 4.6: Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk ved NAG-rammeverket, kategorien *behandling av symboler*, i prosent av oppgaver.

	Klassifisert som <i>Behandling av symboler</i>	Klassifisert som ingen <i>Behandling av symboler</i>
TIMSS Advanced 2015 fysikk	27,2 %	72,8 %

Til slutt har vi den siste kategorien i NAG-rammeverket, som er *Behandling av matematiske representasjoner*, hvor resultatet er presentert i tabell 4.7 og 4.8. Fra tabell 4.7 er resultatet fra eksamen i Fysikk 2, der det var enighet knyttet til 12 % av oppgavene, om at oppgavene

kunne klassifiseres som *Behandling av matematiske representasjoner*. 6 % av oppgavene var det uenigheter om. Fra denne klassifiseringen var det en kappaverdi på 0,76 som gir en moderat grad av enighet. For TIMSS Advanced 2015 fysikk som vi ser i tabell 4.8 var det 19,4 % av oppgavene som ble klassifisert som *Behandling av matematiske representasjoner*. Denne kodingen er kun gjort av en person, og har dermed heller ikke noe kappaverdi å vise til.

Tabell 4.7: Klassifiseringen av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 ved NAG-rammeverket, kategorien *Behandling av matematiske representasjoner*, i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17
Klassifisert som <i>Behandling av matematiske representasjoner</i> av 2 av 2 kodere	10,9 %	14,9 %	13,0 %	6,3 %	14,9 %	12,0 %
Uenige mellom koderne (1-1)	8,7 %	8,5 %	8,7 %	0 %	4,3 %	6,0 %
Klassifisert som ikke <i>Behandling av matematiske representasjoner</i> av 2 av 2 kodere	80,4 %	76,6 %	78,3 %	93,8 %	80,9 %	82,0 %

Tabell 4.8: Klassifiseringen av oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk ved NAG-rammeverket, kategorien *Behandling av matematiske representasjoner*, i prosent av oppgaver.

	Klassifisert som <i>Behandling av matematiske representasjoner</i>	Klassifisert som ingen <i>Behandling av matematiske representasjoner</i>
TIMSS Advanced 2015 fysikk	19,4 %	80,6 %

4.1.2 LC-rammeverket

For kategoriseringen av LC-rammeverket er resultatet presentert i tilsvarende tabeller som NAG-rammeverket ble vist i forrige delkapittel. For LC-rammeverket har det vært to eller flere kodere for både eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk, som gjør at tabellene blir presentert med konsensus. Først har vi F/NF-kategorien i tabell 4.9 og T/NT-kategorien i tabell 4.10. I tabell 4.9 kan man finne prosentandelen hvor alle kodere var enige i enten kategori F eller NF, og prosentandelen for uenighet. Dette resultatet ga en kappaverdi for oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk på 0,70 (Grønmo & Hole, 2017) som gir en moderat grad av enighet. For klassifiseringen av gjennomsnittet i eksamen i Fysikk 2 for F/NF-kategorien var det en kappaverdi på 0,85 som vil si en sterk grad av enighet. Videre har vi tabell 4.10, hvor T/NT er presentert på lik måte som F/NF i tabell 4.9. Tabell 4.10 er på lik linje oppgitt med konsensus, og her var kappaverdien for TIMSS Advanced 2015 fysikk på 0,67 (Grønmo & Hole, 2017) som tilsvarer moderat grad av enighet og på eksamen i Fysikk 2 var kappaverdien på 0,89, som er sterk grad av enighet.

Tabell 4.9: Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk og alle oppgavene fra eksamen i Fysikk 2 våren 2013 til og med våren 2017 ved kategorien F (Formel), i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17	Gjennomsnitt TIMSS Advanced 2015 fysikk
Klassifisert som F [bruker formler] av 2 av 2 koderne	58,7 %	46,8 %	52,2 %	60,4 %	48,9 %	53,5 %	31,1 %
Uenige mellom koderne (1-1)	15,2 %	4,3 %	4,3 %	2,1 %	10,6 %	7,1 %	7,8 %
Klassifisert som NF [bruker ikke formler] av 2 av 2 koderne	26,1 %	48,9 %	43,5 %	37,5 %	40,4 %	39,3 %	61,1 %

Vi ser fra tabell 4.9 at eksamen i fysikk 2 hadde 53,5 % av oppgavene kodet som F, mens i TIMSS Advanced 2015 fysikk ble 31,1 % av oppgavene kodet som F. Det er altså en forskjell på 22,4 prosentpoeng mellom eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced i F-kategorien i LC-rammeverket.

Tabell 4.10: Klassifisering av oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk og alle oppgavene fra eksamen i Fysikk 2 våren 2013 til og med våren 2017 ved kategorien T (Teorem), i prosent av oppgaver.

	Eksamen V13	Eksamen V14	Eksamen V15	Eksamen V16	Eksamen V17	Gjennomsnitt eksamen V13 til V17	Gjennomsnitt TIMSS Advanced 2015 fysikk
Klassifisert som T [bruker teoremer] av 2 av 2 koderne	37 %	27,7 %	41,3 %	43,8 %	44,7 %	38,9 %	14,6 %
Uenige mellom koderne (1-1)	15,2 %	4,3 %	2,2 %	2,1 %	2,1 %	5,1 %	5,8 %
Klassifisert som NT [bruker ikke teoremer] av 2 av 2 koderne	47,8 %	68,1 %	56,5 %	54,2 %	53,2 %	56 %	79,6 %

I tabell 4.10 er samme klassifisering gjort som i tabell 4.9, men i stedet med T-kategorien. Her ser vi at eksamen i fysikk 2 har 38,9 % av oppgavene klassifisert som T, mens TIMSS Advanced 2015 fysikk har 14,6 % av oppgavene i samme kategori. Dette gir en forskjell på 24,3 prosentpoeng. Vi kan bruke disse resultatene i tabell 4.9 og 4.10 til å sammenlikne matematikkinnholdet i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2, målt med LC-rammeverket.

Tabell 4.11: Sammenlikning av de klassifiserte oppgavene gjort i LC-rammeverket fra TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2, i prosent av oppgaver.

Oppgavetype	Teorem	Formel
Gjennomsnitt TIMSS Advanced 2015 fysikk	14,6 %	31,1 %
Gjennomsnitt eksamen i fysikk 2 V13 til V17	38,9 %	53,5 %
Differanse mellom TIMSS Advanced 2015 fysikk og gjennomsnitt eksamen i Fysikk 2 V13 til V17	24,3 %	22,4 %

Vi kan fra sammenlikningen i tabell 4.10 og 4.11 se at det er over 20 prosentpoeng forskjell i begge kategoriene, mellom TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2. Forskjellen mellom F og T for TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2 er henholdsvis 16,5 prosentpoeng og 14,6 prosentpoeng.

4.2 Eksamen 3FY V93, V94 og V95

Av sekundærdata ble det også klassifisert tre eksamenssett fra fysikk (3FY) eksamen våren 1993, 1994 og 1995. Dette ble gjort for å sammenlikne det matematiske innholdet i eksamener som ble avholdt for ca. 20 år siden, og dermed brukte en annen læreplan enn den vi har i dag. Klassifiseringen er kun gjort av en koder, og resultatet for NAG-rammeverket er vist i tabell 4.12 og for LC-rammeverket i tabell 4.13.

Tabell 4.12: Klassifisering med NAG-rammeverket av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 våren 93, 94 og 95, i alle fire kategoriene, i prosent.

	Eksamen i Fysikk 2 våren 1993 (17 oppgaver)	Eksamen i Fysikk 2 våren 1994 (19 oppgaver)	Eksamen i Fysikk 2 våren 1995 (19 oppgaver)
Klassifisert som <i>Matematikk</i>	73,7 %	68,4 %	64,7 %
Klassifisert som <i>Matematisk modellering</i>	5,3 %	0 %	0 %
Klassifisert som <i>Behandling av symboler</i>	57,9 %	52,6 %	47,1 %
Klassifisert som <i>Behandling av matematiske representasjoner</i>	10,5 %	15,8 %	17,6 %

Tabell 4.13: Klassifisering med LC-rammeverket av oppgaver fra eksamen i Fysikk 2 våren 93, 94 og 95, i formel og teorem kategoriene, i prosent.

	Eksamen i Fysikk 2 våren 1993 (17 oppgaver)	Eksamen i Fysikk 2 våren 1994 (19 oppgaver)	Eksamen i Fysikk 2 våren 1995 (19 oppgaver)
Klassifisert som F	58,8 %	73,7 %	78,9 %
Klassifisert som T	35,5 %	63,2 %	36,8 %

Oppgavene i fysikk eksamen våren 1993, 1994 og 1995 hadde en annerledes struktur enn TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2. Det var 6 store oppgaver, som alle ga like mange poeng. Av de 6 oppgavene var 2 av dem gjennomgående like. Alle disse eksamenssettene inneholdt én oppgave hvor de skulle beskrive et forsøk de hadde gjort innenfor det oppgitte temaet, og en lengre essayoppgave hvor de skulle redegjøre for et fysisk fenomen. De fire siste oppgavene var av en kvantitativ variant hvor de måtte regne på fysiske problemer, segmentert i deloppgaver.

5 Diskusjon

I denne delen diskuteres funnene fra resultatet i lys av teorikapittelet. Kategoriene fra rammeverkene blir betraktet hver for seg, men også ved sammenlikning på tvers av disse kategoriene. Betrachtingene gjøres for å kartlegge mengden av matematisk innhold i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2. Avslutningsvis undersøkes muligheten for sammenheng med norsk tilbakegangen i TIMSS Advanced fysikk fra 1995 til 2015.

5.1 Forskjeller mellom eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015

Hvilke forskjeller er det egentlig i eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk? For det første er prøveformen forskjellig. TIMSS Advanced 2015 fysikk er mye kortere enn eksamen i Fysikk 2, og skal være ferdig på 90 minutter. I Fysikk 2 har eleven fem timer til disposisjon. Elever som tar TIMSS Advanced får utdelt hefter med 33 til 35 oppgaver og hvor kan skrive rett inn i heftet. Eksamen i Fysikk 2 deles ut i to deler, først én uten tillatt bruk av hjelpemidler, deretter én annen del der bruk av hjelpemidler er tillatt.

Ser vi på eksamenssettene i Fysikk 2 fra våren 2013 og frem til våren 2017 kan vi se at oppgavene kan likne på hverandre. Det er derfor en mulighet at regningen i norsk Fysikk 2 er mer innarbeidet for elevene, enn det er for oppgaver i TIMSS Advanced. Det vil si at det følger en viss sjanger som norske elever er vant til å jobbe med. Vi må også ta høyde for at elever har noe erfaring fra oppgaver i skriftlig eksamen i Fysikk 2. Dette er fordi tidligere eksamensoppgaver ligger ute, og det er mulig å regne igjennom disse oppgavene for å øve seg. Arbeid med oppgaver fra TIMSS Advanced har elevene mest sannsynlig ikke noe erfaring med fra før av. Ettersom resultatet fra TIMSS Advanced skal kartlegge de generelle ferdighetene til avgangselever i høyeste nivået av fysikk, slik rammeverket deres er definert, er det ikke mening at elevene skal øve seg på oppgavetyper relatert til TIMSS Advanced direkte, da dette er ment som en internasjonal uavhengig standard. Dette er en prøveform de mest sannsynlig ikke har vært borti før, selv om de kanskje har hatt flervalgsoppgaver og åpne oppgaver i andre prøveformer. Det går også tydelig fram av resultatene fra klassifiseringen at eksamen i Fysikk 2 er mer kvantitativ enn kvalitativ. Ut fra læreplanen slik den har utviklet seg, skulle kunne en kanskje forvente at eksamen i Fysikk 2 skulle hatt en mer kvalitativ utvikling. Tre av fem hovedområder i Fysikk 2 er på et metanivå (Hole & Grønmo, 2019),

som gjør det underlig at vi finner så mye matematikk i eksamen i Fysikk 2. Fra resultatet ser vi at oppgavene kan oppfattes som matematisk tunge, hvor vi har sett at mange oppgaver har behov for både formler og teoremer. De kan altså hende at dette kan være med på å gjøre det mer utfordrende å anvende matematikken i fysikk, i like stor grad som i matematikk (Kanderakis, 2016; Redish, 2006). Oppgavene i TIMSS Advanced 2008 passer godt til læreplanen i Fysikk 2 før LK06 (Lie et al., 2010). Fysikk 2-læreplanen for LK06 har en større vektlegging av temaer på metanivå (Hole & Grønmo, 2019), og det kan derfor anses som overraskende at vi finner mer matematikk i eksamen i Fysikk 2, enn i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Resultatene fra tabell 4.11 og 4.12, som er resultatet fra klassifisering av eksamensoppgavene fra 3FY våren 1993, 1994 og 1995, viser at matematikkinnholdet i disse er noe høyere enn gjennomsnittet i Fysikk 2-eksamenene våren 2013 til våren 2017. Forskjellen er likevel ikke stor.

Resultatet i kapittel 4.1 og 4.2 sier ikke noe om vanskelighetsgraden eller det kognitive nivået på oppgaven. Likevel er det tydelig at innholdet av matematikken i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2 er forskjellig. Det er klare tegn på at eksamen i Fysikk 2 har en mer kvantitativ tilnærming på grunn av større antall oppgaver med matematisk innhold. Vurderingspraksisen i eksamen Fysikk 2 er noe annerledes enn for TIMSS Advanced. I Fysikk 2 ser det ut som at vanlig sensurpraksis er å se på hver oppgave isolert, for deretter å gi en karakter på denne, for til sist å se på helhetsinntrykket. Det ser altså ut som at vektlegging av eksamensoppgaver i fysikk ikke har endret seg siden 1990-tallet, ettersom dette minner om slik oppgavene fra skriftlig fysikkeksamener fra våren 1993, 1994 og 1995 ble sensurert.

En gjennomgående forskjell i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2, slik vi ser det fra resultatet, er at en større andel oppgaver i eksamen i Fysikk 2 krever bruk av matematisk teori og kompetanse for å løse oppgavens problem. Videre har vi sett av Lie et al. (2010) at oppgavene fra TIMSS Advanced 2008 fysikk slik forfatterne har analysert dem, passer vår læreplan i fysikk veldig bra. Som vi tidligere har diskutert, har ikke andelen oppgaver med matematisk innhold noen klar sammenheng med vanskelighetsgraden på matematikken i oppgavene. Likevel virker det klart at det er et tyngre fokus på kvalitative oppgaver i TIMSS Advanced 2015 fysikk enn det er på eksamen i Fysikk 2.

5.2 Sammenlikning av matematisk innhold og matematisk aktivitet

Lite forskning er gjort direkte på eksamensoppgaver i norsk Fysikk 2. I kapittel 2.2.4 har vi sett at flere har brukt forskjellige rammeverk for å se på matematisk kompetanse i oppgaver, men de fleste er brukt på enten TIMSS Advanced 2015 fysikk, eller andre storskalaundersøkelser. Ræder (2017) lagde i sin masteroppgave en kategoriseringsguide som tok for seg matematisk aktivitet i fysikkoppgaver. Denne kategoriseringsguiden brukte han på oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk, hvor han fant at to tredjedeler av oppgavene ble klassifisert til å ha behov for matematisk aktivitet. Ser vi på NAG-rammeverket, og dets uttelling på antall oppgaver som ble klassifisert som *matematikk*, fra tabell 4.2, er det opp imot halvparten av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk som ble klassifisert i nettopp denne kategorien i NAG-rammeverket. Tilsvarende viser resultatet for LC-rammeverket i tabell 4.11, at det er nesten en tredjedel av oppgavene som ble klassifisert som enten Teorem, Formel eller begge.

Kategoriseringsguiden til Ræder (2017) tar for seg en større del av matematikken enn NAG- og LC-rammeverket. Dette fører til at Ræder (2017) gjennomgående finner høyere prosentandel oppgaver relatert til matematikk enn det vi finner i analysen her. Eksempelvis vil de fleste oppgavene som går under arbeid med visuelle matematiske representasjoner i Ræder sitt rammeverk ikke gå inn under noen av kategoriene i NAG- eller LC-rammeverket. For å forklare dette, er det mest hensiktsmessig ved beskrivelse av en oppgave der man får bruk for høyrehåndsregelen (HHR). Denne regelen vil gå under nevnte kategori, som altså er arbeid med visuelle matematiske representasjoner. Dette er ikke tilfelle for hverken NAG-rammeverket eller LC-rammeverket. Det er ingen formler eller teoremer som må brukes for å benytte seg av HHR, så det går heller ikke under matematisk representasjon i NAG-rammeverket, ettersom dette kun tar for seg grafer og vektorer. Det er mulig å argumentere for at HHR er en slags vektorrepresentasjon, men en kan klare å bruke den uten å ha noe forståelse av kryssproduktet til vektorer, så lenge man vet hvilken finger som representerer hvilke krefter når den brukes. HHR brukes som regel for å se hvilken vei for eksempel et elektron går inni et elektrisk felt, som i denne masteroppgaven blir sett mer på som en fysisk betraktning enn matematikkinnhold. En forskjell på disse tre rammeverkene, er at NAG-rammeverket og LC-rammeverket tar for seg kun den kvalitative delen av fysikk og

matematikk, mens Ræder (2017) rammeverket, tar for seg en større del av matematikken, hvor det også går mer over på metanivå.

5.3 Mengde av matematisk innhold i eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk

I denne delen diskuteres resultatet fra klassifiseringen. Ut fra læreplanen i Fysikk 2 og dens utvikling, ville det være nærliggende å tro at faget har gått i en kvalitativ retning (Hole & Grønmo, 2019) og at en derfor vil finne mer matematikk i TIMSS Advanced fysikk 2015, enn eksamensoppgavene i Fysikk 2.

Tar vi for oss NAG-rammeverket og *matematikk*-kategorien, som er summen av de tre delkategoriene, ser vi fra tabell 4.1 at i eksamen i Fysikk 2 er det hele 59,8 % prosent av oppgavene som ble klassifisert i denne kategorien. Til sammenlikning ser vi i tabell 4.2 at 46,6 % av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk som ble klassifisert i samme kategori. Dette gir en forskjell på hele 13,2 prosentpoeng. Det kan tyde på at oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk har et mer kvalitativt preg på oppgavene enn eksamen i Fysikk 2, som har over halvparten av oppgaven i en kvantitativ form, og i opp mot 60 % av oppgavene må en form for matematisk kompetanse til for å løse disse oppgavene.

Resultatet kan tyde på at kvantitative fysikkoppgaver er komplekse. Overlapp av flere matematiske kompetanser, samt lange utregninger i eksamen i Fysikk 2, kan tyde på at de tilhørende oppgavene er matematisk krevende. I forskningen til Pettersen og Nortvedt (2017) kom det blant annet frem at lærerne som klassifiserte oppgavene strevde med å analysere komplekse matematikkoppgaver. Ifølge Pettersen og Nortvedt (2017) kunne dette indikere at lærere ikke var like kjent med komplekse oppgaver i undervisning, ettersom det stort sett ble fokusert på undervisning av prosedyrer. På bakgrunn av resultatet i denne oppgaven, og det store matematiske innholdet i eksamen i Fysikk 2, kan dette funnet bidra til å vise at overgangen til Fysikk 2 rent matematisk kan være krevende. Det at man blir presentert for et stort matematisk innhold, og fysikken går fra et mer kvantitativ til kvalitativ tilnærming gjør det mer krevende for elevene. Undervisningen er fokusert på en prosedyrerettet undervisningsform, og de mer komplekse oppgavene kan bli krevende om elevene ikke er like kjent med dem. Denne tematikken kan bli spennende å følge med på. Slik det ble lagt fram fra Ludvigsen-utvalget (NOU 2015:8, 2015) bør det bli større fokus på dybdelæring, noe som

igjen legger til rette for å jobbe med mer komplekse oppgaver. Fra resultatene kan det ikke konkluderes med at dette er tilfelle, men det kan være spennende å se om fokus på dybdeløring, og mer komplekse oppgaver, kan ha innvirkning på hvordan vi gjør det på kvalitative oppgaver i fremtidige TIMSS Advanced fysikk prosjekter.

Slik vi har sett fra resultatene i kapittel 4, er en stor del av oppgavene som er klassifisert som *Matematikk* i NAG-rammeverket, klassifisert som *behandling av symboler*. Denne motsatte ytterligheten er modellering, som fikk 0 % utslag i NAG-klassifiseringen. De åtte oppgavene som var forsøkt klassifisert som modellering var det uenigheter om mellom koderne. Går vi mer i detalj inn på klassifiseringen, er alle oppgavene som det var knyttet uenigheter til, kodet som *behandling av symboler* av én koder, og som *modellering* av den andre, med unntak av én oppgave. Det kom også til uttrykk i klassifiseringen at det kunne være utfordrende å avgjøre hvilken kategori en oppgave tilhørte, dersom to kompetanser var fremtredende. Mange av oppgavene kunne gi inntrykk av en form for modellering, men stort sett var det mange av oppgavene som gikk ut på å manipulere forskjellige modeller, for deretter å komme fram til et resultat. Det kan ses på som en overraskelse at denne kategorien skulle få så liten uttelling. Essensen i fysikk, slik vi har sett det historisk (Gingras, 2001), er at matematikken har gått fra å være kvalitativ, hvor den har blitt beskrevet med ord, til en mer kvantitativ tilnærming, hvor den skal kunne begrunnes og argumenteres for rent matematisk. Det samme ser vi i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Her så vi at ingen av oppgavene ga utslag på *Modellering*-kategorien. Det var til sammenlikning også færre oppgaver som gikk under *Matematikk*-kategorien, hvor eksamen i Fysikk 2 fikk et utslag på nesten 60 % og TIMSS Advanced 2015 fysikk hadde rett under 50 % av oppgavene klassifisert som *Matematikk*.

Redish (2006) beskriver hvordan fysikk opererer med flere konstanter og variabler. Fra resultatet vårt kan vi se at det matematiske innholdet i eksamen i Fysikk 2, fra et matematisk perspektiv, er formalistisk større enn TIMSS Advanced 2015 fysikk. Dette kan være en faktor for hvordan eleven klarer seg, om vedkommende presterer på et lavere nivå i matematikk. Det er altså mulig at det matematiske nivået til eleven i større grad spiller inn i eksamensresultatet i Fysikk 2 enn hva det gjør for TIMSS Advanced 2015 fysikk. Et annet utfall er at dette gir et større fokus på matematisk regning i Fysikk 2 undervisning, som igjen gjør at det kvalitative blir nedprioritert. Det er uansett viktig å poengtere at dette kun er en interessant betraktning, og ikke noe vi vet om vanskelighetsgraden til oppgavene. Det at et oppgavesett inneholder mye matematikk, er ikke nødvendigvis en indikator på at oppgavene krever at elevene innehar

innehar et høyt nivå av matematisk kompetanse og teori. Vektleggingen på kvantitative og kvalitative oppgaver, viser at eksamen i Fysikk 2 tydelig prioriterer oppgaver som omhandler matematikk.

Den matematiske kompetansen, *Behandling av matematiske representasjoner* er den eneste kategorien som er større i TIMSS Advanced fysikk 2015, enn i eksamen i Fysikk 2. Fra resultatet i tabell 4.8 ser vi at matematiske representasjon er representert som mest relevant i 19,4 % av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk. For eksamen i Fysikk 2 er denne lavere og vi ser i tabell 4.7 at den utgjør 12,0% av oppgavene i eksamenssettene. For det første tyder dette på at TIMSS Advanced 2015 fysikk har en større andel oppgaver hvor det er helt nødvendig med matematisk representasjon, sammenliknet med eksamen i Fysikk 2. For det andre er det også mange av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 hvor ikke en bruker den matematiske representasjonen til å regne ut et svar til et fysisk problem, men heller å tolke en graf eller vektor for å si noe om den. I eksamen i Fysikk 2 var det derimot ofte oppgaver hvor eleven skulle lese av en verdi, som deretter skulle brukes i en formel å komme frem til svaret på oppgaven.

Slik det er nevnt tidligere, ser vi av resultatet fra NAG-rammeverket at det var *behandling av symboler* som klart skilte seg ut som den mest fremtredende matematiske kompetansen. I eksamen i Fysikk 2 utgjør denne kategorien, som vi ser i tabell 4.5, hele 42,7 %, mens for TIMSS Advanced fysikk 2015 kan vi lese av i tabell 4.6 at den utgjør 27,2 %. Fra studien til Boesen et al. (2016) ble det klassifiserte 376 oppgaver. Her var det størst andel oppgaver som gikk under *procedural competency* (prosedyremessig kompetanse). Denne kategorien hadde mange likhetstrekk til kompetansen i NAG-rammeverket, *behandling av symboler*. De definerte en matematisk prosedyre som «sekvenser av matematiske handlinger som er en akseptert metode for å løse en vanlig oppgavetype» (Boesen et al., 2016, s. 112). Vi kan fra rammeverket brukt av Boesen et al. se at det er mye bruk av matematisk syntaks, og at etter hvert som oppgavene ble for omfattende og komplekse, slet elevene. Fra resultatet i min masteroppgave så jeg at det i eksamen i Fysikk 2 var mange oppgaver som inneholdt både *behandling av symboler*, formler og teoremer. Dette skal vi diskutere videre når vi kommer til resultatet fra LC-rammeverket. Jeg vil likevel poengtere at det er spennende å se om det kan være sammenheng mellom prestasjonene til elever i Fysikk 2, når det kommer oppgaver med mye formler og teoremer som må behandles for å komme frem til et svar.

Fra LC-rammeverkets resultat, kan vi se at vi får noen tilsvarende indikasjoner som vi fikk fra NAG-rammeverket. Fra resultatet til LC-rammeverket kan det også tyde på at matematikkinnholdet i eksamen i Fysikk 2 er større enn TIMSS Advanced 2015 fysikk. Når vi ser på eksamen i Fysikk 2 og sammenlikner *matematikk* i NAG-rammeverket med formel i LC-rammeverket, ser vi at disse to kategoriene nesten er like store. Utslagene på kategoriene i eksamen i fysikk 2 er 59,8 % for *matematikk* og 53,5 % for bruk av formler. Til sammenlikning er det for TIMSS Advanced 2015 fysikk 46,6 % av oppgavene som går under *matematikk*, og 31,1 % som går under formel. En mulig forklaring på dette kan være, som tidligere nevnt, at eksamen i Fysikk 2 har et stort omfang av oppgaver med kvantitativ struktur, mens i TIMSS Advanced 2015 fysikk var det mer gjennomgående preg av oppgaver med kvalitativ struktur. Vi så for eksempel den høyere forekomsten av *behandling av matematiske representasjoner* for TIMSS Advanced 2015 fysikk, som kan forklare dette. Her var det mange oppgaver i TIMSS Advanced 2015 fysikk, hvor det var brukt grafer eller vektorer, men hvor eleven skulle tolke hva som hadde eller kom til å skje, og derfor ikke trengte å gjøre seg bruk av noen formel eller utregning for å løse oppgaven. Ser vi på oppgavene i eksamen i Fysikk 2, og korrelasjonen mellom oppgaver med *Matematikk* og formel, ønsker vi å se om det er sammenheng mellom oppgaver som er klassifisert som *matematikk* og oppgaver klassifisert som formel. Når vi regner ut korrelasjonen mellom *matematikk* og formel, får vi at korrelasjonskoeffisienten for Matematikk-formel er 0,82. Dette tyder på at korrelasjonen mellom *matematikk* og formler er god, og at det stort sett er en oppgave kategorisert som formel, når den også er kategorisert som *matematikk*.

Vi ser også fra resultatet i LC-rammeverket at formelkategorien får et mye større utslag i eksamen i Fysikk 2 enn TIMSS Advanced 2015 fysikk. Vi har en forskjell på 22,4 prosentpoeng. Det er tydelig at bruken av matematiske formler er langt større for eksamen i Fysikk 2 enn TIMSS Advanced 2015 fysikk. Dette er også et tegn på at Eksamen operer med flere kvantitative tilnærminger når det kommer til oppgaver i fysikk. Selv om man må ta høyde for tidsbruken i eksamen i Fysikk 2 i forhold til TIMSS Advanced 2015 fysikk, tar ikke dette rammeverket hensyn til vanskelighetsgraden til oppgaven. Del 1 minner ganske mye om TIMSS Advanced 2015 fysikk, ettersom den har 25 flervalgsoppgaver. Også her det mange oppgaver som går under formel når vi ser på eksamen i Fysikk 2. Likevel er de åpne oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk, og den større åpne oppgaven i del 1 i eksamen i Fysikk 2, forskjellige ved at oppgaven i Fysikk 2 vil være mer kompleks, siden den har flere deloppgaver som kan bygge videre på hverandre.

For Teorem-kategorien i LC-rammeverket kan vi se at det var 14,6 % av oppgaven i TIMSS Advanced 2015 fysikk som ble klassifisert som bruk av teorem, og for eksamen i Fysikk 2 var det 38,9 % av oppgaven som gikk i samme kategori. Vi ser her at det er over dobbelt så mange av oppgavene i eksamen i Fysikk 2, enn i TIMSS Advanced 2015 fysikk hvor man må bruke et matematisk teorem. Et annet interessant funn er at mange av oppgaver som ble klassifisert som teorem, også ble klassifisert som formel. Ser vi på korrelasjonen mellom formel- og teorem-kategorien i eksamen i Fysikk 2, kan vi se at korrelasjonskoeffisienten er på 0,74. Dette er også en god verdi for korrelasjonen mellom disse to kategoriene, fordi vi må ta høyde for at det er flere oppgaver som er klassifisert formel enn teorem, noe som vil gjøre at koeffisienten vil bli noe lavere. Dette er også med på å styrke påstanden om at oppgavene i eksamen i Fysikk 2 har mer matematisk omfattende oppgaver enn TIMSS Advanced 2015 fysikk.

Som en oppsummering kan vi konkludere med at det tydelig framkommer av klassifiseringen at det er en stor andel av oppgavene i eksamen i Fysikk 2 hvor det er matematisk innhold. Vi ser at godt over halvparten av oppgavene ble klassifisert som *Matematikk* eller bruk av formel eller teorem. Fra resultatet ser vi ikke bare at det er mye matematikk i eksamen i Fysikk 2, vi finner også mye mer matematisk innhold, enn det vi finner i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Slik vi har diskutert tidligere, er det mye som tyder på at eksamen i Fysikk 2 kan virke matematisk tung, med lange utregninger og mye innhold. Som også nevnt tidligere, er dette en kartlegging av hvor mange oppgaver som har matematisk innhold. Dette funnet kan altså gi grunn til å tro at eksamen i Fysikk 2 er mer matematisk tung enn TIMSS Advanced fysikk 2015. Likevel er grunnlaget for tynt til å komme med en slik konklusjon. Noe vi vet om skriftlig eksamen i Fysikk 2, er at eksamensform og pensum har vært stabil de siste årene. Dette gir en mulighet for at mange av oppgavene likner på hverandre i innhold og kontekst. Selv om det er mye utregning, kan det virke som det går mye i det samme av regneteknikk. Stort sett kunne det se ut som at trenden for eksamen i Fysikk 2 var en oppgave som handlet om biler i doserte svinger og krefter i skrå plan, om hvordan gravitasjonen påvirket planeter, eller om et elektron i et magnetfelt. Dersom mange av oppgavene er repetitive, vil det bli mye gjentakelser. Dette kan det uansett ikke konkluderes på i denne masteroppgaven, men det kunne vært spennende å se på bredden og hvilke temaer og formler som er sentrale i eksamen i Fysikk 2.

5.4 Modellering i skolefysikken

Uhden et al. (2012) presenterer matematikken som et verktøy for å beskrive naturen ut fra matematikk, og kaller dette for modellering. Ut fra kunne det være nærliggende å tro at en ville finne mye modellering i fysikkoppgaver. Fra resultatet vårt ser vi at ingen fysikkoppgaver har modellering som den mest fremtredende kompetansen, med unntak av klassifisering av oppgavene i Fysikk 2 fra våren 1993. Tar vi for eksempel eksamensoppgavene i Fysikk 2, er det ingen oppgaver som koderne kom til enighet om at hadde modellering som den mest fremtredende kompetansen. Av de 234 oppgavene fra eksamen i Fysikk 2, var det uenigheter om åtte av dem. Fra TIMSS Advanced 2015 fysikk var det ingen oppgaver som ble klassifisert som matematisk modellering. Dette var også tilfelle når Nilsen et al. (2013) brukte dette rammeverket i TIMSS Advanced 1995 og 2008 fysikk.

b) Jorda har masse m og radius r . Gravitasjonsfeltstyrken ved jordoverflata er g . Den universelle gravitasjonskonstanten er γ . Da er forholdet $\frac{g}{\gamma}$

- A. $\frac{m}{r^2}$
- B. $\frac{r^2}{m}$
- C. mr
- D. 1

Figur 5.1 Oppgave 1 b) fra eksamen i Fysikk 2 våren 2015, med temaet gravitasjon.

En mulig forklaring på den lave uttellingen på modelleringskategorien er hvordan modellering fremtrer i fysikk, noe dette rammeverket ikke tar høyde for. Ser vi på oppgaven er den kategorisert som modellering av den ene koderen, og symbolbehandling av den andre koderen. Dette er en oppgave som på den ene siden representerer hva NAG-rammeverket vil si er modellering. Samtidig er det mye symbolbehandling når vi ser på hvordan oppgaven kan løses:

Gravitasjonsfeltstyrken på jorden: $g = \frac{G}{m}$

Den universelle gravitasjonsloven er gitt ved $G = \gamma \frac{Mm}{r^2} \Rightarrow \gamma = \frac{Gr^2}{Mm}$

Dette gir: $\frac{g}{\gamma} = \frac{\frac{G}{m}}{\frac{Gr^2}{Mm}} = \frac{M}{r^2}$

Her er det også rimelig å si at *Behandling av symboler* står sentralt, ettersom eleven både må manipulere den universelle gravitasjonsloven med hensyn på gamma, og sette inn for konstanter, og deretter regne ut. Dette gir igjen en problemstilling knyttet til hvor vidt det er modelleringen som er mest sentral, eller symbolbehandling. I oppgaven viser vi bare forholdet, uten å kommentere det videre. Dette er noe vi ser igjen i fysikken, at elever stort sett bruker ferdigstilte modeller når de skal modellere nye situasjoner. Dette skaper utfordringer, slik Lithner et al. (2010) sikter til, ved at mange matematiske kompetanser overlapper hverandre, og at derfor blir vanskelig å skille dem fra hverandre.

5.5 Tilbakegangen fra 1995 til 2015 i TIMSS Advanced 2015 fysikk

Et av forskningsspørsmålene angitt i kapittel 1, er i hvilken grad kan sammenlikning av matematikkinnhold mellom TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2, bidra til å forklare den norske tilbakegangen fra 1995 til 2015. Utgangspunktet for undervisning i fag på norske skoler tar utgangspunkt i læreplanen. Den har de siste 20-30 årene gått igjennom noen endringer. Gjennom den norske deltakelsen i TIMSS Advanced, har vi fått muligheten til å kartlegge hvor gode vi er sammenliknet med andre land siden 1995. et interessant aspekt er at elevene som brukte fysikk planen av 1992, var kullet som tok TIMSS Advanced 1995, og elevene som tok TIMSS 2008 brukte R94. Siste TIMSS Advanced i 2015, ble gjennomført av elevene som brukte læreplanen vi fortsatt bruker, LK06. Fra trendanalyser gjort ved bruk av resultatene i TIMSS (Grønmo et al., 2017; Lie et al., 2010) kan vi se at det har vært en tilbakegang i norske elevers prestasjon i fysikk fra 1995 frem til 2015.

Fra læreplanens endringer siden 1992, kan det virke som det har vært en trend hvor de matematiske forkunnskapene og kravet om relevante matematiske kurs som tas parallelt er blitt neglisjert. Eksempelvis er et problem knyttet til frafallet fra ingeniørrekrutteringen,

sliksom en NOKUT-studie fra 2008 konkluderte med, mangelen på grunnleggende matematikk herunder særlig algebra (Grønmo et al., 2017). Fra resultatene i kapittel 4 kan vi se at matematikkinnholdet i fysikk er sterkt representert med omtrent to tredjedeler av alle eksamensoppgaver i Fysikk 2 er klassifisert som *matematikk*, om vi også tar med oppgavene det er uenighet om. På grunnlag av dette, kan vi ikke komme med en konklusjon på hva som er problemet med fysikkfaget og den norske nedgangen i kompetanse innenfor TIMSS Advanced fysikk. Det kan likevel tenkes at den store mengden matematikk som fremkommer i eksamen i fysikk 2, kan ha sammenheng med hvorfor norske elever presterer slik de gjør i TIMSS Advanced fysikk. Det er uansett en mulighet for at elevers forståelse av matematikk er en del av denne utfordringen.

Fra resultatet i denne oppgaven ser vi at en stor andel av oppgavene enten bruker eller inneholder formler, og at de har behov for kompetanse innenfor behandling av symboler. Dette er to kategorier som skiller seg ut fra de andre kategoriene, ved at de er mest representert i klassifiseringen ved begge rammeverkene, for alle oppgavesettene. Dette kan være en del av problematikken for norske elever knyttet til arbeid med fysikk. Vi har sett hos Lie et al. (2010) at elever strevde med oppgaver hvor det var behov for å blant annet manipulere formler. De konkluderte her også med at deres manglende forkunnskaper i algebra var med på å gjøre fysikk mer utfordrende som skolefag. Vi kan igjen ikke konkludere med noe, men påpeke at det kan tyde på at mangelen på matematiske forkunnskaper ikke burde bli prioritert ned i fremtiden, også med tanke på det enda er store deler av oppgaven som bygger på nettopp dette.

Konklusjon

I denne delen oppsummerer jeg sentrale funn fra diskusjonskapittelet, og forsøker å gi mine svar på oppgavens problemstilling. Jeg vil her også ta for meg styrker og svakheter ved oppgaven min. Avslutningsvis vil jeg komme med forslag til videre forskning som kan være spennende å teste ut, og som jeg gjerne skulle gjort om jeg hadde hatt mer tid.

5.6 Oppsummeringer av sentrale funn

Et av hovedfunnene i denne masteroppgaven er den *store mengden* av matematisk innhold som ble funnet i eksamen i Fysikk 2. Over halvparten av oppgavene i skriftlig eksamen Fysikk 2 våren 2013 til og med våren 2017 inneholder matematikk slik rammeverkene benyttet i denne oppgaven beskriver det. Likevel sier ikke dette noe om hvorvidt oppgavene er matematisk krevende, selv om mange av oppgavene krever matematisk kompetanse, formler og teoremer.

Skal man se på matematikkinnholdet og kravet til matematisk kompetanse, i eksamen i Fysikk 2 sammenliknet med TIMSS Advanced 2015 fysikk, er det spesielt én forskjell som kommer fram. Rammeverkene brukt i denne oppgaven måler antall oppgaver som bruker matematisk kompetanse eller teori. Det gjør at vi kan sammenlikne hvor mange oppgaver i de forskjellige oppgavesettene som bruker nettopp matematisk kompetanse eller teori. Resultatene i kapittel 4 tyder på at kravene til matematisk kompetanse er større til skriftlig eksamen i Fysikk 2, enn i TIMSS Advanced fysikk 2015. Det er spesielt en kompetanse som skiller seg ut i NAG-rammeverket, og det er behandling av symboler. Slik NAG-rammeverket har fanget opp bruken av matematisk kompetanse, ser vi at andelen kvantitative oppgaver er større i eksamen i Fysikk 2 enn i TIMSS Advanced 2015.

Resultatene fra klassifiseringen basert på LC-rammeverket kan tolkes som at oppgavene i eksamen i Fysikk 2 er matematisk mer omfattende. Dette er grunnet den store forekomsten av oppgaver som var avhengige av både formler og teorem, i motsetning til hva vi så i TIMSS Advanced 2015 fysikk. Når vi også ser på korrelasjonen mellom matematikk-kategorien i NAG-rammeverket, og formel-kategorien i LC-rammeverket, sammenliknet med oppgavene i eksamen i Fysikk 2, er korrelasjonskoeffisienten 0,82. Det betyr at det er god korrelasjon mellom disse to kategoriene. Ser man på dette i sammenheng med resultatet fra TIMSS

Advanced 2015 fysikk, tyder det på at eksamen i Fysikk 2 har mer omfattende oppgaver rent matematisk, enn vi ser i TIMSS Advanced 2015 fysikk, som har en lavere andel oppgaver klassifisert i formel- og *Matematikk*-kategorien. Dette er likevel ikke noe vi konkludere med, men det er like fullt et funn det ville vært spennende å se nærmere på ved en senere anledning.

En mulig forklaring på vår tilbakegang i TIMSS Advanced fysikk fra 1995 til 2015, kan være det store fokuset på kvalitative fremfor kvantitative oppgaver, som gjør at vi har mindre erfaring med denne type oppgaver. Samtidig ser vi at det er stor vekt på kvalitative oppgaver, noe som også kan være utfordrende. Denne utfordringen kan ligge i at det kommer ny matematikk som elevene kan slite med å anvende fordi de ikke er kjent med det.

5.7 Styrker og svakheter

Styrker

En styrke ved analysen i denne masteroppgaven er at de inkluderer bruk av to ulike rammeverk for klassifisering av fysikkoppgaver. Røft beskrevet er det ene rammeverket laget for å fange opp matematisk kompetanse, og det andre matematisk teori. De valgte rammeverkene er også blitt testet ut og brukt på TIMSS Advanced oppgaver tidligere, noe som er en fordel ettersom det ikke vil være nødvendig å bruke tid på å justere dem, annet enn at man må sette seg inn i hvordan de fungerer. En annen styrke er at rammeverkene er konstruert slik de bruker kategorier som er relevante for fysikkfaget, men likevel tar opp det matematiske aspektet ved det.

I denne masteroppgaven brukes det oppgaver fra TIMSS Advanced fysikk 2015 og eksamensoppgaver i Fysikk 2. TIMSS Advanced er et internasjonalt forskningsprosjekt og oppgavene er derfor godt testet. De har også blitt brukt tidligere, ved to andre anledninger, når TIMSS Advanced ble gjennomført i 1995 og 2008. Det er også brukt oppgaver fra skriftlige eksamen i Fysikk 2 i denne oppgaven. Eksamensoppgavene er felles for hele landet, slik at de gir en god indikasjon på det nasjonale fysikknivået. Det er blitt brukt fem ulike eksamenssett, som alle er laget ut fra samme læreplan og har lik struktur. Disse to oppgavetyper, eksamensoppgaver og oppgaver fra TIMSS Advanced 2015 fysikk, gir til sammen et bredt datagrunnlag for å svare på masteroppgavens problemstilling. Resultatene fra mine analyser er likevel selvsagt ikke generaliserbare til andre typer oppgaver.

Svakheter

En begrensning ved metodene brukt i denne oppgaven, er at ingen av de to benyttende rammeverket vil fange opp alle aspekter ved matematikk i fysikk. Ved bruk av rammeverkene i masteroppgaven, er det bare vært mulig å måle innholdet av matematiske kompetanser og matematisk teori sett opp mot fysikk. Matematikkinnhold på et metaplan vil altså være vanskelig å fange opp med dette rammeverket. Samtidig er ikke dette like relevant i min oppgave, siden det kun er blitt sett på den kvantitative siden av fysikk, og ingen elevbesvarelser er brukt i drøfting av et slik resultat. Det er uansett en svakhet, at denne siden ikke blir tatt opp, da det er en viktig faktor for å få et helhetsinntrykk av hvor fremtredende matematikk er i fysikk.

Oppgaveformen er ikke helt identisk i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2. I TIMSS Advanced 2015 fysikk har eleven blant annet kortere tid på å gjennomføre prøven, og den er en blanding av flervalgsoppgaver og åpne oppgaver. Eksamen i Fysikk 2 er på fem timer til sammen, og består av to deler, hvor del 1 har 26 flervalgsoppgaver, og en større oppgave, og del 2 har flere større og mer sammenhengende oppgaver.

I NAG-rammeverket får man kun sett på hvor mange oppgaver som bruker kompetansen, men ikke noe om i hvor stor grad den gjeldende kompetansen er representert annet enn at det er den mest fremtredende. Dette gjør også at resultatet ikke sier hvilke oppgaver som har flere kompetanser. Samtidig er poenget med rammeverket at man skal kartlegge hvor stor del av oppgavene som bruker de gjeldene kompetansene. Tilsvarende er det med LC-rammeverket, hvor vi heller ikke vet hvor omfattende oppgavene er, men at det enten blir brukt en formel og/eller et teorem. Vi vet heller ikke om elevene har løst oppgaven på den måten vi antar, der det kan løses på forskjellige måter.

En annen svakhet ved analysene i denne oppgaven er at det er få kodere. For kodingen av de norske eksamensoppgave i Fysikk 2 for våren 2013 til og med våren 2017, er det kun to kodere som brukte begge rammeverkene. Oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk er det kun en koder på klassifiseringen ved bruk av NAG-rammeverket. Til gjengjeld brukes det resultater fra Grønmo og Hole (2017), hvor de var 4 kodere, for klassifisering av oppgavene i TIMSS Advanced 2015 fysikk, ved bruk av LC-rammeverket.

5.8 Forslag til videre forskning

Denne oppgaven kartlegger matematikkinnholdet i norske eksamener fra Fysikk 2. Dette gir et overblikk over hvor mye matematikk som faktisk er i oppgavene i skriftlig eksamen i Fysikk 2. Resultatet er relevant når det skal lages ny læreplan i fysikk, fordi en kan se hvor stor plass matematikken har hatt i fysikken i den foregående læreplanen. Dette kan være med på å hjelpe i valget om hvor mye matematikk man vil ha i den nye læreplanen.

Fra eksamen i Fysikk 2 og TIMSS Advanced 2015 fysikk har vi sett at det er forskjell på innholdet i oppgaver man løser kvantitativt og kvalitativt. Det ville vært interessant å se på hvordan elever gjorde det i TIMSS Advanced 2015 fysikk og eksamen i Fysikk 2 i de respektive kategoriene. Det vil si at man deler opp oppgavene i kvantitative oppgaver og kvalitative oppgaver, slik det blir gjort i NAG-rammeverket, og deretter ser på hvordan elevene presterer på oppgavene. Det kunne vært interessant å se om dette har en sammenheng med norske elevers nedgang i TIMSS Advanced fysikk fra 1995 til 2015.

Slik vi har sett fra utviklingen av norsk læreplanen de siste 30 årene (Hole & Grønmo, 2019; Lie et al., 2010), er det noe som kan tyde på at vektlegging av matematikk i fysikkfaget, og dens samarbeid med andre matematikkurs har endret seg frem til den nåværende læreplanen. En måte å tolke læreplanens endringer, er at det kan tyde på at denne vektleggingen har blitt svekket. Der hvor tidligere læreplaner har vært tydeligere på viktigheten av å ta matematikkurs på likt nivå parallelt, er det nå kun anbefalt, og ikke noe som tilsier at man trenger det. Det at Fysikk 1 er et muntlig fag, kan gjøre den kvantitative delen av faget mer fratredende. En grunn til dette er at det er mer muntlighet over en kvalitativ oppgave, hvor man ikke har behov for regning. Ikke bare er vektleggingen av kvalitative oppgaver større, men eksamensformen er også muntlig-praktisk, som gjør at man skal forklare et forsøk, og igjen vil begrense mulighet for regning. Dette vil ikke være tilfelle for Fysikk 2 som også har en skriftlig eksamen som vi har sett inneholder mye regning. Det kunne derfor vært spennende å sett på hvor stor del av fysikken som er kvantitativ i forhold til kvalitativ, og sammenlikne dette med Fysikk 2. Spørsmålet er altså om overgangen fra Fysikk 1 til Fysikk 2 er så stor at det gjør det mer krevende for Fysikk 2 elever og klare seg rent matematisk? Ser man på kurs som inneholder fysikk, kan det tyde på at matematikken i Fysikk 2, er noe de vil få bruk for.

Et annet mulig forslag til videre forskning er å se på den nye læreplanen i matematikk som kommer i 2019, som et utspring fra funnene gjort i Ludvigsen utvalget (NOU 2015:8, 2015). I korte trekk, kommer de frem med et forslag om mer fokus på blant annet dybdelæring. Det skal være færre kompetansemål og mer tid til å fordype seg. Det kan derfor være spennende å se på i hvilken grad den nye læreplanen i matematikkursen, og da særlig R1 og R2, kan gi bedre forkunnskaper i matematikk, for å klare seg i den kvantitative delen av Fysikk 2.

Resultatene i denne masteroppgaven viser at en stor andel av eksamensoppgavene i Fysikk 2 har matematisk innhold i henhold til kriteriene de to benyttede rammeverkene bruker for å beskrive dette. Her er det flere mulige veier for videre forskning. Setter matematikken en begrensning for norske elevers læring i fysikk? Vi ser at det er mye matematikk i Fysikk 2, og derfor er det viktig å undersøke i hvilken grad dette er en reell utfordring for eleven. Mer konkret kan det være interessant å se hvilke oppgaver elever sliter med, og om dette representer oppgavesjanger som går igjen i eksamenssett i Fysikk 2.

Litteraturliste

- Angell, Carl, Bungum, Berit, Henriksen, Ellen K, Kolstø, Stein D, Persson, Jonas, & Renstrøm, Reidun. (2016). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Angell, Carl, Guttersrud, Øystein, Henriksen, Ellen K, & Isnes, Anders. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88(5), 683-706.
- Ary, Donald, Jacobs, Lucy Cheser, Irvine, Christine K Sorensen, & Walker, David. (2018). *Introduction to research in education*: Cengage Learning.
- Befring, Edvard. (2015). *Forskningsmetoder i utdanningsvitenskap*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Boesen, Jesper, Lithner, Johan, & Palm, Torulf (2016). Assessing mathematical competencies: an analysis of Swedish national mathematics tests. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(1), 109-124.
- Bratberg, Øivind. (2017). *Tekstanalyse for samfunnsvitere* (2 utg.). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Cohen, Louis, Manion, Lawrence, & Morrison, Keith. (2011). *Research methods in education* (7 utg.). London: Routledge.
- Dolin, Jens (2002). *Fysikfaget i forandring*. (Danish only) PhD thesis), Roskilde University, Denmark.
- Everett, E. L., & Furseth, I. (2012). Lettere sagt enn gjort - å utforme et metodisk opplegg for oppgaven. I E. L. Everett & I. Furseth (Red.), *Masteroppgaven. Hvordan begynne og fullføre* (s. 127-144). Oslo: Universitetsforlaget.
- Fleiss, Joseph L, Cohen, Jacob, & Everitt, Brian S. (1969). Large sample standard errors of kappa and weighted kappa. *Psychological Bulletin*, 72(5), 323-327.
- Gingras, Yves. (2001). What did mathematics do to physics? *History of science*, 39(4), 383-416.
- Grønmo, Liv Sissel, & Hole, Arne. (2017). *Prioritering og progresjon i skolematematikken: En nøkkel til å lykkes i realfag. Analyser av TIMMS Advanced og andre internasjonale studier*: Cappelen Damm Akademisk/NOASP (Nordic Open Access Scholarly Publishing).
- Grønmo, Liv Sissel, Hole, Arne, & Onstad, Torgeir. (2017). Ett skritt fram og ett tilbake: TIMSS Advanced 2015: Matematikk og fysikk i videregående skole.

- Grønmo, Sigmund. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Hjardemaal, Finn. (2014). Vitenskapsteori. I Thor Arnfinn Kleven, Finn Hjardemaal & Knut Tveit (Red.), *Innføring i pedagogisk forskningsmetode. En hjelp til kritisk tolking og vurdering* (2 utg., s. 179-202). Bergen: Fagbokforlaget.
- Hole, Arne, & Grønmo, Liv Sissel. (2019). Fysikken i TIMSS Advanced og utviklingen av norske læreplaner. I Arne Hole & Liv Sissel Grønmo (Red.), *Fysikk i norsk skole over 20 år (foreløpig tittel)*. Oslo: Cappelen Damm Akdamisk.
- Johnson, B. R. (2013). Validity of Research Results in Quantitative, Qualitative and Mixed Research. I B. R. Johnson & L. Christensen (Red.), *Educational Research: Quantitative, Qualitative and Mixed Approaches* (s. 277-316). Los Angeles: Sage.
- Kanderakis, Nikos. (2016). The Mathematics of High School Physics. *Science Education*, 25(7-8), 837-868.
- Kilpatrick, Jeremy. (2014). Competency frameworks in mathematics education. I *Encyclopedia of mathematics education* (s. 85-87): Springer.
- Kleven, Thor Arnfinn. (2014). Data og datainnsmalingsmetoder. I Thor Arnfinn Kleven, Finn Hjardemaal & Knut Tveit (Red.), *Innføring i pedagogisk forskningsmetode* (Vol. 2, s. 27-47). Bergen: Fagbokforlaget.
- KUD. (1976). *Læreplan for den videregående skole. Del 3a: Studieretning for allmenne fag 1976*. Lastet ned fra https://www.nb.no/items/URN:NBN:no-nb_digibok_2014081207075.
- KUD. (1985). *Læreplan for den videregående skole - Del 3 a: Studieretning for allmenne fag 1985*. Lastet ned fra https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2017052207167.
- KUF. (1992). *Læreplan for den videregående skole - Del 3a: Studieretning for allmenne fag*.
- KUF. (1994). *R94*. Lastet ned fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/utgatt-lareplanverk-for-vgo-r94/>.
- Landis, J Richard, & Koch, Gary G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 159-174.
- Larsen, Ann Kristin. (2017). *En enklere metode. Veiledning i samfunnsvitenskapelig metode* (2 utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Lawrenz, Frances, Wood, Nathan B, Kirchhoff, Allison, Kim, Nam Keol, & Eisenkraft, Arthur. (2009). Variables affecting physics achievement. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(9), 961-976.

- Lie, Svein, Angell, Carl, & Rohatgi, Anubha. (2010). Fysikk i fritt fall. *TIMSS Advanced i videregående skole*.
- Lithner, Johan. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 67(3), 255-276.
- Lithner, Johan, Bergqvist, Ewa, Bergqvist, Tomas, Boesen, Jesper, Palm, Torulf, & Palmberg, Björn. (2010). *Mathematical competencies: A research framework*. Paper presentert ved The seventh mathematics education research seminar, Stockholm, January 26-27, 2010.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., & Hooper, M. (red.). (2016). *Methods and procedures in TIMSS Advanced 2015*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College Lastet ned fra <https://timss.bc.edu/isc/publications.html>.
- McHugh, Mary L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia medica: Biochemia medica*, 22(3), 276-282.
- Meltzer, David E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American journal of physics*, 70(12), 1259-1268.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS Advanced 2015 International Results in Advanced Mathematics and Physics*.: Lastet ned fra <https://timss.bc.edu/isc/publications.html>.
- Mullis, I. V. S., Martin, M., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzales, E. J., & O'Connor, K. M. (2003). *TIMSS: Assessment frameworks and specifications 2003*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Nesse, Terje, & Mofoss, Terje. (1995). *3FY - Eksamenoppgaver med besvarelser i fysikk*. Bergen: Eksamensforlaget.
- Nilsen, Trude, Angell, Carl, & Grønmo, Liv Sissel. (2013). Mathematical competencies and the role of mathematics in physics education: A trend analysis of TIMSS Advanced 1995 and 2008. *Acta Didactica Norge*, 7(1), (Art. 6, 21 sider).
- Niss, Mogens, Bruder, Regina, Planas, Núria, Turner, Ross, & Villa-Ochoa, Jhony Alexander. (2017). *Conceptualisation of the Role of Competencies, Knowing and Knowledge in Mathematics Education Research*. Paper presentert ved Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education.

- Niss, Mogens, & Jensen, Tomas Højgaard. (2002). *Kompetencer og matematiklæring: Ideer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark* (Vol. 18): Undervisningsministeriets forlag.
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole - Fornyelse av fag og kompetanse*. Lastet ned fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/da148fec8c4a4ab88daa8b677a700292/no/pdfs/nou201520150008000dddpdfs.pdf>.
- Pettersen, Andreas, & Nortvedt, Guri A. (2017). Identifying competency demands in mathematical tasks: recognising what matters. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(5), 949-965.
- Redish, Edward F. (2006). Problem solving and the use of math in physics courses. *arXiv preprint physics/0608268*.
- Ræder, H. G. (2017). *Matematikk i fysikkoppgaver*. (Mastergradsavhandling), Universitet i Oslo, Oslo.
- Tuminaro, Jonathan. (2004). *A cognitive framework for analyzing and describing introductory students' use and understanding of mathematics in physics*.
- Uhden, Olaf, Karam, Ricardo, Pietrocola, Mauricio, & Pospiech, Gesche. (2012). Modelling mathematical reasoning in physics education. *Science Education*, 21(4), 485-506.
- Utdanningsdirektoratet. (2006a). *Læreplan i Fysikk programfag*. (FYS1-01). Lastet ned fra <https://www.udir.no/kl06/FYS1-01>.
- Utdanningsdirektoratet. (2006b). *Læreplanverket for Kunnskapsløftet*. Lastet ned fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/hvordan-er-lareplanene-bygd-opp/>.
- Utdanningsdirektoratet. (2013a). *Eksamen i Fysikk 2*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2013b). *Læreplan i matematikk fellesfag*. (MAT1-04). Lastet ned fra <https://www.udir.no/kl06/MAT1-04?lplang=http://data.udir.no/kl06/nob>.
- Utdanningsdirektoratet. (2014). *Eksamen i Fysikk 2*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2015). *Eksamen i Fysikk 2*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2016). *Eksamen i Fysikk 2*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2017). *Eksamen i Fysikk 2*. Oslo: Utdanningsdirektoratet.
- Westera, Wim. (2001). Competences in education: a confusion of tongues. *Journal of Curriculum studies*, 33(1), 75-88.