

Brage Husby Foss

## Elevers forståelse av elektrisitet

En kvantitativ tverrsnittsundersøkelse om forståelsen av elektrisitet hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune

Masteroppgave i fag- og yrkesdidaktikk og lærerprofesjon - studieretning naturfag

Veileder: Nils Kristian Rossing

Mai 2019



Brage Husby Foss

## Elevers forståelse av elektrisitet

En kvantitativ tverrsnittsundersøkelse om forståelsen av elektrisitet hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune

Masteroppgave i fag- og yrkesdidaktikk og lærerprofesjon -  
studieretning naturfag  
Veileder: Nils Kristian Rossing  
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap  
Institutt for lærerutdanning





## Sammendrag

Med denne masteroppgaven er det undersøkt hvordan den grunnleggende elektrisitetsforståelsen er, hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune. Det er benyttet kvantitative forskningsmetoder i undersøkelsen. 337 elever fra forskjellige skoler i Trondheim kommune deltok ved å gjennomføre en prøve som var laget for å undersøke deltagernes elektrisitetsforståelse. Følgende problemstilling ble besvart på bakgrunn av resultatene.

*Hvordan er den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune, og hvordan har den forandret seg de siste 30 årene?*

Problemstillingen ble brutt ned til fire forskningsspørsmål:

- Hvordan påvirker undervisning elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse?
- Finnes det en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene?
- Hvor utbredt er hverdagsforestillinger om elektrisitet hos elevene?
- Hvordan har elevenes hverdagsforestillinger utviklet seg de siste 30 årene?

For å besvare det siste forskningsspørsmålet, ble resultatene fra prøven sammenlignet med resultatene fra en undersøkelse gjennomført i 1986.

Resultatene viser at elevene på 9. trinn i Trondheim kommune har en jevnt over dårlig elektrisitetsforståelse. Det ble også observert en høy utbredelse av hverdagsforestillinger om det samme temaet. Dette gjelder for begge kjønn, samt både for de som ikke har hatt elektrisitetsundervisning på ungdomsskolen, og de som er ferdig med denne undervisningen. Det ble ikke funnet en signifikant forskjell mellom kjønnene, men resultatene tyder på at forståelsen til en viss grad øker med mer undervisning om temaet. Det ser også ut til at hverdagsforestillinger om elektrisitet er blitt mer utbredt blant elever på 9. trinn siden 80 – tallet.



## Abstract

This master thesis investigates the fundamental understanding that 9<sup>th</sup> grade students in the city of Trondheim have of electricity. Quantitative research methods are being used in the study. 337 students from different schools in Trondheim participated by taking a test designed to measure their understanding of different aspects of electricity. Based on the results, the following thesis question was answered:

*How do 9<sup>th</sup> grade students in Trondheim understand electricity, and how has this understanding changed over the past 30 years?*

The thesis question was broken down into four research questions:

- What effect does teaching have on students' understanding of electricity?
- Is there a difference in the understanding of electricity between the sexes?
- How widespread are misconceptions about electricity among students?
- How have students' misconceptions about electricity evolved over the past 30 years?

To answer the last research question, the test results were compared to a 1986 study, which several 9th grade students in Norwegian schools participated in.

The results show that 9<sup>th</sup> grade students in Trondheim have an overall poor understanding of electricity, and misconceptions about electricity were found to be very common. This applies to both sexes. It also applies to both those who have completed the relevant education at middle school, and those who have not. Furthermore, it seems that there is no difference in understanding between the sexes, although more education on the subject does to a limited extent increase understanding. Over the past three decades it seems that misconceptions about the subject has become more common.





## Forord

Denne masteroppgaven i naturfagdidaktikk ved NTNU markerer slutten på mine fem år som lærerstudent. Det har vært fem givende år der jeg har lært ekstremt mye.

Elevers elektrisitetsforståelse og hverdagsforestillinger om elektrisitet er tema jeg er spesielt interessert i. Min bacheloroppgave handlet om hvordan lærebøker kan motvirke elevers hverdagsforestillinger om elektrisitet. Jeg konkluderte der med at de bøkene jeg undersøkte ikke hadde et fokus på dette. Med denne oppgaven ønsker jeg å undersøke hvordan elevers elektrisitetsforståelse faktisk er. Deriblant hvor utbredt elevenes hverdagsforestillinger om elektrisitet er.

I løpet av det siste året har det gått med veldig mye tid på dette forskningsprosjektet. Arbeidet har vært utfordrende, men også interessant og lærerikt. Ikke bare har jeg en bedre forståelse for elevers elektrisitetsforståelse. Jeg har også fått en bedre forståelse for andre aspekter ved elevenes forståelse og læring, som er overførbare både til andre tema innenfor naturfaget, og andre fag. Det er ingen tvil om at dette arbeidet har gjort meg til en bedre lærer. Arbeidet har også ført til at jeg har fått en veldig stor respekt for all den naturfagdidaktiske forskningen som blir gjennomført hvert år.

Jeg vil takke min veileder Nils Kristian Rossing for gode og konkrete tilbakemeldinger, samt inspirasjon gjennom hele prosjektet. Jeg vil også takke Roy Even Aune ved Newton Energirom Trondheim for å gjøre datainnsamlingen mulig, og Edvard Bele Sæterbø for tegning av figurer. Til slutt vil jeg takke Norunn Holten og Inga Husby Foss for korrekturlesing av oppgaven.

Trondheim, mai 2019

Brage Husby Foss



# Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	1
1.1	Bakgrunn for valg av tema .....	1
1.2	Begreper .....	1
1.3	Om oppgaven .....	2
1.4	Problemstilling og forskningsspørsmål .....	4
1.5	Oppgavens oppbygging .....	6
2	Teori .....	7
2.1	Hverdagsforestillinger .....	7
2.2	Hverdagsforestillinger om elektrisitet .....	8
2.3	Forståelse .....	10
2.4	Tidligere forskning .....	11
3	Metode .....	19
3.1	Datainnsamling .....	19
3.2	Analyse av datasettet .....	30
3.3	Reliabilitet .....	33
3.4	Validitet .....	35
3.5	Etiske vurderinger .....	41
4	Resultat .....	43
4.1	Bakgrunnsspørsmål .....	43
4.2	Fagspørsmål .....	46
5	Analyse og diskusjon .....	61
5.1	Hvor utbredt er hverdagsforestillinger om elektrisitet hos elevene? .....	61
5.2	Hvordan påvirker undervisning elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse? .....	66
5.3	Finnes det en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene? .....	73
5.4	Hvordan har elevenes hverdagsforestillinger utviklet seg de siste 30 årene? .....	75
5.5	Problemstillingen .....	77
6	Konklusjon .....	81
6.1	Anbefalinger .....	83
6.2	Videre forskning .....	83
7	Referanseliste .....	85
8	Vedlegg .....	89
8.1	Vedlegg A - Fagspørsmålene .....	91
8.2	Vedlegg B - Rådata .....	95



## Figurer

Figur 2.4.1-a: Elevers forsøk på å koble en lyspære til et batteri. ....	11
Figur 2.4.2-a: Spørsmålstekst og svaralternativ A for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.....	13
Figur 2.4.2-b: Svaralternativ B for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.....	13
Figur 2.4.2-c: Svaralternativ C for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.....	14
Figur 2.4.2-d: Svaralternativ D for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	14
Figur 2.4.2-e: Svaralternativ E for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	14
Figur 3.1.1-a: Symbolforklaring .....	22
Figur 3.1.1-b: Figuren for spørsmålet «Strøm i lukket krets» .....	23
Figur 3.1.1-c: Figuren for spørsmålet «Generering av strøm» .....	24
Figur 3.1.1-d: Figuren for svaralternativ A for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	25
Figur 3.1.1-e: Figuren for svaralternativ B for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	25
Figur 3.1.1-f: Figuren for svaralternativ C for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	25
Figur 3.1.1-g: Figuren for svaralternativ D for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	26
Figur 3.1.1-h: Figuren for svaralternativ E for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra <i>Elever og lærere sier sin mening</i> (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget. ....	26
Figur 3.1.1-i: Figuren for hverdagsforestillingsspørsmålet .....	26
Figur 3.1.1-j: Figuren for seriekoblingsspørsmålet.....	27
Figur 3.1.1-k: Figuren for parallellkoblingsspørsmålet. ....	28
Figur 3.1.1-l: Figuren kortslutningsspørsmålet.....	29

Figur 3.1.1-m: Figuren kombinasjonsspørsmålet. ....	29
Figur 4.2.1-a: Figuren for spørsmålet «Strøm i lukket krets» .....	46
Figur 4.2.2-a: Figuren for spørsmålet «Generering av strøm» .....	47
Figur 4.2.3-a: Figuren for hverdagsforestillingsspørsmålet.....	49
Figur 4.2.4-a: Figuren for seriekoblingsspørsmålet.....	52
Figur 4.2.5-a: Figuren for parallellkoblingsspørsmålet .....	54
Figur 4.2.6-a: Figuren for kortslutningsspørsmålet .....	55
Figur 4.2.7-a: Figuren for kombinasjonsspørsmålet.....	56

## Tabeller

Tabell 4.1.1-a: Frekvenstabell for kjønn.....	44
Tabell 4.1.2-a: Frekvenstabell for undervisningsmengde.....	44
Tabell 4.1.2-b: Frekvenstabell for undervisningsmengde korrigert for frafall .....	45
Tabell 4.2.1-a: Fordelingstabell for spørsmålet «Strøm i lukket krets» .....	47
Tabell 4.2.2-a: Fordelingstabell for spørsmålet «Generering av strøm» .....	48
Tabell 4.2.3-a: Fordelingstabell for hverdagsforestillingsspørsmålet.....	49
Tabell 4.2.3-b: Korrigeringsalternativ for hverdagsforestillingsspørsmålet.....	51
Tabell 4.2.4-a: Frekvenstabell for seriekoblingsspørsmålet .....	53
Tabell 4.2.5-a: Fordelingstabell for parallellkoblingsspørsmålet .....	54
Tabell 4.2.6-a: Fordelingstabell for kortslutningsspørsmålet .....	55
Tabell 4.2.7-a: Fordelingstabell for kombinasjonsspørsmålet.....	57
Tabell 4.2.8-a: Tre forskjellige måter å summere poeng .....	58
Tabell 5.2.1-a: Krysstabell for spørsmålet «Generering av strøm» og mengde undervisning.	68
Tabell 5.2.2-a: Krysstabell for seriekoblingsspørsmålet og mengde undervisning .....	69
Tabell 5.2.3-a: Krysstabell for hverdagsforestillinger og mengde undervisning.....	70
Tabell 5.2.4-a: Korrelasjon mellom riktig svar og kjønn, for alle poenggivende spørsmål. ...	73
Tabell 5.3.1-a: Krysstabell for hverdagsforestillingsspørsmålet og kjønn .....	74
Tabell 5.3.2-a: Hverdagsforestillinger sammenlignet med resultater fra SISS .....	75





# Innledning

## 1.1 Bakgrunn for valg av tema

Læreplanen i naturfag har to kompetansemål etter 10. årstrinn som omhandler elektrisitet (Utdanningsdirektoratet, 2013), noe som tyder på at elektrisitet er et tema Utdanningsdirektoratet mener er viktig, og som det skal legges vekt på i grunnskolen. En utfordring med å lære elever om elektrisitet er at temaet er veldig abstrakt. Vi kan ikke se fenomener som spenning og strøm direkte, vi kan bare observere effekten av dem. Målet med denne studien er å undersøke hvor god forståelse elever har for elektrisitet.

Elevers grunnleggende forståelse for elektrisitet er et tema jeg er veldig interessert i. I min bacheloroppgave analyserte jeg Damms *Trigger: Elevbok naturfag 9. trinn*, for å se om læreverket hadde potensial til å påvirke elevers hverdagsforestillinger om temaet (Foss, 2017). I forbindelse med bachelorarbeidet leste jeg artikler som påsto at hverdagsforestillinger om elektrisitet er veldig vanlig hos elever. Selv om de nevnte undersøkelsene ikke var fra Norge, og ikke fra dette århundret, antok jeg likevel at de var gjeldende for norske elever på 9. trinn, altså målgruppen for læreverket. Jeg undersøkte derfor bare om læreverket kunne påvirke hverdagsforestillingene på noen måte.

Teorien som antagelsen ble basert på, var som sagt gamle studier gjennomført utenfor Norge. Det er derfor ikke sikkert at forskningen er relevant i forhold til den norske skolen i dag. I utgangspunktet hadde denne studien til mål å undersøke hvilke hverdagsforestillinger elevene på ungdomstrinnet har i dag. Over tid har prosjektet utviklet seg til å undersøke elevers grunnleggende elektrisitetsforståelse, som også inkluderer elevenes hverdagsforestillinger.

## 1.2 Begreper

Det er ikke entydig hva som legges i uttrykket grunnleggende elektrisitetsforståelse. Et av kompetansemålene som gjelder elektrisitet sier: "*Mål for opplæringen er at eleven skal kunne bruke begrepene strøm, spenning, resistans, effekt og induksjon til å forklare resultater fra forsøk med strømkretser.*" (Utdanningsdirektoratet, 2013, s. 10). Bortsett fra effekt, som ikke er blitt undersøkt i denne studien, og hverdagsforestillinger, som ikke er nevnt i kompetansemålet, dekker kompetansemålet det som blir omtalt som grunnleggende

## Innledning

elektrisitetsforståelse i denne undersøkelsen. Grunnleggende elektrisitetsforståelse er altså en vitenskapelig korrekt forståelse for strøm, spenning, resistans og induksjon.

Deltagerne i undersøkelsen besvarte forskjellige spørsmål som i hovedsak handlet om hvordan strømmen beveger seg i enkle likestrømskretser. Spørsmålene var laget for å teste elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse, og blir grundig gjennomgått i metodekapittelet (3.1.1).

Hverdagsforestillinger er et fenomen som har en mer presis definisjon. Angell et al. (2011) beskriver hverdagsforestillinger som forestillinger som ikke passer med begreper og teori som naturvitere har. Hverdagsforestillinger kommer av at personen bygger sin forståelse på personlige erfaringer, og begrenset teoretisk forståelse av situasjonen. Ofte er teorigrunlaget antagelsene er basert på, overført fra andre situasjoner, og derfor ikke egnet for å analysere den aktuelle situasjonen. Dette kan føre til ukorrekte konklusjoner.

Hverdagsforestillingene stemmer per definisjon ikke overens med naturvitenskapelige teorier og begrep, men kan likevel være delvis korrekte. Dette betyr at man også kan få rett svar på oppgaver, selv om man ikke har tenkt helt rett. Hverdagsforestillinger er derfor vanskelig å oppdage, både for individet selv og andre. Siden hverdagsforestillingene er basert på tidligere erfaringer og misvisende teorigrunnlag hos individet, virker det logisk og intuitiv for dem. Noe som ofte gjør dem vanskelig å endre, til og med om man er klar over at de finnes (Angell et al., 2011).

### 1.3 Om oppgaven

Utenfor Norge er det gjort mye forskning på elever og studenters elektrisitetsforståelse. Selv om det finnes unntak (Azaiza, Varda, Awad & Khalil, 2012) er det en trend som tyder på at elevene har en generell lav elektrisitetsforståelse, og flere hverdagsforestillinger om det samme temaet (Kokkonen & Mäntylä, 2018; Leniz, Zuza & Guiasola, 2017; McDermott & Shaffer, 1992; Osborne, 1983; Shipstone, 1984; Shipstone et al., 1988; Stetzer, van Kampen, Shaffer & McDermott, 2013). Det er på grunn av dette at jeg i forbindelse med bachelorarbeidet antok at trenden også gjaldt for elever i Norge. Med denne undersøkelsen er det ønskelig å finne ut om denne antagelsen var korrekt ved å faktisk undersøke elektrisitetsforståelsen hos elever i norsk grunnskole i dag.

I fjor leverte Morten-Andre Olsen en masteroppgave som handlet om nettopp dette (Olsen,

2018). Han undersøkte elevens forståelse for enkle likestrømskretser, og hvordan denne forståelsen endret seg med elevenes alder. Dette var en kombinasjon av en kvalitativ og kvantitativ studie der han undersøkte forståelsen hos elever fra 5. trinn, 7. trinn, 9. trinn og Vg1. Datamaterialet bestod av kvantitative resultater fra en emneprøve, og kvalitative data fra intervju med utvalgte elever fra hvert av trinnene. Dette er en studie som har vært til stor inspirasjon i utviklingen av denne undersøkelsen. Deltagerne i denne studien besvarte mange av de samme spørsmålene som Olsen (2018) brukte i sin studie. Hvorfor dette ble gjort, blir diskutert i kapittel 3.1.1. Denne studien er en ren kvantitativ undersøkelse med data innsamlet fra en spørreundersøkelse.

Selv om det finnes likheter mellom denne undersøkelsen og Olsen (2018) sin, er det også noen vesentlige forskjeller. For det første er denne oppgaven mer begrenset i tid og rom. Den forsøker bare å få et innblikk i elektrisitetsforståelsen hos elevene på 9. trinn, og ikke utviklingen i forståelsen over tid. I tillegg er bare elever i Trondheim kommune undersøkt. Alle informantene til Olsen (2018) er fra et tettsted i Midt-Norge. Selv om grunnskoleutdanningen i Norge er relativ lik over hele landet, er det en viktig forskjell mellom Trondheim kommune og kommunen Olsen (2018) samlet data i. Trondheim kommune, i samarbeid med Vitensenteret i Trondheim, eier og drifter et Newtonrom med navn Newton Energirom Trondheim. Newtonrommet har et undervisningsopplegg som alle skoleelevene i kommunen skal delta på i løpet av 9. trinn. Det betyr at deltagerne i denne studien har noe annen bakgrunn enn elevene i studien til Olsen (2018).

Når elevene kommer på Newtonrommet har de forskjellig grad av forkunnskaper. Noen har ikke hatt noe undervisning om elektrisitet på skolen på forhånd, mens andre bruker Newtonrommet som en del av undervisningen. Det vil si at de har startet med temaet på skolen før besøket, og avslutter temaet i etterkant. De fleste har derimot ikke startet med temaet før besøket. Et av spørsmålene i spørreundersøkelsen ser på hvor langt eleven har kommet i elektrisitetslæren på skolen før de besøkte Newtonrommet. I tillegg er det verdt å nevne at Newtonrommets undervisning ikke legger mye vekt på kretsforståelse.

For å få en bedre forståelse for hvordan undervisningen på Newtonrommet kan påvirke elevenes elektrisitetsforståelse, er det ønskelig å gi en beskrivelse av undervisningsopplegget der. Undervisningen på Newton Energirom Trondheim har tidligere blitt beskrevet i flere mastergradsavhandlinger. Denne beskrivelsen er basert på Overå (2010) og Sæther (2015) sin beskrivelse av undervisningsopplegget. Som nevnt tidligere er Newton Energirom Trondheim

## Innledning

rettet mot 9. trinnselever i Trondheim kommune. Undervisningsopplegget handler om energi, og er tredelt med et forarbeid på skolen, to dager undervisning på Newtonrommet, og til slutt et etterarbeid på skolen.

På Newtonrommet er begrepene energi, energikilde og energibærer sentrale. Den første undervisningsøkten handler om energioverføring mellom potensiell og kinetisk energi. Den andre økten er høyst interessant for denne oppgaven. Denne handler om generering av strøm. Økten er todelt, med en teoretisk del etterfulgt av en praktisk oppgave. I den teoretiske gjennomgangen blir elevene forklart hva magneter og spoler er, og hvordan en magnet kan indukere strøm i en krets. Elevene får deretter selv prøve å genere strøm med forskjellige magneter og spoler. Dette er den eneste undervisningsøkten som omhandler grunnleggende deler av elektrisitet. Fokuset ligger på hvordan en generator produserer strøm. Dette er en viktig forkunnskap for resten av opplegget på Newtonrommet. Resten av undervisningen handler om forskjellige måter å generere strøm. Effekt, som er utenfor denne oppgavens omfang, blir også gjennomgått i den siste delen av undervisningen.

I tillegg til undervisningsopplegget på Newtonrommet vil som sagt klassenes lærere gjennomføre et for- og etterarbeid med elevene. I forbindelse med etterarbeidet på skolene kan lærerne velge å benytte seg av en nettbasert emneprøve som er utviklet for dette formålet. Emneprøven tester elevene på det Newtonrommet har gjennomgått i undervisningen. Det er gjennom denne emneprøven at datainnsamlingen for denne undersøkelsen har foregått, ved at undersøkelsens spørsmål ble lagt til prøven. Dette betyr at alle elevene som har deltatt i dette prosjektet, på forhånd har deltatt på undervisningsopplegget på Newtonrommet.

### **1.4 Problemstilling og forskningsspørsmål**

Som sagt er det den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på ungdomstrinnet som skal utforskes i denne studien. Siden datainnsamlingen har foregått på Newton Energirom Trondheim, er det bare 9. trinnselever fra Trondheim kommune som har deltatt på undersøkelsen. Det er derfor naturlig å begrense studiens omfang til å omhandle disse elevene. Problemstillingen er derfor:

*Hvordan er den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune, og hvordan har den forandret seg de siste 30 årene?*

Problemstillingen er sammensatt, og ganske vid. For å lettere kunne besvare den er det utviklet fire forskningsspørsmål som tar for seg forskjellige aspekter av problemstillingen, og som til sammen vil kunne svare på problemstillingen på en grundig måte:

- Hvordan påvirker undervisning elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse?
- Finnes det en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene?
- Hvor utbredt er hverdagsforestillinger om elektrisitet hos elevene?
- Hvordan har elevenes hverdagsforestillinger utviklet seg de siste 30 årene?

Det første forskningsspørsmålet skal besvares ved å sammenligne resultatene fra emneprøven til elever som er på forskjellige plasser i utdanningen. Forskjellen mellom prestasjonen til elevene som ikke har hatt elektrisitetsundervisning før de besvarte prøven, og elevene som er ferdig med undervisningen, vil gi et innblikk i hvordan undervisningen påvirker elevenes forståelse for temaet.

Det neste forskningsspørsmålet skal besvares på lignende måte som det første. Ved å se om det finnes en forskjell mellom gutter og jenters prestasjon på prøven, kan man se om det finnes en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene.

Et av spørsmålene i spørreskjemaet ble laget for å undersøke hvilke hverdagsforestillinger elevene anvender. I tillegg finnes det forskjellige svaralternativer på andre spørsmål som kan avsløre om eleven har anvendt en hverdagsforestilling for å løse problemet. Målet er å kunne avgjøre hvilke hverdagsforestillinger elevene anvender, og dermed også utbredelsen av de forskjellige hverdagsforestillingene ved å se på hvordan elevene har svart på de forskjellige spørsmålene.

Det siste spørsmålet skal besvares ved å sammenligne resultatene fra denne studien, med resultater fra undersøkelser som ble gjennomført på 80-tallet. Det ble gjennomført veldig mange undersøkelser om elevers hverdagsforestillinger og forståelse på elektrisitet på denne tiden. Siden utdanningssystemet har forandret seg mye siden da, er det interessant å se om elevenes forståelse for temaet også har gjort det.

## 1.5 Oppgavens oppbygging

Oppgaven er oppbygd av fem hovedkapitler. Det første er innledning, som har til mål å introdusere undersøkelsen.

Neste kapittel er teorikapittelet. Dette kapittelet vil først presentere teori som er relevant for å besvare problemstillingen. Dette inkluderer en presentasjon av forskjellige typer hverdagsforestillinger om elektrisitet, samt en gjennomgang av forskjellige typer forståelse. Videre skal det presenteres tidligere forskning som er gjort på feltet.

Metodekapittelet er det tredje kapittelet. I dette kapittelet blir datainnsamlingen gjennomgått, samt en beskrivelse av hvordan datasettet ble analysert. Hvordan undersøkelsens validitet og reliabilitet ble sikret, er også en viktig del av kapittelet. Det avsluttes med en drøfting av de etiske vurderingene som er gjort i forbindelse med undersøkelsen.

Det fjerde kapittelet vil presentere resultatene fra undersøkelsen. Der blir frekvensfordelingen for hver variabel presentert, samt en gjennomgang av behandling av frafall for å sikre variablenes validitet. Kapittelet er todelt, der bakgrunnsspørsmålene blir presentert først, etterfulgt av fagspørsmålene fra prøven.

Videre skal datasettene analyseres i analyse- og diskusjonskapittelet. Dette kapittelet er oppdelt i fem deler: En del for hvert av de fire forskningsspørsmålene og en del for problemstillingen. I hvert underkapittel blir et spørsmål besvart etter en drøfting av resultatene fra de forskjellige analysene som er gjennomført, og den relevante teorien fra teorikapittelet.

Det siste kapittelet er konklusjonskapittelet. I dette kapittelet blir oppgaven oppsummert og en konklusjon av problemstillingen blir også presentert. Anbefalinger i forhold til elektrisitetsundervisning, samt forslag til videre forskning blir også drøftet.

Deltagerne besvarte blant annet spørsmål om forskjellige kretser. Det blir referert til disse kretsene flere ganger i løpet av oppgaven, men de er ikke alltid avbildet. Det første vedlegget i oppgaven inneholder en oversikt over alle fagspørsmålene, med tilhørende figur og svaralternativ. Det kan derfor være greit å benytte vedlegget for å raskt kunne se hvilken krets det snakkes om. I det andre og siste vedlegget finnes datasettet som er analysert i denne oppgaven. Dette er lagt ved slik det er mulig å ettergå mine funn, eller bruke datasettet i andre forskningsprosjekt.

## 2 Teori

I dette kapitlet skal undersøkelsen forankres i en teoretisk kontekst. Det blir gjennomgått tidligere forskning om elevers forståelse for elektrisitet, samt relevant didaktisk teori knyttet til det samme temaet.

### 2.1 Hverdagsforestillinger

Sjøberg (2009) forteller at både barn og voksne tolker virkeligheten ved hjelp av et sett med forestillinger. Disse forestillingene blir hele tiden prøvd mot virkeligheten, og utvikler seg med nye erfaringer. De blir derfor bedre og bedre til å forklare den virkeligheten vi befinner oss i. Når vi gang på gang opplever at våre forestillinger samsvarer med virkeligheten blir vi over tid overbevist om at de beskriver virkeligheten på en nøyaktig måte. Dette gjør at forestillingene med tiden blir veldig standhaftige. Men selv om forestillingene gir individet en tilfredsstillende forklaring på virkeligheten, betyr ikke dette at forestillingene er i tråd med vitenskapelige forklaringer. Siden vi bygger vår forståelse gjennom personlige erfaringer, og ofte begrenset teoretisk forståelse av situasjonen, kan forestillingene avvike fra det som anses som vitenskapelig korrekt (Angell et al., 2011).

I tillegg er det vanskelig å oppdage at man har en forestilling som ikke samsvarer med vitenskapen. Dette kommer av at forestillingene fungerer bra i de aller fleste sammenhenger. Man opplever derfor aldri den indre konflikten som er nødvendig for å innse at noe ikke stemmer. Men til og med om man er klar over at man har en forestilling som ikke er korrekt, kan den være så standhaftig at den likevel er vanskelig å endre (Angell et al., 2011; Chiu & Lin, 2005; Jaakkola, Nurmi & Veermans, 2011; Sjøberg, 2009).

Det finnes mange begreper for dette fenomenet. På engelsk brukes ofte *misconceptions*, men også *alternative framework*, *alternative conceptions* og *student ideas* er mye brukt (Angell et al., 2011; Sjøberg, 2009). Norske begreper inkluderer *alternative forestillinger* og *intuitive ideer* (Angell et al., 2011). Men det ser ut som at det begrepet som er mest brukt i norsk litteratur, er *hverdagsforestillinger*. Blant annet bruker både Angell et al. (2011) og Sjøberg (2009) dette begrepet. I tillegg tydeliggjør begrepet at forestillingene virker bra i hverdagen.



## 2.2 Hverdagsforestillinger om elektrisitet

Hverdagsforestillinger finnes om alle naturvitenskapelige tema, men for denne oppgaven er det hverdagsforestillinger om elektrisitet som er relevant. På grunn av dette vil ofte hverdagsforestillinger om elektrisitet bare bli omtalt som hverdagsforestillinger. Hverdagsforestillingene som det fokuseres på i denne undersøkelsen, handler om hvordan strøm beveger seg i veldig enkle likestrømskretser, med bare ett batteri og et fåtall lyspærer. I så enkle kretser er det ikke så mye å misforstå. Det er derfor ikke så veldig mange hverdagsforestillinger som kan oppstå. I dette kapitlet blir de relevante hverdagsforestillingene for denne undersøkelsen presentert.

### 2.2.1 Osbornes tre hverdagsforestillinger

Roger Osborne var en av de første som begynte å undersøke elevers hverdagsforestillinger om elektrisitet. Osborne (1983) så på hvordan elever mente at strømmen beveget seg i en enkel likestrømskrets med ett batteri og én lyspære. Han beskrev fire forskjellige mentale modeller elever anvendte for å beskrive hvordan strøm oppfører seg i en slik krets. En av disse fire modellene var den vitenskapelig korrekte modellen, mens de tre andre modellene var tre forskjellige hverdagsforestillinger. Han intervjuet 39 elever i alderen 8-12 år, og tilskrev en av de fire modellene til hver av elevene ut i fra forklaringen de gav på hvordan strømmen beveget seg i kretsen. Hvordan elevene fordelte seg mellom hverdagsforestillingene, blir beskrevet i delkapitlet om tidligere forskning. I dette delkapitlet blir de ulike hverdagsforestillingene Osborne (1983) fant, presentert.

#### 2.2.1.1 Strømforbruksmodellen

En av hverdagsforestillingene er den han kalte «*Less current in return path*». I denne undersøkelsen vil det norske begrepet Angell et al. (2011) bruker for denne hverdagsforestillingen bli brukt. De kaller den for strømforbruksmodellen. Elevene som anvender denne modellen, tenker at noe eller alt av strømmen blir oppbrukt i kretsen. Denne tankegangen strider med Kirchhoffs første lov som medfører at strømmen er bevart i kretsen (Callin, Pålsgård, Stadsnes & Tellefsen, 2007). Det kommer altså like mye strøm tilbake til batteriet

som det går ut, og derfor også like mye strøm inn i lyspæren som det kommer ut. Det kan være naturlig å tenke at strømmen blir oppbrukt siden det blir utført et arbeid, men det kommer altså like mange elektroner tilbake til batteriet som det går ut. Arbeidet som blir utført, er et resultat av at elektronene mister energi. Spenning er et mål på elektroners potensielle energi i det elektriske feltet. Når de kommer tilbake til batteriet, er den tilgjengelige energien til elektronene blitt omgjort til en annen form for energi, ofte varme.

### 2.2.1.2 En-pol-modellen

Osborne (1983) gav også elevene en praktisk oppgave der de skulle koble en lyspære til et batteri. Han fant at mange forsøkte å koble opp lyspæren på en måte som antydte at de anvendte modellen han kalte «*No current in return path*». Angell et al. (2011) kaller denne hverdagsforestillingen for en-pol-modellen. En-pol-modellen går ut på at det holder å koble den ene batteripolen til en av polene på lyspæren for å få pæren til å lyse. Dette er på grunn av at lyspæren antas å bruke opp all strømmen den får fra batteriet, og behøver derfor ikke en ledning for returstrømmen. Det vil si at strømforbruksmodellen er innbakt i denne forestillingen. Angell et al. (2011) mener at denne hverdagsforestillingen blir bekreftet i hverdagen fordi all erfaring i dagliglivet synes å bekrefte at det kun går en ledning mellom stikkkontakten og lampen. PCer, telefoner og støvsuger synes alle å bli tilført strøm gjennom én ledning. Hvis man ikke er klar over at ledningene har flere ledere er det nærliggende å tro at strømmen ikke behøver en returledning.

### 2.2.1.3 Kollisjonsmodellen

Den siste hverdagsforestillingen Osborne (1983) fant var den han kalte «*Clashing current model*». For denne modellen vil begrepet «*kollisjonsmodellen*» bli benyttet. Dette er også en norsk oversettelse som er hentet fra Angell et al. (2011). Elever som anvender kollisjonsmodellen, tror at det kommer strøm fra begge batteripolene, og at denne strømmen kolliderer i lyspæren. Siden begge lederne fører strøm til lyspæren, kommer det ingen strøm tilbake. Strømmen må derfor ha blitt oppbrukt i lyspæren, noe som vil si at også denne hverdagsforestillingen inneholder strømforbruksmodellen.

## 2.3 Forståelse

Skemp (1978) skiller mellom to forskjellige måter å forstå noe. Den første måten er det han kaller relasjonell forståelse. Dette er den typen forståelse som kanskje de fleste legger i begrepet forståelse. Hvis man har en relasjonell forståelse for utregning av areal, forstår man hvorfor lengden multiplisert med bredde resulterer i rektangelets areal. Instrumentell forståelse er når man anvender formler eller regler uten å vite hvorfor (Skemp, 1978). Flytte-bytte-regelen i algebra er en regel som mange anvender uten å forstå hvorfor den virker.

Skemp (1978) forteller at ett av problemene med instrumentell forståelse er at det krever at man må huske mange regler. Han trekker fram et eksempel der elever ble spurt om arealet av et rektangel, der lengden på sidene ble oppgitt i forskjellige målenheter. Elevene oppga produktet av måltallene som arealet, og valgte vilkårlig en av målenhetene til sidene som målenhet for arealet. Regelen de på forhånd hadde lært om at produktet av sidene i et rektangel tilsvarer arealet, var ikke tilstrekkelig i denne situasjonen. For å kunne løse dette problemet måtte enda flere regler læres. Med en relasjonell forståelse kan man i større grad løse problemer man ikke har møtt på før (Skemp, 1978). Ifølge Ludvigsen-utvalget vil man gjennom å gradvis utvikle sin forståelse av begreper og sammenhenger innenfor fagområdet utvikle en relasjonell forståelse for fagområdet (NOU 2014:7).

Når det snakkes om forståelse i denne oppgaven er det en relasjonell forståelse det menes. Det vil si at målet er å undersøke elevenes relasjonelle elektrisitetsforståelse. Som nevnt tidligere er det meget mulig å svare korrekt på spørsmål med en instrumentell forståelse. Det er derfor vanskelig å skille mellom en relasjonell og instrumentell forståelse ved hjelp av en spørreundersøkelse. Målet med å undersøke elevenes hverdagsforestillinger er å få et bedre innblikk i elevenes forståelse. Hverdagsforestillinger kan som sagt oppstå når man forsøker å løse problemer og oppgaver i nye sammenhenger, uten at den gamle forståelsen er overførbart til den nye situasjonen (Angell et al., 2011). Ludvigsen-utvalget mener at man ved en relasjonell forståelse for et tema vil lykkes bedre med å overføre kunnskap mellom fagområder (NOU 2014:7). Jeg mener derfor at om man ikke anvender hverdagsforestillinger om et tema, kan dette tyde på en relasjonell forståelse for det samme temaet.

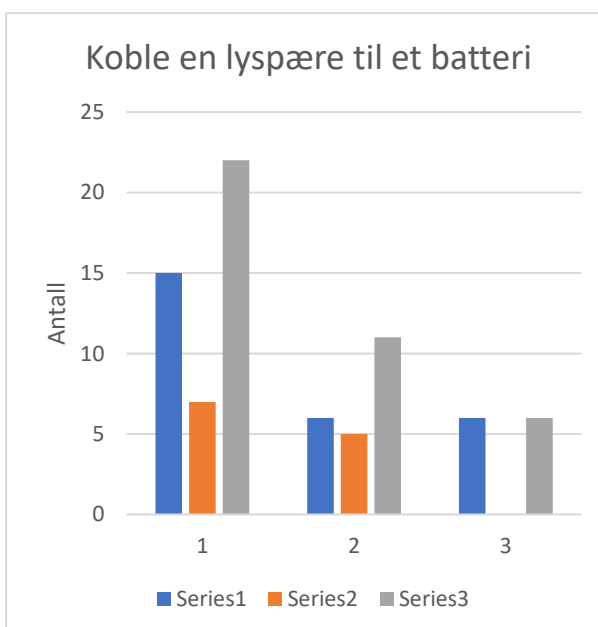
## 2.4 Tidligere forskning

Det er gjort mye forskning på elevers elektrisitetsforståelse, og hverdagsforestillinger om det samme temaet. I motsetning til denne undersøkelsen er de fleste undersøkelsene kvalitative med få deltagere, og gjennomført utenfor Norge. I dette kapittelet skal et utvalg av den tidligere forskningen som er gjort på elevers elektrisitetsforståelse presenteres. Siden det finnes så mye forskning på feltet, er det bare en liten del av det totale volumet som blir gjennomgått. Undersøkelser som er gjort på norske elever, vil være hovedfokuset i dette kapitelet, men det vil også bli presentert noen utvalgte prosjekter som ble gjennomført tidlig i utforskningen av temaet.

### 2.4.1 Osborne (1983)

Osborne (1983) intervjuet en gruppe elever for å finne ut hvor utbredt hverdagsforestillingene som ble gjennomgått i kapittel 2.2.1 er. Han fant at av de 39 elevene han intervjuet gav 5 elever en forklaring som tydet på at de brukte strømforbruksmodellen. På dette lille utvalget fant han altså at 13% hadde hverdagsforestillingen strømforbruksmodellen.

For å teste for en-pols-modellen gav Osborne (1983) elevene en praktisk oppgave der de skulle koble en lyspære til et batteri. Figur 2.4.1-a viser resultatene fra denne oppgaven: 22 av elevene koblet lyspæren til batteriet på en måte som antydte at de brukte en-pols-modellen. 11 elever kortsluttet batteriet, og plasserte lyspæren på det Osborne (1983) beskriver som en tilsynelatende vilkårlig plass. 6 elever koblet opp kretsen på en fungerende måte på første forsøk. Selv om Osborne (1983) ikke fant noen logikk bak plasseringen av lyspærene i de kortsluttede kretsene, sier han at mange av løsningsforslagene var kompatibel med kollisjonsmodellen.



Figur 2.4.1-a: Elevers forsøk på å koble en lyspære til et batteri.

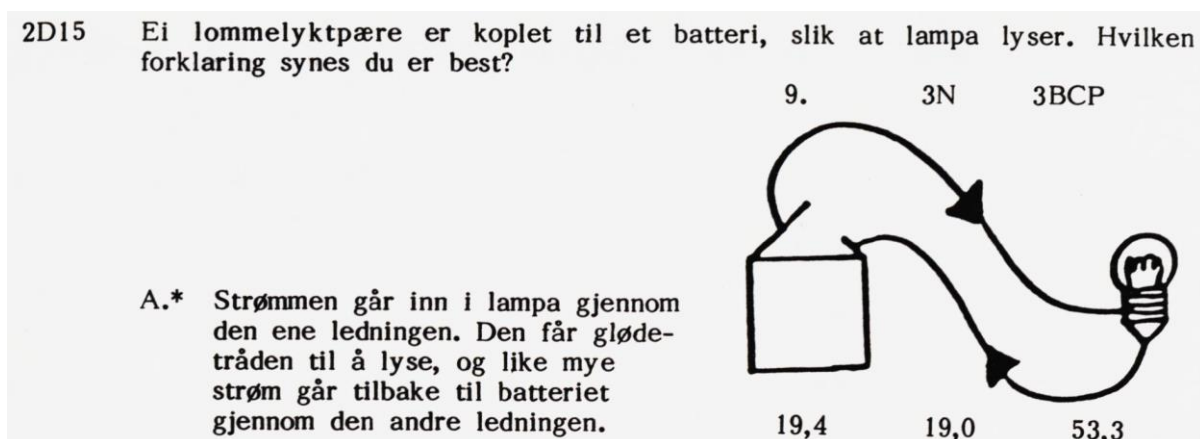
Til slutt har vi de elevene som etter intervjuet ble tilskrevet kollisjonsmodellen. Dette var hele 17 av 39 elever. Med 44% oppslutning var dette den mest anvendte modellen av de fire Osborne (1983) undersøkte (Strømforbruksmodellen, kollisjonsmodellen, en-pols-modellen og den vitenskapelig korrekte modellen). Dette var altså den mest anvendte hverdagsforestillingen i hans undersøkelse. 28,2% kan også ha anvendt kollisjonsmodellen da de kortsluttet batteriet.

### **2.4.2 The Second International Science Study**

*The Second International Science Study* (SISS) var en internasjonal undersøkelse gjennomført av *The International Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA) mellom 1984 og 1986. Målet med studien var å kartlegge forståelsen av 57 forskjellige naturfagtema hos elever i tre forskjellige årstrinn fra 25 forskjellige nasjoner, deriblant forståelsen for forskjellige elektrisitetstema hos elever på 9. trinn i Norge (IEA, 1988). For hver nasjon ble det skrevet en rapport som oppsummerte resultatene for den aktuelle nasjonen. Den norske rapporten ble skrevet av Svein Sjøberg (1986). Ett av spørsmålene er veldig relevant for denne oppgaven, og blir derfor presentert i dette kapitlet. Resultatene er hentet fra rapporten til Sjøberg (1986), da denne bare inneholdte de norske resultatene, og var mer oversiktlig enn rapporten til IEA (1988).

#### *2.4.2.1 Spørsmål 2D15 fra SISS*

Som sagt er spørsmål 2D15 (figur 2.4.2-a) høyst aktuell for denne undersøkelsen da det kartlegger hverdagsforestillinger hos norske 9. trinnselever. Dette er den samme gruppen som denne undersøkelsen skal kartlegge de samme hverdagsforestillingene hos, 30 år senere. Som nevnt tidligere er hverdagsforestillinger en viktig faktor å ta i betraktning når man skal beskrive elevens forståelse for et tema. Med dette spørsmålet var det forsøkt å avdekke hos elevene de samme hverdagsforestillingene som Osborne (1983) fant i sin undersøkelse.



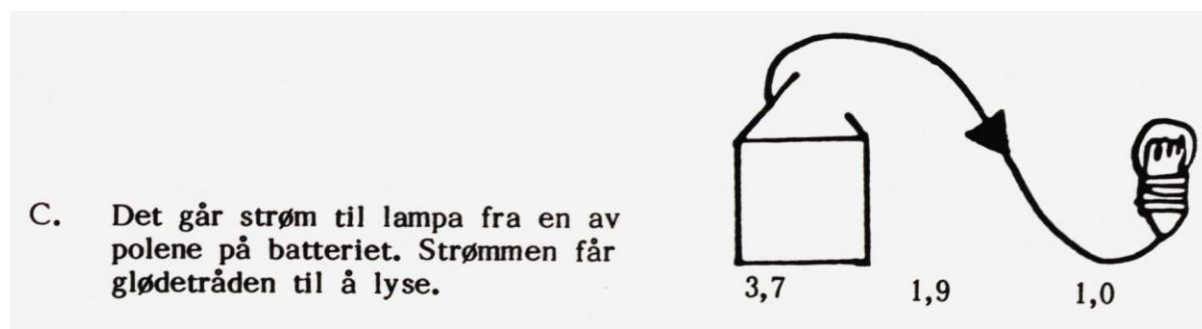
Figur 2.4.2-a: Spørsmålstekst og svaralternativ A for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra *Elever og lærere sier sin mening* (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Alternativ A representerer den vitenskapelig korrekte modellen. Under kretsen finnes tre tall som viser hvor stor prosentandel av de forskjellige gruppene i undersøkelsen som besvarte de forskjellige alternativene. Det første tallet er det som er mest relevant for denne undersøkelsen, da det representerer elever på 9. trinn. Tallet i midten viser Vg-3 elever som ikke har valgt fordypning i realfag, og det siste tallet er Vg-3 elever som har valgt realfagsfordypning. For elevene på 9. trinn var det 19,4% som svarte det korrekte svaralternativet.



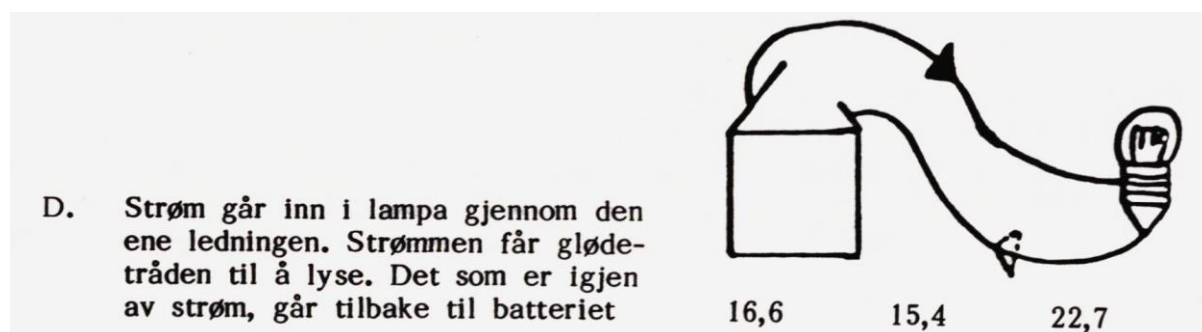
Figur 2.4.2-b: Svaralternativ B for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra *Elever og lærere sier sin mening* (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Alternativ B (figur 2.4.2-b) representerer kollisjonsmodellen. Av elevene på 9. trinn kan det se ut som at 42,6% har anvendt kollisjonsmodellen.



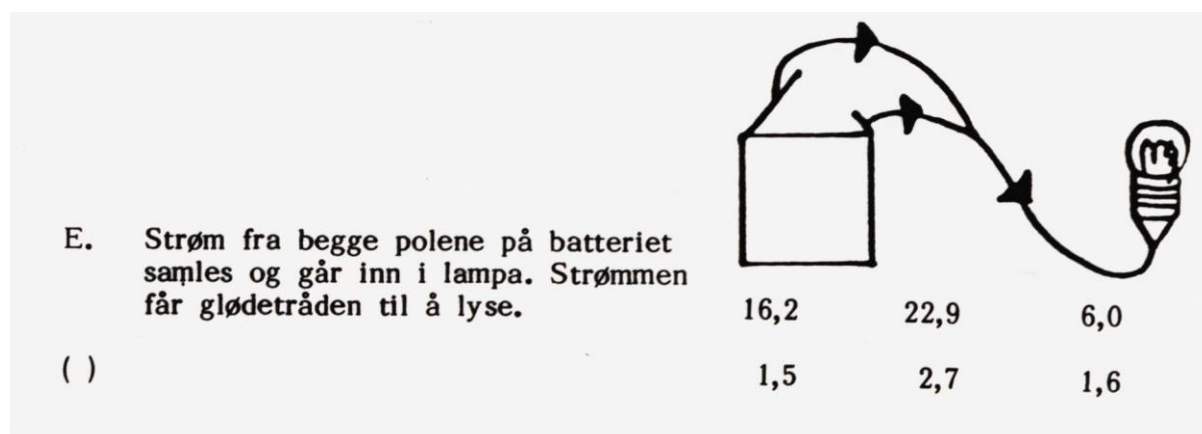
Figur 2.4.2-c: Svaralternativ C for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra *Elever og lærere sier sin mening* (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Svaralternativ C (figur 2.4.2-c), som tyder på en-pols-modellen hadde en oppslutning på bare 3,7% av 9. trinnselevene.



Figur 2.4.2-d: Svaralternativ D for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra *Elever og lærere sier sin mening* (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Svaralternativ D (figur 2.4.2-d) representerer strømforbruksmodellen. Resultatene tyder på at 16,6% av elevene på 9. trinn anvendte denne hverdagsforestillingen.



Figur 2.4.2-e: Svaralternativ E for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra *Elever og lærere sier sin mening* (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Det siste alternativet, E (figur 2.4.2-e), kan muligens anses å inneholde alle tre hverdagsforestillingene til Osborne (1983). Den inneholder en-pols-modellen, da bare den ene polen på lyspæren er koblet til batteriet, kollisjonsmodellen, siden strømmen fra batteripolene kolliderer i ledningen før de går inn i lyspæren og strømforbruksmodellen, på grunn av at ingen strøm kommer tilbake til batteriet igjen. Som nevnt tidligere må nødvendigvis en elev som tenker med en-pols-modellen eller kollisjonsmodellen også anvende strømforbruksmodellen, da ingen av de tidligere nevnte hverdagsforestillingene tillater retur av strøm til batteriet. 16,2% av 9. trinnselevne valgte dette alternativet. Den nederste raden med tall viser hvor stor prosentandel som ikke besvarte spørsmålet. Dette gjelder 1,5% av elevene på 9. trinn.

Vi kan se at alternativ B, som kan tyde på at elevene bruker kollisjonsmodellen, er det hyppigst valgte alternativet. God oppslutning hadde også svaralternativ D (strømforbruksmodellen) og E (alle), mens C (en-pols-modellen) hadde lavest oppslutning. A, som er den korrekte beskrivelsen, hadde en oppslutning på 19,4%. Det vil si at bare hver femte elev anvendte den vitenskapelig korrekte modellen.

### 2.4.3 Olsen (2018)

Olsen (2018) undersøkte forståelsen for elektriske kretser hos elever på fire forskjellige årstrinn i Norge for å se hvordan forståelsen utviklet seg med alderen, og ved undervisning. Han undersøkte også elevenes hverdagsforestillinger. I forhold til denne undersøkelsen er to av gruppene relevante. Den ene er elevene fra 9. trinn, og den andre er Vg1-elever. Ingen av 9. trinnselevne til Olsen (2018) hadde fått elektrisitetsundervisning på ungdomsskolen før de deltok i undersøkelsen hans, og ingen av Vg1-elevne hadde fått relevant undervisning siden 9. trinn. Begge disse gruppene er derfor relevante i forhold til denne undersøkelsen, da de henholdsvis kan sammenlignes med 9. trinnselever uten og med elektrisitetsundervisning.

Han brukte en todelt metode for å undersøke elektrisitetsforståelsen hos elevene. Den ene delen var en fagprøve med forskjellige spørsmål som var laget for å avdekke forståelsen. Prøven gav kvantitative data. Den andre delen var intervju med et utvalg av de som besvarte prøven. Olsen (2018) konkluderte med at forskjellige hverdagsforestillinger om elektrisitet er veldig utbredt blant elever, men at elevene bytter mellom hverdagsforestillingene etter som de møter på forskjellige problem. Han fant at elevene anvendte alle tre hverdagsforestillingene til Osborne (1983), men forskjellige hverdagsforestillinger var populære hos de forskjellige alders-



## Teori

gruppene. Elevene gikk bort i fra en-pols-modellen med alderen, men strømforbruksmodellen holdt seg mer stabil. Kollisjonsmodellen blir redusert med alderen, og den vitenskapelig korrekte modellen øker med alderen. Olsen (2018) sier også at over halvparten av elevene har en av de tre hverdagsforestillingene etter at de er ferdig med grunnskoleutdannelsen.

Olsen (2018) la ved hele datasettet i sin oppgave. Det har derfor vært mulig å analysere dette datasettet. Resultatene fra fagprøven viser en betydelig korrelasjon mellom hvilket årstrinn eleven er på, og antall riktige svar de fikk på prøven ( $\tau\text{-}c = 0,311$ ;  $p < 0,001$ ). I tillegg viser datasettet så å si ingen sammenheng mellom kjønn og antall riktige spørsmål på fagprøven ( $r = -0,034$ ,  $p = 0,767$ ). I denne studien skal det undersøkes om det finnes en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene, og hvilken effekt undervisning har på forståelsen. Disse to observasjonene i datasettet til Olsen (2018) er derfor høyst interessante for denne undersøkelsen.

### 2.4.4 Andre undersøkelser

Shipstone (1984) undersøkte hvilke mentale modeller elevene brukte for å forklare hvordan strømmen går i mer komplekse kretser enn kretsene Osborne (1983) brukte i sin undersøkelse. Han brukte en spørreundersøkelse med ti forskjellige spørsmål. Hvert spørsmål hadde en egen krets bestående av ett batteri og et fåtall motstander. Spørsmålene handlet om hva som skjedde om man endret resistansen til de forskjellige motstandene. Elevene ble kategorisert etter hvilken forståelse de hadde for hvordan strømmen beveget seg i kretser. Det ble brukt fire kategorier som representerte hver sin hverdagsforestilling: Modell 1: Strømmen går ut fra begge batteripolene, og blir oppbrukt (kollisjonsmodellen). Modell 2: Strømmen går ut fra en pol, det som ikke blir oppbrukt, kommer tilbake gjennom den andre (strømforbruksmodellen). Modell 3: Strømmen blir oppbrukt, men komponentene deler likt, ingenting kommer tilbake (strømforbruksmodellen). Modell 4: Den vitenskapelig korrekte modellen. Resultatene samsvarer med resultatene til Olsen (2018), og viser at den vitenskapelig korrekte modellen øker med elevenes alder og mengde undervisning innen temaet. Selv om at resultatene ikke er direkte sammenlignbare med Osborne (1983) sine, da kategoriene var annerledes, fant Shipstone (1984) en fordeling mellom hverdagsforestillingene som var ganske lik fordelingen Osborne (1983) fant.

Noen år senere var han involvert i en undersøkelse som sammenlignet grunnleggende elektrisitetsforståelse hos elever fra fem forskjellige land (Shipstone et al., 1988). Deltagerne var i alderen 15 – 17 år, som er omtrent samme alder som de som deltar i denne studien. Landene som var representert, var: England, Frankrike, Nederland, Sverige og Vest-Tyskland. Shipstone et al. (1988) fant at det ikke var en signifikant forskjell mellom elevenes forståelse for de aller fleste konseptene på kryss av nasjonene. I tillegg konkluderer de med at elevenes forståelse for elektrisitet var mangelfull.

Også på høyere nivå er det store mangler i elektrisitetsforståelsen. Leniz et al. (2017) undersøkte hvordan universitetsstudenter forklarer likestrømskretser, med spesielt fokus på konseptet elektriske felt. De fant at studenter har forskjellige hverdagsforestillinger, og i tillegg blander begreper. To eksempler på dette er: Strømmen skaper det elektriske feltet, og potensialforskjellen skaper spenning. Veldig få av studentene gav svar uten feil. Studentene hadde studert elektrisitet på universitet i et år, men hadde fortsatt store hull i den grunnleggende forståelsen.

McDermott og Shaffer (1992) undersøkte også forståelsen hos fysikkstudenter. Studentene hadde ikke problemer med å anvende formler, og regne teoretisk på et høyt nivå, men den grunnleggende forståelsen manglet. Det ble funnet mange hverdagsforestillinger hos studentene. Mange av de samme hverdagsforestillingene ble funnet hos både førsteårsstudenter, og de som var ferdig utdannet. Forfatterne mener at dette tyder på at hverdagsforestillingene ikke ble utfordret i løpet av utdanningen. At studentene hadde mangler i den grunnleggende forståelsen og hverdagsforestillinger, støtter min teori om at det er en sammenheng mellom hverdagsforestillinger og instrumentell forståelse.

De samme forfatterne var tjue år senere med på å gjenta studien for å finne ut om det hadde skjedd noe med fysikkstudenters grunnleggende elektrisitetsforståelse (Stetzer et al., 2013). De fant at mellom en tredjedel og halvparten av studentene som gjennomførte «*the introductory calculus-based physics course*» ikke hadde en fungerende forståelse for lukkede kretser. I et forsøk på å tegne en fungerende krets, tegnet halvparten av studentene kretser der bare en batteripol var koblet til lypæren, eller kretser som kortsluttet batteriet. Dette på tross av at 95% av studentene var klar over hvordan en lypære er koblet opp innvendig.

Også en undersøkelse som ble gjennomført hovedsakelig på 3. og 4. års fysikklærerstudenter viste samme trenden (Kokkonen & Mäntylä, 2018). Undersøkelsen fokuserer på forståelsen for

begrepene strøm, spenning og motstand, og hvordan disse begrepene blir brukt for å forklare likestrømskretser. De fant at studentene hadde lav forståelse for konseptene. De blandet begrepene, og slet derfor med å finne ut hvordan kretsene fungerte.

I vinter kom det en rapport som sa at jenter er bedre enn gutter i alle fag, bortsett fra gym (NOU 2019:3). Dette inkluderer da også naturfag. Vi så at datasettet til Olsen (2018) ikke viste den samme trenden for elektrisitetsforståelse. Osborne (1983) sine resultater tyder til og med på at gutter hadde en bedre forståelse for elektrisitet enn jentene den gang. Den samme trenden er også blitt funnet i resultatene til SISS og dens forgjenger FISS (Humrich, 1988; Kelly, 1981). Dette kan tyde på at gutter den gangen hadde en bedre elektrisitetsforståelse enn jenter. En nyere undersøkelse fant også at jenter brukte hverdagsforestillinger om elektrisitet i større grad enn guttene (Engelhardt & Beichner, 2004).

### **2.4.5 Oppsummering av tidligere forskning**

Tidligere forskning tyder på at det er en manglende forståelse for grunnleggende elektrisitet i alle aldre (IEA, 1988; Kokkonen & Mäntylä, 2018; Leniz et al., 2017; McDermott & Shaffer, 1992; Olsen, 2018; Osborne, 1983; Shipstone, 1984; Shipstone et al., 1988; Stetzer et al., 2013). Hverdagsforestillinger er også utbredt på alle nivå (IEA, 1988; Leniz et al., 2017; McDermott & Shaffer, 1992; Olsen, 2018; Osborne, 1983; Shipstone, 1984; Shipstone et al., 1988). Det er veldig interessant at fysikkstudenter er i stand til å regne på avanserte kretser med Ohms og Kirchhoffs lover, men likevel ikke er i stand til å koble en lyspære til et batteri på en fungerende måte (McDermott & Shaffer, 1992; Stetzer et al., 2013). Dette tyder på at elever og studenter opparbeider seg en god instrumentell forståelse, uten at de hever den relasjonelle forståelsen. Vi ser som sagt at hverdagsforestillinger er veldig utbredt, men også at utbredelsen til en viss grad avtar med alder og undervisning (IEA, 1988; Olsen, 2018; Shipstone, 1984). Dette tyder på at undervisning motvirker hverdagsforestillinger, selv om andre studier har observert at de er veldig motstandsdyktige mot undervisning (Angell et al., 2011; Chiu & Lin, 2005; Jaakkola et al., 2011; Sjøberg, 2009). Undersøkelser fra 80-tallet tyder på at gutter har en bedre forståelse for elektrisitet enn jenter (Humrich, 1988; Kelly, 1981; Osborne, 1983), mens nyere forskning er mindre konklusiv (Engelhardt & Beichner, 2004; NOU 2019:3; Olsen, 2018).

### 3 Metode

Som nevnt tidligere er det gjort mye forskning på grunnleggende elektrisitetsforståelse og hverdagsforestillinger om elektrisitet. I kapittelet om forståelse (2.3) ble det konkludert med at hverdagsforestillinger om elektrisitet er utbredt over hele verden, og at den grunnleggende elektrisitetsforståelsen for elever i alle aldre er jevnt over lav. Når det er sagt, er det vanskelig å finne ut akkurat hvor lav forståelsen er, eller hvor utbredt hverdagsforestillingene er, spesielt for elever i Norge. SISS er en av få kvantitative undersøkelser som er blitt gjennomført på elever i Norge. Den ble gjennomført på midten av 80-tallet, men mye har skjedd med grunnskoleutdanningen i Norge siden da. Det er derfor ikke sikkert at disse resultatene er like relevante lengre. Dette er en av grunnene til at denne undersøkelsens mål er å undersøke den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever i norsk grunnskole i dag, og hvordan forståelsen har forandret seg siden SISS.

I dette kapittelet skal det først gis en oversikt over hvordan datainnsamlingen ble gjennomført, før spørsmålene som deltagerne svarte på, blir presenterer. Videre blir analysemetodene som skal brukes for å analysere datasettet presentert, før undersøkelsens reliabilitet og validitet blir vurdert. Kapittelet avsluttes med en drøfting av de etiske vurderingene som er gjort i forbindelse med prosjektet.

#### 3.1 Datainnsamling

I utgangspunktet var ønsket med undersøkelsen å finne ut hvordan den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos den generelle eleven i norsk grunnskole er, men det hadde blitt ekstremt resurskrevende å få et representativt utvalg for en så stor og variert populasjon. Populasjonen måtte derfor begrenses. Etter det ble klart at datainnsamlingen skulle foregå ved Newton Energirom Trondheim ble det naturlig å begrense populasjonen til elever på 9. trinn i Trondheim kommune, siden det er disse som deltar på undervisningsopplegget der. Etter samtale med Roy Even Aune på Newtonrommet ble det klart at undersøkelsens spørsmål, som blir presentert i kapittel 3.1.1, kunne legges til en emneprøve som de har. Dette er en nettbasert prøve som tester elevene i det de har gjennomgått i undervisningen. Prøven blir gjennomført på skolene i forbindelse med etterarbeidet. Det er derfor opp til hver enkelt lærer om klassen skal gjennomføre prøven. På grunn av dette har ikke alle elevene som deltok på Newton-

## Metode

rommets undervisning tatt prøven. Hva dette har å si for resultatene, skal drøftes i kapittel 3.4.3.

Spørsmålene var tilgjengelige på Newtonrommets emneprøve fra midten av oktober, og fram til de avsluttet undervisningen før jul, mot slutten av desember. I denne perioden hadde 337 elever gjennomført prøven. For å unngå å samle inn samtykke fra alle elevenes foresatte, ble datasettet anonymisert hos Newtonrommet før det ble overlevert for analyse i undersøkelsen. På denne måten ble aldri personidentifiserbare opplysninger behandlet i forbindelse med prosjektet, og prosjektet måtte derfor ikke meldes til NSD. Denne prosessen, samt hvilke etiske vurderinger som er gjort i denne sammenhengen, blir drøftet i kapittel 3.5. For å analysere datasettet ble det ført inn i statistikkprogrammet *SPSS Statistics*, heretter bare omtalt som SPSS. Denne prosessen blir beskrevet i kapittel 3.4.3.3. SPSS ble brukt for alle analysene på veien for å besvare problemstillingen. Hvilke analyser som ble brukt, og hvorfor de ble brukt, blir forklart i kapittel 3.2.

Når man skal beskrive trender i en populasjon, er en kvantitativ forskningsmetode veien å gå (Ringdal, 2013). Litt mer spesifikt kan man si at denne undersøkelse er en kvantitativ tverrsnittsundersøkelse basert på én spørreundersøkelse. En tverrsnittsundersøkelse er ifølge Ringdal (2013) en spørreundersøkelse som er basert på et stort og representativt utvalg der undersøkelsen gjennomføres i et begrenset tidsrom, og hver deltager bare svarer én gang. Denne undersøkelsen er som sagt basert på én spørreundersøkelse som var tilgjengelig i et begrenset tidsrom, og hver elev besvarte spørsmålene bare en gang. Ringdal (2013) sin beskrivelse av en tverrsnittsundersøkelse beskriver derfor denne undersøkelsen bra, selv om spørreskjemaet var noe utradisjonelt, da det ble lagt til en allerede eksisterende prøve.

I utgangspunktet var planen at undersøkelsen skulle benytte seg av både kvantitative og kvalitative forskningsmetoder for å besvare problemstillingen. Det ble søkt godkjenning til NSD, og holdt intervjuer med fem elever. Da skriveprosessen kom i gang, ble det fort klart at det ble vanskelig å analysere både intervjuene og datasettet fra spørreskjemaet innenfor begrensningene til oppgaven. I tillegg finnes det mange undersøkelser som ser på det kvalitative aspektet med elektrisitetsforståelse. En undersøkelse som ser på hvordan forståelsen er hos en stor populasjon, er kanskje mer nyttig for forskningsfeltet enn enda en undersøkelse som ser på individets opplevelse av temaet. Det ble derfor bestemt at denne undersøkelsen skulle fokusere på det kvantitative datasettet, og ikke intervjuene som ble gjennomført.

### 3.1.1 Spørreskjemaet

I dette kapittelet skal spørreskjemaet beskrives, samt hvilke vurderinger som ble gjort i utviklingen av det. Utviklingen ble i stor grad påvirket av at det skulle legges til Newtonrommets emneprøve. Blant annet var det ønskelig å holde antall spørsmål til et minimum, da prøven fra før inneholdte 13 spørsmål, noe som allerede kan være i meste laget for noen elever. Til slutt ble det lagt til 5 fagspørsmål, og et par bakgrunnsspørsmål.

Skjemaet er digitalt, med prekodet svaralternativ. Elevene har altså ikke mulighet til å fritt formulere sine svar. Det positive med dette er at det er enklere for elevene å svare, og enklere å samle inn og analysere data. Ulempen er at resultatene blir mindre nyanserte, og at respondentene blir tvunget til å svare et av alternativene, selv om de ikke er helt enige. Denne følelsen ble mest sannsynlig forsterket av at fagspørsmålene ikke hadde et «*vet ikke*»-alternativ. Dette var et bevisst valg basert på antagelsen om at elevene er i prøvemodus når de besvarer spørsmålene. Emneprøve er laget for å teste elevene på det de har fått undervisning i. Mange ble nok også faglig vurdert av læreren sin på bakgrunn av prestasjonen på prøven. Antagelse var derfor at elevene uansett hadde gjettet på spørsmål de var usikre på, selv om de hadde fått et «*vet ikke*»-alternativ.

Da spørreskjemaet ble designet, var planen å sammenligne resultatene fra denne undersøkelsen med undersøkelsen til Olsen (2018), for å se hvilken effekt Newtonrommets undervisning har på elevenes elektrisitetsforståelse. Han undersøkte som sagt elektrisitetsforståelsen hos blant annet 9. trinnselever som ikke var fra Trondheim, og som derfor ikke har deltatt på undervisningen til Newton Energirom Trondheim. Planen var da at elever som har deltatt på Newtonrommet, skulle besvare mange av de samme spørsmålene i min undersøkelse. Denne sammenligningen ble ikke gjennomført da det som nevnt tidligere nesten ikke undervises om elektrisitet der. Det er derfor meningsløst å undersøke hvilken effekt undervisningen har på elektrisitetsforståelsen til elevene. I tillegg var sammenligningsgrunnlaget dårlig, da Olsen (2018) gjennomførte undersøkelsen på relativt få elever under helt andre forutsetninger. Det var først etter at datainnsamlingen var gjennomført at det ble bestemt at denne sammenligningen ikke skulle finne sted. Dette betyr at spørreskjemaet for denne undersøkelsen likevel inneholder mange av spørsmålene til Olsen (2018).

Det var også flere grunner enn sammenligningen som førte til at spørsmålene til Olsen (2018) ble brukt. I tillegg til sammenligningen førte også dette til en tidsbesparing slik at data-

## Metode

innsamlingen kom raskt i gang. Dette var ønskelig da jo tidligere spørsmålene ble gjort tilgjengelig for elevene på Newtonrommet, jo flere deltagerne ville undersøkelsen få, noe som igjen styrker undersøkelsens statistiske signifikans. I tillegg ble det ikke gjennomført en pilotundersøkelse. Dette valget er også begrunnet i tidsbesparing. Siden spørsmålene var utviklet og testet av Olsen (2018), ble det bestemt at å ta kontakt med han for å høre hvilke erfaringer han gjorde seg i forhold til spørsmålene var tilstrekkelig for å sikre kvaliteten på spørsmålene.

Han fortalte at spørsmålene virket veldig bra, men anbefalte å ta bort lysbryterne fra figurene, da disse forårsaket forvirring hos noen av deltagerne. Dette tipset ble fulgt, og alle lysbryterne ble fjernet fra figurene. I tillegg ble det lagt til et plusstegn på batteriene for å tydeliggjøre at figuren representerer et batteri. Håpet var at et plusstegn på batteriet ville tydeliggjøre strømretningen i kretsene, slik at det blir lettere å avgjøre om deltagerne kan ha anvendt en hverdagsforestilling. I etterkant er det tydelig at man fortsatt ikke vet om elevene bruker strømretningen eller elektronenes retning når de vurderer hvordan en krets fungerer. Hvilken retning strømmen går, har egentlig ikke noe å si for hvordan kretsene fungerer, men for hver enkelt hverdagsforestilling er dette betydningsfullt.

Etter at bryteren i kretsene ble fjernet, var alle kretsene på spørreskjemaet konstruert av tre forskjellige symboler. Før elevene startet på spørsmålene, ble de møtt av en symbol-forklaring som er gjengitt i figur 3.1.1-a. Selv om figurene kan oppleves som veldig selvforklarende, er det ikke sikkert at elevene opplever det samme. Det ble derfor inkludert en symbolforklaring i spørreskjemaet.

Symbolforklaring:



Figur 3.1.1-a: Symbolforklaring

### 3.1.1.1 Strøm i lukket krets

Det første spørsmålet som skal inkluderes i undersøkelsen, er et av spørsmålene som allerede var på Newtonrommets emneprøve. Dette spørsmålet heter «*Strøm i lukket krets*», og har følgende oppgavetekst: «*Kryss av alternativet som du mener best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.*». Tegningen det refereres til, er vist i figur 3.1.1-b.



Illustrasjon: Nils Kristian Rossing

Figur 3.1.1-b: Figuren for spørsmålet «Strøm i lukket krets»

Til spørsmålet var det fire svaralternativer, der alternativ C er det korrekte:

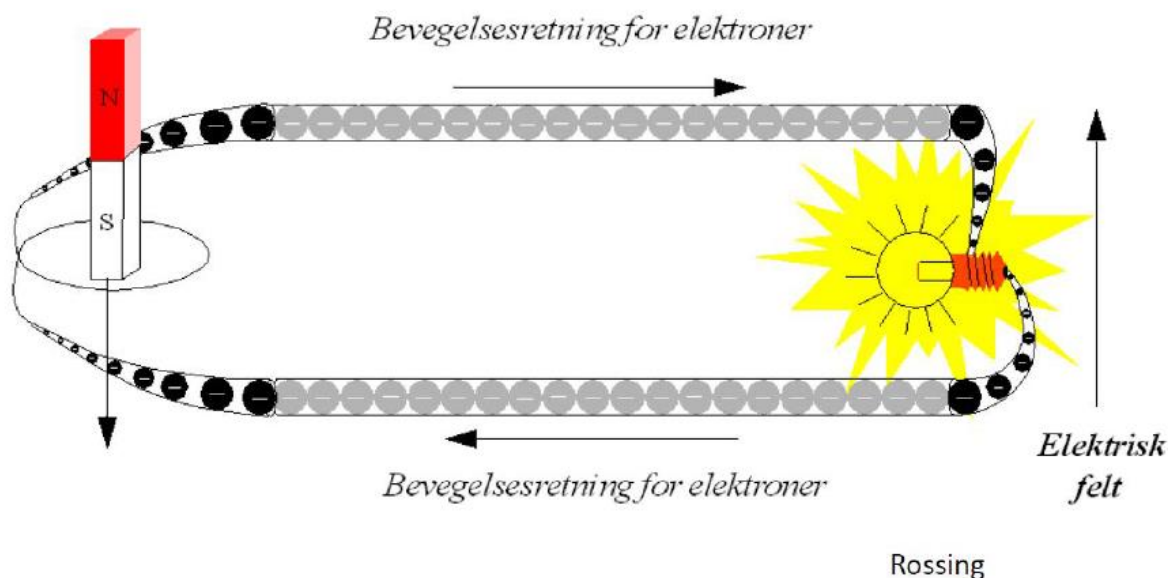
- A. Elektronene lagres i batteriet, som har energi til å sende dem til lyspæra og tilbake.
- B. Elektronene varmes opp av batteriet, slik at de får lyspæra til å lyse.
- C. Batteriet gir elektronene stillingsenergi, som går over til bevegelsesenergi når elektronene strømmer gjennom kretsen.
- D. Batteriet sender elektroner til lyspæra hvor de brukes opp, og blir til varme og lys.

Dette spørsmålet undersøker elevenes forståelse for forholdet mellom strøm og energi. Selv om elektronene beveger seg like fort gjennom hele kretsen, mister de sin potensielle energi i det elektriske feltet når de passerer lyspæren. Energien har i lyspæren endret form til varme og lys. I tillegg til at spørsmålet bidrar til å vurdere elevenes elektrisitetsforståelse, kan det også avdekke en hverdagsforestilling. Svaralternativ D sier at elektronene blir oppbrukt i lyspæren. Dette er i tråd med strømforbruksmodellen, som sier at strømmen blir delvis eller helt oppbrukt i kretsen. En elev som svarer dette alternativet, har trolig anvendt strømforbruksmodellen.

### 3.1.1.2 Generering av strøm

Spørsmålet som heter «*Generering av strøm*», er det andre og siste av Newtonrommets spørsmål som skal brukes i undersøkelsen. Spørsmålet handler om induksjon, og oppgaveteksten er igjen: «*Kryss av alternativet som du mener best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.*» Figur 3.1.1-c viser tegningen det refereres til.





Figur 3.1.1-c: Figuren for spørsmålet «Generering av strøm»

For dette spørsmålet finnes det også fire svaralternativer. Denne gangen er det alternativ B som er det korrekte alternativet.

- A. Magneten er fylt med energi, som overføres til kretsen når magneten beveges fram og tilbake over spolen.
- B. Magneten settes i bevegelse slik at magnetfeltet i spolen endres. Hver endring av magnetfeltet gir et strømstøt.
- C. Strømmen i kretsen er hovedsakelig avhengig av avstanden mellom magnet og spole.
- D. Strømmen i magneten går over i kretsen når magneten er i nærheten av ledningen.

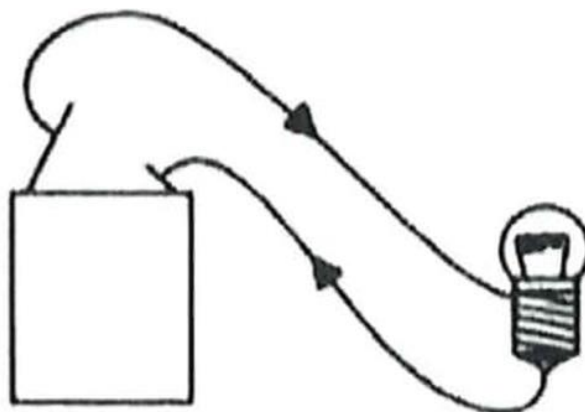
Dette spørsmålet er det eneste som omhandler induksjon. Elevenes forståelse for induksjon blir derfor bare vurdert ut ifra hva de svarer på dette spørsmålet.

### 3.1.1.3 Hverdagsforestillinger

Det første spørsmålet på spørreskjemaet som ikke er fra Newtonrommet er hentet fra SISS, men modifisert for å passe til Newtonrommets nettside. Som nevnt tidligere er hverdagsforestillinger en viktig faktor å kartlegge når man ønsker å vurdere elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse. Spørsmål 2D15 fra SISS er derfor meget interessant for denne undersøkelsen da det tester for de tre hverdagsforestillingene til Osborne (1983). I tillegg vil

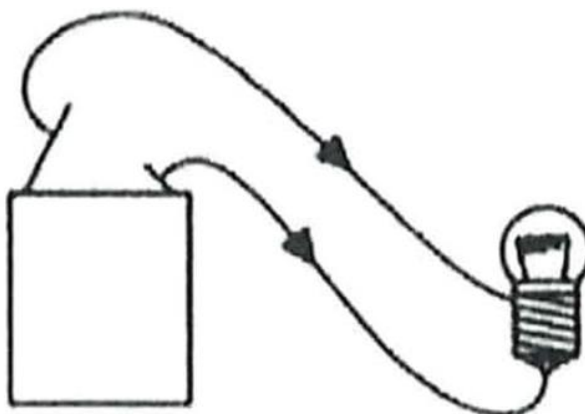
en sammenligning mellom resultatene til SISS, og resultatene denne undersøkelsen får fra spørsmålet være viktig for å se hvordan elevenes elektrisitetsforståelse har forandret seg.

Spørsmål 2D15 fra SISS er beskrevet i kapittel 2.4.2.1. Det har én spørsmålstekst, og fem svaralternativer. For hvert av de fem alternativene følger det med en illustrerende figur. Spørsmålsteksten lyder: «*En lommelyktpære er koplet til et batteri slik at lampen lyser. Hvilken forklaring synes du er best?*» (Sjøberg, 1986, s. 204). Deretter følger det korrekte svaralternativet, A: «*Strømmen går inn i lampen gjennom den ene ledningen. Den får glødetråden til å lyse, og like mye strøm går tilbake gjennom den andre ledningen.*» (Sjøberg, 1986, s. 204), med tilhørende figur (figur 3.1.1-d).



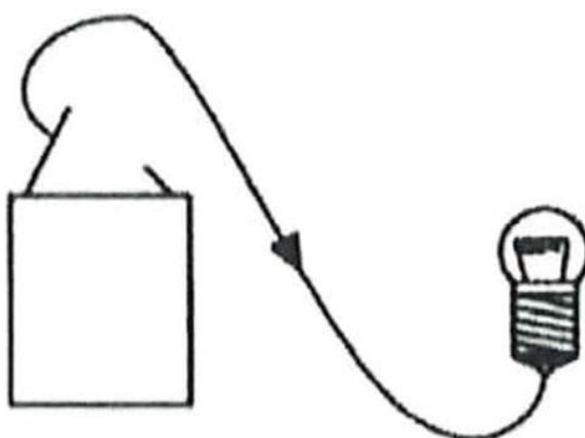
Figur 3.1.1-d: Figuren for svaralternativ A for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra Elever og lærere sier sin mening (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Svaralternativ B har teksten «*Det går strøm til lampen gjennom begge ledningene. Strømmen møtes i glødetråden og får den til å lyse.*» (Sjøberg, 1986, s. 204). Figur 3.1.1-e viser figuren som tilhører alternativ B. Pilene på ledningene, som viser strømretningen, samsvarer med teksten for svaralternativet. Elever som velger dette svaralternativet, kan ha anvendt kollisjonsmodellen.



Figur 3.1.1-e: Figuren for svaralternativ B for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra Elever og lærere sier sin mening (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

Svaralternativ C har følgende tekst: «*Det går strøm til lampen fra en av polene på batteriet. Strømmen får glødetråden til å lyse*», med tilhørende figur (figur 3.1.1-f).



Figur 3.1.1-f: Figuren for svaralternativ C for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra Elever og lærere sier sin mening (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

## Metode

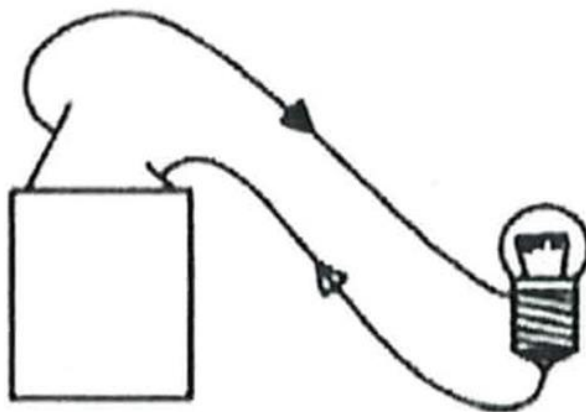
På denne figuren er den ene ledningen fjernet for å vise hvordan en krets beskrevet av svaralternativet kan se ut. Dette svaralternativet kan virke logisk for personer som anvender en-pols-modellen.

Svaralternativ D beskriver strømforbruksmodellen: «Strøm går inn i lampen gjennom den ene ledningen. Strømmen får glødetråden til å lyse. Det som er igjen av strømmen, går tilbake til batteriet» (Sjøberg, 1986, s. 204). Figur 3.1.1-g viser figuren for dette svaralternativet. Vi ser at den ene pilen på ledningen ikke er fylt, dette er for å vise at det kommer mindre strøm tilbake til batteriet.

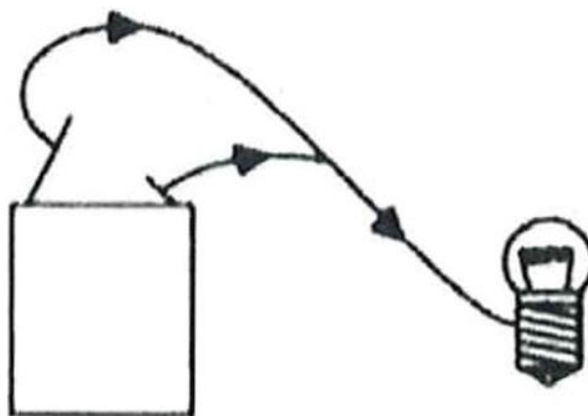
Det siste svaralternativet, E, har følgende tekst: «Strøm fra begge polene på batteriet samles og går inn i lampen. Strømmen får glødetråden til å lyse» (Sjøberg, 1986, s. 204).

Figur 3.1.1-h viser den tilhørende figuren. Dette svaralternativet kan beskrive både kollisjonsmodellen og en-pols-modellen. Også strømforbruksmodellen må anvendes hvis man skal anta at dette er det korrekte alternativet, da ingen strøm returnerer til batteriet.

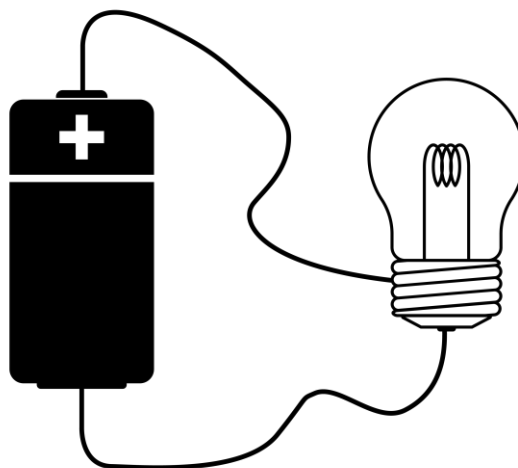
Som sagt måtte formatet modifisere litt for at det skulle passe på Newtonrommets emneprøve. Det var bare anledning til å legge ved én figur sammen med oppgaveteksten. Figur 3.1.1-i viser figuren som ble brukt. Den er basert på en av figurene til Olsen (2018), med bare mindre modifikasjoner. Denne figuren



Figur 3.1.1-g: Figuren for svaralternativ D for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra Elever og lærere sier sin mening (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.



Figur 3.1.1-h: Figuren for svaralternativ E for spørsmål 2D15 fra SISS. Fra Elever og lærere sier sin mening (s. 204), av S. Sjøberg, 1987, Oslo: Universitetsforlaget.

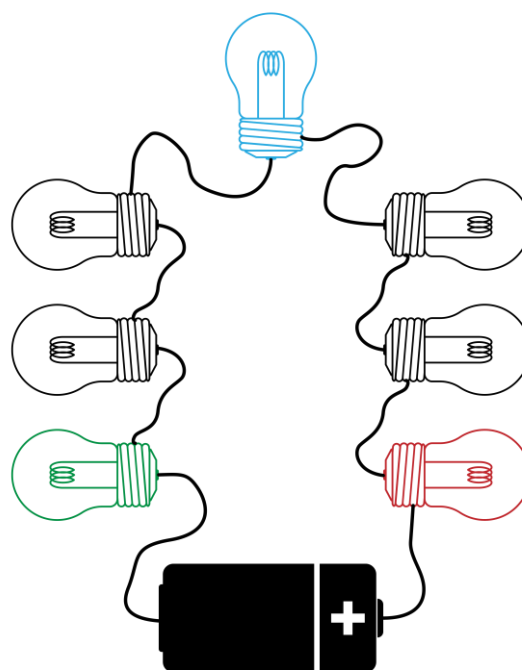


Figur 3.1.1-i: Figuren for hverdagsforestillingsspørsmålet

viser ingen piler på ledningene. Den kan derfor anvendes for svaralternativene A – D. Men den gir ikke mening når det gjelder teksten for alternativ E: «Strøm fra begge polene på batteriet samles og går inn i lampen. Strømmen får glødetråden til å lyse» (Sjøberg, 1986, s. 204). Dette svaralternativet ble derfor fjernet fra spørsmålet. Elever som har flere enn en hverdagsforestilling har dermed ikke et alternativ de kan velge, og siden det ikke finnes et «Vet ikke»-alternativ, tvinges elevene inn i en av fire kategorier, selv om de kanskje ikke føler at noen av kategoriene passer. Dette er hverken bra for oppgavens begrepsvaliditet, eller hyggelig mot deltagerne, men som sagt er det gjort en antagelse om at elevene er i prøvemodus når de tar prøven. De er fullt klar over at det finnes et riktig alternativ, og vil dermed heller tippe enn å innrømme at de ikke vet. Dette er en av bakdelene med å samle data fra en prøve.

#### 3.1.1.4 Seriekobling

De neste fire spørsmålene er inspirert av undersøkelsen til Olsen (2018). De tester elevenes forståelse for seriekobling, parallellkobling og kortslutning. Figur 3.1.1-j viser figuren for spørsmålet som tester informantenes forståelse for seriekobling. Spørsmålet er: «Hvilken lyspære vil lyse sterkest?», med alternativene «Den røde», «Den blå», «Den grønne» og «Alle vil lyse like sterkt», der det siste alternativet er korrekt. Siden forståelse for seriekobling i denne undersøkelsen blir ansett som en viktig del av grunnleggende elektrisitetsforståelse, vil dette spørsmålet være betydningsfullt for å kunne si noe om elevenes forståelse for temaet.



Figur 3.1.1-j: Figuren for seriekoblingsspørsmålet

På figuren er det lagt til et plusstegn på batteriet, som ikke var på spørsmålet til Olsen (2018). Som nevnt ble dette gjort for å kunne konkretisere strømretningen for deltagerne slik at man kan anta at de anvendte strømforbruksmodellen hvis de svarte at den røde lyser sterkest.

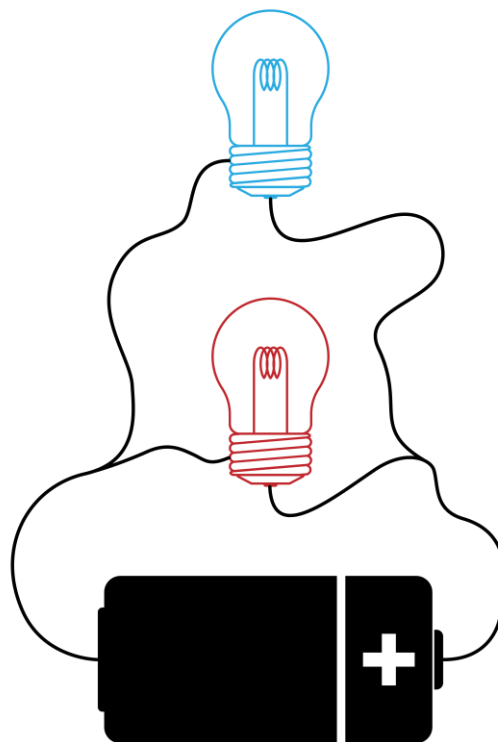
## Metode

Hvis disse elevene er de samme som besvarte strømforbruksmodellen på hverdagsforestillings-spørsmålet, kan det styrke antagelsen om at disse faktisk anvender strømforbruksmodellen. Som sagt kan det likevel hende at elevene med strømforbruksmodellen analyserer kretsen ut i fra elektronenes perspektiv, og dermed mener at den grønne vil lyse sterkest. Det er derfor ønskelig å skille mellom elevene som anvender strømforbruksmodellen med utgangspunkt i strømretningen, og de som bruker elektronretningen som utgangspunkt.

Hvis deltagerne mener at den blå lyspæren lyser sterkest, kan det tyde på at de har anvendt kollisjonsmodellen. Sjøberg (2009) forteller at elever ofte anvender forskjellige hverdagsforestillinger på forskjellige problem. Hvis det ikke er noen sammenheng mellom de som ifølge hverdagsforestillingsspørsmålet anvender kollisjonsmodellen, og de som svarer at den blå lyspæren vil lyse sterkest på dette spørsmålet, kan det tyde på at elevene bytter hverdagsforestillinger mellom spørsmålene.

### 3.1.1.5 Parallellkobling

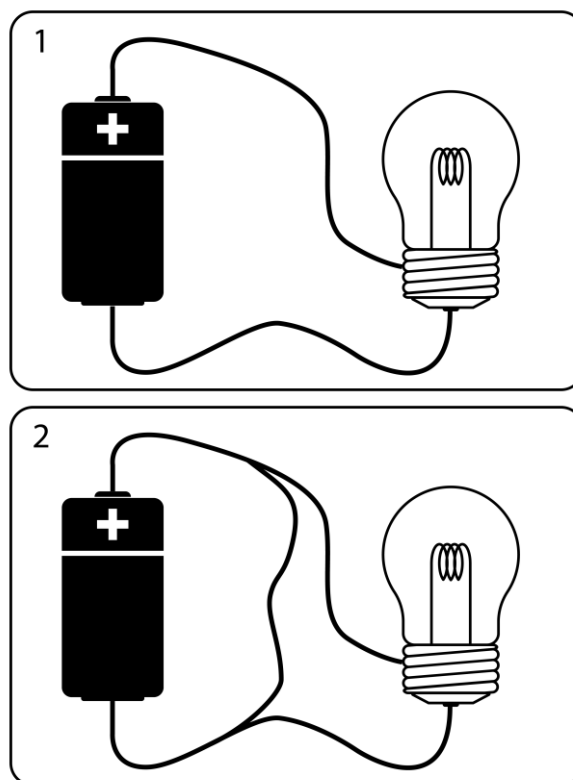
Det tredje spørsmålet tester elevenes forståelse for parallellkoblinger. Figur 3.1.1-k viser figuren til oppgaven, og oppgaveteksten er igjen: «Hvilken lyspære vil lyse sterkest?». Alternativene er «Den blå», «Den røde» og «De vil lyse like sterkt», der det siste alternativet er riktig. Forståelse for parallellkoblinger anses også som en viktig del av grunnleggende elektrisitetsforståelse. Dette spørsmålet vil derfor være viktig for å besvare min problemstilling.



Figur 3.1.1-k: Figuren for parallellkoblingsspørsmålet.

### 3.1.1.6 Kortslutning

Det fjerde spørsmålet tester elevenes forståelse for kortslutning. Oppgaveteksten er: «*For hvilke kretser vil lampen lyse?*», med svaralternativene «*Krets 1*», «*Krets 2*» og «*Begge kretsene*». Kretsene er gjengitt i figur 3.1.1-l. Vi ser at det første alternativet er riktig, da krets 2 er kortsluttet. På dette spørsmålet hadde Olsen (2018) en lysbryter som var åpen i krets 1, og lukket i krets 2. Olsen (2018) erfarte at mange elever ble forvirret av bryteren. Noen av elevene antok at når bryteren var lukket ville pæren lyse, fordi det var slik lysbrytere vanligvis virker. Lysbryteren ble derfor fjernet fra spørsmålet.

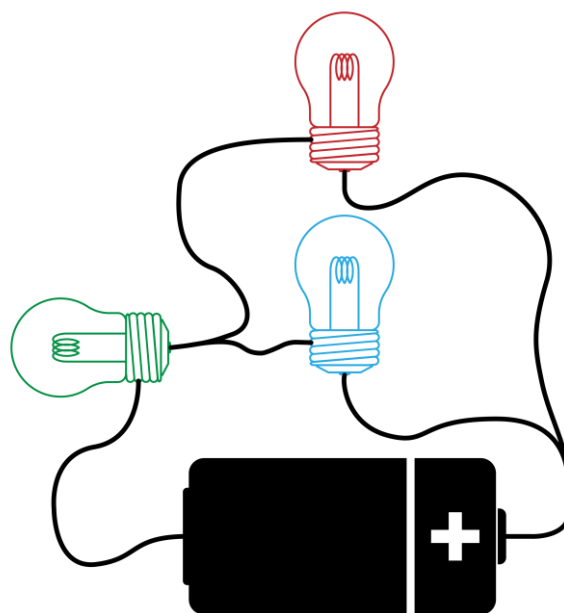


Figur 3.1.1-l: Figuren kortslutningsspørsmålet

I hverdagsforestillings spørsmålet er krets 1 brukt som illustrasjon, og i oppgaveteksten står det at kretsen er fungerende. Mange av elevene skjønnte nok derfor at kretsen fortsatt er fungerende for dette spørsmålet. På grunn av dette kan det hende at flere enn forventet har svart rett på dette spørsmålet. Dette kunne kanskje vært unngått om en pilotundersøkelse hadde blitt gjennomført, men som nevnt tidligere ble det prioritert å gjøre undersøkelsen tilgjengelig så raskt som mulig.

### 3.1.1.7 Kombinasjonskrets

Figuren for det siste spørsmålet er gjengitt i figur 3.1.1-m. Kretsen kombinerer parallell- og seriekobling. Dette spørsmålet er derfor antageligvis det vanskeligste. Oppgaveteksten var igjen «*Hvilken lyspære vil lyse sterkest?*», med alternativene «*Den blå*», «*Den røde*», «*Den grønne*» og «*Den blå og den røde vil*



Figur 3.1.1-m: Figuren kombinasjonsspørsmålet.

## Metode

*lyse sterkere enn den grønne*». Det riktige alternativet er at den grønne vil lyse sterkest. Denne oppgaven kombinerer to ting som er en del av grunnleggende elektrisitets-forståelse, men er vesentlig mer avansert en parallell- og seriekobling hver for seg.

I tillegg til disse faglige spørsmålene ble det også hentet informasjon om kjønn og hvor mye undervisning elevene har hatt på skolen før de besvarte prøven. Dette ble gjort for å kunne undersøke om det finnes en sammenheng mellom elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse og kjønn eller mengde undervisning. Som nevnt i teorikapittelet ser det ut som at det tidligere har vært en forskjell mellom kjønnene når det gjelder elektrisitetsforståelse (Humrich, 1988; Kelly, 1981; Osborne, 1983), men at det ser ikke ut til at denne forskjellen eksisterer lenger (NOU 2019:3; Olsen, 2018). I tillegg er det forventet å se en sammenheng mellom mengde elektrisitetsundervisning og forståelse for temaet. Begge disse spørsmålene bidrar til å besvare hvert sitt forskningsspørsmål, og er derfor viktig for å besvare problemstillingen.

## 3.2 Analyse av datasettet

Med unntak av deltagerens poengsum, som er en kontinuerlig variabel, er alle variablene i datasettet kategorivariabler. Hvilket målenivå en variabel er på, er den viktigste faktoren å ta hensyn til når man skal bestemme hvilken analyse man ønsker å bruke på variabelen (Ringdal, 2013). Siden alle bortsett fra en av variablene er kategorivariabler, vil alle analysene i denne undersøkelsen inneholde minst en kategorivariabel. Dette betyr at krysstabeller ofte blir brukt for å analysere sammenhengen mellom variablene. Før sammenhengen mellom variablene undersøkes, skal hver enkelt variabel presenteres men en frekvensfordeling.

### 3.2.1 Frekvensfordeling

Frekvensfordeling er en type beskrivende analyse, som beskriver fordelingen av kategoriene i en variabel (Ringdal, 2013). Fordelingen kan presenteres i form av en tabell med frekvenser og prosentandeler (Ringdal, 2013). Målet med en frekvensfordeling er å få en oversikt over hvordan respondentene fordeler seg mellom kategoriene i variablene. På denne måten skaffer man seg et overblikk, og blir kjent med hver enkelt variabel (Ringdal, 2013). Hvis man derimot ønsker å sammenligne fordelingen mellom to kategorivariabler, kan en krysstabell benyttes.

### 3.2.2 Krysstabellanalyse

Krysstabeller er tabeller som viser frekvens- eller prosentfordelinger av to eller flere kategorivariabler (Ringdal, 2013). Ringdal (2013) forteller at disse er mye brukt ved framstilling av spørreundersøkelser med variabler på nominalnivå, noe som er tilfellet for denne undersøkelsen. Formålet med krysstabellanalyse er å undersøke sammenhengen mellom én avhengig, og én eller flere uavhengige variabler. Styrken på sammenhengen beskrives med korrelasjonsmål og prosentdifferanser, mens man bruker kjikvadrattesten for å undersøke om sammenhengen er statistisk signifikant (Ringdal, 2013). Hvordan man leser en krysstabell, blir gjennomgått senere. Forøvrig skal SPSS benyttes for å opprette tabellene.

### 3.2.3 Korrelasjon

Korrelasjon betyr at det er en statistisk sammenheng mellom variabler (Ringdal, 2013). Det finnes mange måter å måle korrelasjon på, altså hvor sterk sammenhengen mellom to variabler er. Hvilket korrelasjonsmål som benyttes, blir avgjort av egenskapene til variablene. Hvilket målenivå variablene er på, er den viktigste faktoren å ta hensyn til i valg av korrelasjonsmål (Ringdal, 2013). De forskjellige korrelasjonsmålene gir forskjellige verdier, og må tolkes på forskjellige måter. I dette kapitlet blir det gjennomgått hvordan de forskjellige korrelasjonsmålene tolkes, samt gitt en kort forklaring av når de bør brukes. De fleste av variabler i datasettet er på nominalnivå. Til å begynne med vil derfor det enkleste korrelasjonsmålet for variabler på dette nivået bli gjennomgått.

#### 3.2.3.1 Prosentdifferanse

I en krysstabell er prosentdifferansen en enkel måte å måle korrelasjon mellom to variabler på. Ringdal (2013) bruker en undersøkelse fra 1989 som et eksempel for å vise prosentdifferanser. I denne undersøkelsen svarte 43% av menn at de hadde blitt forfremmet i løpet av karrieren, mens bare 32% av kvinner svarte det samme. Prosentdifferansen er da:  $43\% - 32\% = 11$  prosentpoeng. Korrelasjon kan også ses på som avvik fra statistisk uavhengighet (Ringdal, 2013). Det vil si at to variabler korrelerer så lenge fordelingene ikke er like. Hvis for eksempel 43% av både menn og kvinner hadde blitt forfremmet hadde forskjellen blitt 0, og variablene



## Metode

hadde vært helt statistisk uavhengige. Eller sagt på en annen måte: variablene korrelerer ikke.

Prosentdifferansen er enkel å beregne og forstå, men har sine svakheter. Det må brukes flere tall for å beskrive korrelasjonen mellom variablene, og antallet vokser veldig fort jo flere variabler som sammenlignes og jo flere kategorier variablene har. I tillegg er som oftest linjeprocentene forskjellige fra kolonneprosentene, noe som bidrar til en uoversiktlig beskrivelse av korrelasjonen mellom variablene. Den siste store svakheten er at prosentdifferanser ikke er symmetriske. Det vil si at korrelasjonen mellom variablene X og Y, ikke er lik korrelasjonen mellom Y og X. Disse svakhetene medfører at det er ønskelig å unngå prosentdifferanse i de aller fleste sammenhengene. Likevel blir prosentdifferanse benyttet i denne undersøkelsen for å måle korrelasjon mellom dikotomier og ordinalvariabler.

### 3.2.3.2 *Cramers V*

Når nominalvariablene har flere enn to kategorier, er Cramers V det foretrukne korrelasjonsmålet (Ringdal, 2013). Cramers V varierer mellom 0 og 1, der 0 tilsvarer ingen sammenheng, og 1 viser til en perfekt sammenheng. Cramers V viser ikke retning på korrelasjonen. Dette er naturlig siden det ikke gir mening å snakke om retningen på korrelasjonen mellom to variabler som ikke kan rangeres. I motsetning til prosentdifferansen er Cramers V symmetrisk, noe som betyr at det holder med ett tall for å beskrive sammenhengen mellom variablene. Dette gjelder også for alle de andre korrelasjonskoeffisientene i dette kapittelet.

### 3.2.3.3 *Tau-c*

Mellom variabler på ordinalnivå er tau-c et vanlig korrelasjonsmål (Ringdal, 2013). For korrelasjon mellom variabler over nominalnivå, altså variabler på ordinalnivå eller kontinuerlige variabler, gir det også mening å snakke om retningen på korrelasjonen. Det er derfor vanlig at korrelasjonsmålet varierer mellom  $-1$  og  $1$  (Ringdal, 2013). Absoluttverdien til målet viser styrken på korrelasjonen. Igjen er 0 ingen korrelasjon, mens 1 er perfekt korrelasjon. Fortegnet viser til retningen på korrelasjonen. Hvis sammenhengen mellom variablene X og Y er negativ minker Y når X øker, og motsatt. Hvis fortegnet er positivt øker eller minker begge variablene sammen.

### 3.2.3.4 *Phi-koeffisienten*

Når det skal måles korrelasjon mellom to dikotomier, det vil si enten eller-variabler, brukes phi-koeffisienten (Ringdal, 2013). I likhet med Tau-c, får phi en verdi mellom  $-1$  og  $1$ . Dette er på grunn av at phi er et spesialtilfelle av Pearsons  $r$ . Phi-koeffisienten tolkes på samme måte, som tau-c.

### 3.2.3.5 *Punkt-biseriell korrelasjonskoeffisient*

For å måle korrelasjon mellom dikotome og kontinuerlige variabler skal den punkt-biserielle korrelasjonskoeffisient benyttes. Dette korrelasjonsmålet er i likhet med phi et spesialtilfelle av Pearsons  $r$ . Det vil si at den varierer mellom  $-1$  og  $1$ , og tolkes på samme måte som phi og tau-c.

For prosentdifferansen må skjønn benyttes for å vurdere om forskjellen er av en betydelig størrelse. Dette er også sant for de andre korrelasjonskoeffisientene, men her finnes det noen retningslinjer. Det er vanlig å anse en absoluttverdi mellom  $0$  og  $0,1$  som en ubetydelig korrelasjon, mellom  $0,1$  og  $0,3$  som en liten korrelasjon, mellom  $0,3$  og  $0,5$  som en middels korrelasjon, og alt over  $0,5$  som en stor korrelasjon (Ringdal, 2013). En stor korrelasjon må ikke forveksles med en statistisk signifikant korrelasjon, som forteller om sammenhengen i utvalget er sannsynlig å finne i populasjonen.

## 3.3 Reliabilitet

Carmines og Zeller (1979) forteller at det er to fundamentale egenskaper til en empirisk måling. Det er målingens reliabilitet, som handler om til hvilken grad måleverktøyet vil gi det samme resultatet ved gjentatte målinger, og dens validitet som handler om til hvilken grad målingsverktøyet faktisk måler det vi forsøker å måle. Reliabilitet, eller pålitelighet handler om hvor konsistent en måling er. Hvis man får samme resultatet når man måler noe flere ganger, er resultatene reliable (Johannessen, Christoffersen & Tufte, 2016).

Det er to vanlige måter å vurdere reliabilitet. Den første måten er å faktisk gjennomføre målingen flere ganger, enten samtidig på forskjellige utvalg, eller på det samme utvalget på

## Metode

forskjellige tidspunkt (Ringdal, 2013). I forbindelse med dette arbeidet var det dessverre ikke mulig å gjennomføre noen av disse alternativene. Siden målet var å få med hele populasjonen i utvalget, var det ingen mulighet til å gjennomføre undersøkelsen på forskjellige utvalg, og på grunn av tidsbegrensningen med arbeidet var det heller ikke mulig å gjennomføre undersøkelsen flere ganger på forskjellige tidspunkt.

Interreliabilitet er en annen måte å undersøke reliabiliteten på der man i stedet for å gjennomføre sin egen undersøkelse flere ganger, heller sammenligner resultater med andre undersøkelser (Johannessen et al., 2016). En forutsetning er da så klart at undersøkelsene er veldig like. Det er gjort mange undersøkelser om elevers elektrisitetsforståelse, men de fleste er kvalitative undersøkelser med få deltagere. I tillegg er det ingen lignende undersøkelser som er gjennomført på denne populasjonen. Undersøkelsen til Olsen (2018) og SISS er kanskje de undersøkelsene som er mest sammenlignbar med denne undersøkelsen. Disse vil derfor til tider bli brukt som et sammenligningsgrunnlag for å vurdere enkeltvariablers interreliabilitet.

En annen måte å vurdere reliabiliteten er å undersøke den interne konsistensen på undersøkelsen (Ringdal, 2013). Hvis man har flere spørsmål som er designet for å måle det samme, kan man måle reliabiliteten statistisk med Cronbachs alfa (Ringdal, 2013). Som sagt var det et mål å holde antall spørsmål i undersøkelsen på et minimum. Derfor er det ingen spørsmål som måler det samme aspektet av elevenes forståelse. Noen av hverdagsforestillingene kan bli anvendt på flere spørsmål. En sammenligning mellom disse spørsmålene kan brukes til å vurdere reliabiliteten til hverdagsforestillingsspørsmålet. Sjøberg (2009) og Olsen (2018) mener for øvrig at elever ofte bytter mellom å anvende forskjellige hverdagsforestillinger, så selv om disse spørsmålene ikke viser det samme, betyr ikke det nødvendigvis at spørsmålenes reliabilitet er lav. Det kan også bety at elevene bytter mellom å anvende forskjellige hverdagsforestillinger etter hvert som problemet forandrer seg. Hvis spørsmålene derimot viser det samme, kan dette tyde på en høy reliabilitet for hverdagsforestillingsspørsmålet. Siden variablene er nominellvariabler, er det dessverre ikke mulig å benytte Cronbachs alfa for å måle reliabiliteten.

### 3.4 Validitet

Validitet handler om hvorvidt det som er forsøkt målt, faktisk blir målt (Johannessen et al., 2016). Målingene må derfor være reliable før validiteten kan vurderes. Carmines og Zeller (1979) bruker skyting på blink som en analogi for denne sammenhengen. Å treffe midten på blinken er analogt med å måle det man ønsker å måle, altså at målingen er valid. Det første kravet som må oppfylles før dette kan oppnås, er at våpenet må kunne treffe på omtrent samme plass hver gang, altså at det er reliabelt. Men å treffe på samme plass hver gang betyr ikke nødvendigvis at det treffer i blinken. Det er derfor mulig å ha en reliabel måling uten at den er valid. Først når våpenet er både reliabelt og riktig innstilt, er det mulig å treffe blinken. Det er derfor ikke mulig å ha en valid måling før den også er reliabel.

Cook et al. (1979) deler validitet i fire ulike typer: Begrepsvaliditet, indre validitet, ytre validitet og statistisk validitet. Begrepsvaliditet handler om hvorvidt spørsmålene i undersøkelsen måler det man ønsker at de skal måle. Indre validitet går på kausalitet, og hvordan forholdet mellom variablene faktisk er. Ytre validitet handler om generaliserbarhet, og er nært beslektet med statistisk validitet som handler om sammenhengen som observeres i datasettet også gjelder for hele populasjonene. I dette kapittelet blir det presentert tiltak som er gjort for å sikre validiteten til målingene. Faktorer som reduserer undersøkelsens validitet, blir også drøftet.

#### 3.4.1 Begrepsvaliditet

Målet med denne undersøkelsen er å måle elevenes elektrisitetsforståelse. Dette er et teoretisk begrep som ikke kan måles direkte. Undersøkelsens begrepsvaliditet handler om til hvilken grad spørsmålene faktisk måler elevenes elektrisitetsforståelse. Som nevnt ovenfor er det fleste spørsmålene utviklet av Olsen (2018), og bare i mindre grad modifisert før de ble brukt i denne undersøkelsen. Han har imidlertid tatt flere grep for å sikre spørsmålenes validitet. Spørsmålene er konstruert med bakgrunn i teori om elektrisitetsforståelse, og tidligere studier om temaet (Olsen, 2018). I tillegg er de kvalitetssikret av ansatte ved NTNU med fysikk-utdanning, og hans veileder. Før spørsmålene ble brukt i denne undersøkelsen, ble Olsen (2018) kontaktet, og forbedringer ble gjort etter hans anbefalinger. I tillegg ble spørsmålene gjennomgått av veileder for dette prosjektet og ansvarlig ved Newtonrommet, før de ble gjort

## Metode

tilgjengelig for deltagerne. Det vil si at spørsmålene i undersøkelsen ble grundig gjennomgått før de ble gjort tilgjengelig for deltagerne.

I tillegg til spørsmålene fra undersøkelsen til Olsen (2018) er det også brukt to spørsmål som allerede var på Newtonrommets emneprøve, og et spørsmål som er basert på et spørsmål fra SISS. Hvordan disse ble utviklet, og hvilke tiltak som ble gjort for å sikre validiteten, er uvisst, men SISS undersøkelsen ble utviklet av eksperter på feltet. Man kan derfor anta at begrepsvaliditeten for dette spørsmålet er tilfredsstillende. Det samme gjelder for Newtonrommets to spørsmål. Spørsmålene som er brukt i denne undersøkelsen, kan derfor vurderes til å ha en høy begrepsvaliditet.

### **3.4.2 Indre validitet**

En faktor som kan svekke undersøkelsens validitet, er falske kausaliteter (Holme & Solvang, 1996). Selv om det blir målt en korrelasjon mellom to variabler er det ikke sikkert at den ene variabelen har en påvirkning på den andre. Det kan for eksempel finnes en tredje faktor som påvirker begge variablene, eller det kan hende at retningen på kausaliteten går motsatt vei av det som er antatt (Ringdal, 2013). For å sikre høy validitet er det derfor viktig at alle påstander om kausalitet er godt fundamentert i teori (Holme & Solvang, 1996). I analyse og diskusjonskapittelet blir resultatene av korrelasjonsanalysene drøftet. For å sikre undersøkelsens indre validitet vil alle påstander om kausalitet bli begrunnet i teori.

### **3.4.3 Ytre validitet**

Ytre validitet handler om hvorvidt resultater kan generaliseres (Cook et al., 1979), altså om de utvalgte enhetene som er undersøkt, er representative for alle enhetene. Før dette kan vurderes, er det viktig å være klar over hvilke enheter som utgjør utvalget og populasjonen.

#### *3.4.3.1 Utvalg og populasjon*

Elevenes svar på prøven utgjør undersøkelsens datasett, mens alle elevene som deltok på undervisningen i perioden spørsmålene var tilgjengelig, utgjør undersøkelsens utvalg. Som

nevnt tidligere er det opp til lærerne i hver klasse om elevene skal gjennomføre prøven. Elevene som er en del av utvalget, men som ikke finnes i datasettet, utgjør frafallet i undersøkelsen. Hvem som utgjør utvalget i undersøkelsen, er tydelig. Det samme kan ikke sies om populasjonen. Ringdal (2013) skriver at om man skal kunne generalisere resultatet fra undersøkelser, må utvalget være representativt for populasjonen. Siden alle elevene på 9. trinn i Trondheim kommune må delta på undervisningsopplegget til Newtonrommet, er i hvert fall utvalget representativt for disse. Men om utvalget er representativt for alle 9. trinns elever i hele landet, er usikkert. Man kan si at dette ikke er tilfellet siden alle elevene i utvalget har deltatt på undervisningen til Newton Energirom Trondheim, mens en veldig liten andel av hele populasjonen har deltatt på den samme undervisningen. På den andre siden kan man argumentere for at utvalget er representativt for alle, fordi bare en liten del av Newtonrommets undervisning handler om elektrisitet, og dette er stoff som ifølge Utdanningsdirektoratet (2013) skal bli gjennomgått på alle skoler i landet. I tillegg er det allerede en variasjon i hvordan elektrisitetsundervisningen bli gjennomført hos de forskjellige skolene. Hvis forskjellen i undervisningen på Newtonrommet skal ha en signifikant påvirkning på resultatene, må undervisningen der være veldig spesiell sammenlignet med undervisningen på andre skoler, spesielt med tanke på hvor lite de underviser i elektrisitet. Om undervisningen er så forskjellig at elevene i Trondheim ikke er representative for resten av elevene i landet, er vanskelig å si noe om. Å finne ut av dette blir antageligvis en like omfattende undersøkelse som denne. Problemsstillingen spør etter forståelsen for Trondheimselvene. Det viktigste er derfor at resultatene holder for disse elevene. Populasjonen er altså 9. trinns elever i Trondheim kommune.

#### 3.4.3.2 *Frafall*

Utvalgsskjevhet er en av de største truslene mot ytre validitet (Cook et al., 1979). Det vil si at utvalget ikke er tilfeldig valgt fra populasjonen. Systematisk frafall er en potensiell feilkilde som kan føre til utvalgsskjevhet, og dermed påvirke undersøkelsens generaliserbarhet, og videre dens ytre validitet. Frafallet er som sagt de elevene som deltok på undervisningen til Newtonrommet mens undersøkelsens spørsmål var tilgjengelig på prøven, men som ikke gjennomførte emneprøven. De som gjennomførte prøven, er nettoutvalget, og til sammen utgjør disse bruttoutvalget for undersøkelsen. Bruttoutvalget er på omtrent 500, mens nettoutvalget er på 337. Det vil si at frafallet er på 32%. Dette er ifølge Ringdal (2013) normalt

## Metode

i kvantitative undersøkelser. Han forteller at SSB regelmessig opplever frafall opp mot 50%, og presiserer at et stort frafall ikke er veldig problematisk så lenge det er tilfeldig. Hvis frafallet derimot ikke er tilfeldig, vil det svekke representativiteten til utvalget. Dette kalles systematisk frafall, og går utover resultatenes ytre validitet (Ringdal, 2013).

Det er opp til hver enkelt klasses lærer om de ønsker å gjennomføre etterarbeidet Newtonrommet har lagt til rette for. Antageligvis skjer frafallet i hovedsak klassevis. Et unntak fra dette er at enkeltelever av forskjellige årsaker ikke er tilstede når emneprøven gjennomføres av klassen. Hvis svake elever eller elever som har vansker med å lese norsk, ikke besvarer prøven, er dette et systematisk frafall, og vil påvirke validiteten til undersøkelsen. Om dette er tilfelle, er vanskelig å si, og om det stemmer, er nok frafallet så lite i forhold til bruttoutvalget at det ikke påvirker resultatet i en betydelig grad. Hvis et frafall skal være stort nok til å påvirke resultatene, må det nok skje på klassenivå.

Det kan være mange grunner til at en lærer prioriterer bort etterarbeidet. Den viktigste årsaken er nok tidsbegrensninger. Om en travel klasse er betydelig forskjellig fra de klassene som gjennomførte prøven, er vanskelig å si noe om. Kanskje de ikke har rukket å ha undervisning om temaet enda, men det er det mange av klassene som besvarte prøven, som heller ikke har. Et frafall av denne grunnen vil nok ikke påvirke undersøkelsens validitet i en betydelig grad. En annen grunn for at en klasse ikke gjennomfører etterarbeidet, kan være at skolen har utviklet et eget etterarbeid. Dette er for øvrig bare spekulasjoner, og uansett ikke et systematisk frafall. I tillegg har nok en del gjennomført etterarbeidet etter at datainnsamlingen ble avsluttet, noe som heller ikke er et systematisk frafall. Undersøkelsen vurderes derfor til å ikke ha et systematisk frafall som svekker dens ytre validitet.

Antagelsen om at undersøkelsen ikke har et systematisk frafall, gjelder for undersøkelsen i sin helhet, men ikke for enkeltvariabler. En lærer fortalte at de ikke hadde besvart spørsmålene som ble lagt til Newtonrommets emneprøve, på grunn av at elevene ikke hadde fått undervisning om elektrisitet enda. Denne læreren var ansvarlig for tre av klassene som besøkte Newtonrommet i den perioden datainnsamlingen foregikk der. På grunn av dette er det sannsynlig å se 50 – 60 færre svar på undersøkelsens spørsmål, sammenlignet med resten av emneprøven. Dette er helt klart et systematisk frafall, men siden det er et frafall på variabelnivå kommer frafallet til å bli drøftet for de aktuelle variablene i resultatkapittelet.

### 3.4.3.3 Dataregistrering

Feil ved dataregistrering er også en feilkilde som kan påvirke undersøkelsens ytre validitet (Lund, 1996). For å unngå dataregistreringsfeil, og dermed styrke undersøkelsens ytre validitet skjedde dataregistreringen på følgende måte: Ansvarlig på Newtonrommet overleverte datasettet i form av PDF-filer, noe som resulterte i 337 PDF-filer som på forhånd hadde blitt anonymisert. PDF-filer kan ikke importeres i SPSS, og for å eliminere dataregistreringsfeil var det ønskelig å unngå manuell innskriving av data. For å unngå dette ble det brukt et egenprodusert program for å lese svarene til deltagerne fra PDF-dokumentene, og deretter skrive resultatene over til en CSV-fil som kan importeres direkte i SPSS. Dermed var det eneste tidspunktet for potensielle dataregistreringsfeil da eleven skrev sine svar inn på nettsiden, noe som er umulig å unngå med et selvutfyllingsskjema.

## 3.4.4 Statistisk validitet

Selv om det finnes en korrelasjon mellom to variabler i utvalget, betyr ikke dette nødvendigvis at sammenhengen finnes i populasjonen. Det kan hende at sammenhengen mellom variablene er tilfeldig (Ringdal, 2013). Hvis den derimot ikke er tilfeldig, heter det at sammenhengen er statistisk signifikant. En undersøkelse har en høy statistisk validitet hvis sammenhengene i den er statistisk signifikante (Cook et al., 1979). Funnene kan da generaliseres til populasjonen. Man kan derimot aldri med sikkerhet si at en korrelasjon i utvalget finnes i populasjonen, bare beregne sannsynligheten for at den ikke gjør det. Denne sannsynligheten kalles for p-verdien, og varierer mellom 0 og 1 (Ringdal, 2013). Hvis p-verdien er nære null, er det en lav sannsynlighet for at sammenhengen i utvalget ikke finnes i populasjonen. For de fleste av korrelasjonsmålene som er benyttet i undersøkelsen er kjikvadrattesten brukt for å beregne p-verdien.

### 3.4.4.1 Signifikanstester

Ringdal (2013) forteller at kjikvadrattesten er en test som brukes for å se om det er en statistisk signifikant korrelasjon mellom to variabler i en krysstabell. Testen har bare to forutsetninger: Utvalget må være tilfeldig, og det må finnes nok datapunkt for at beregningen skal bli nøyaktig.



## Metode

Kjikkvadrattesten tester en statistisk hypotese, det vil si en hypotese som er utformet med en nullhypotese og en alternativ hypotese. Etter falsifikasjonsprinsippet sier alltid nullhypotesen at det ikke er en sammenheng mellom variablene, mens den alternative hypotesen sier at det finnes en sammenheng. Dette er underforstått, så det er ikke vanlig å eksplisitt nevne hypotesene. Man spør bare om det er en signifikant korrelasjon mellom variablene. (Ringdal, 2013)

SPSS gjør det meste av forarbeidet når det gjelder kjikkvadrattesten. Testen beregner en p-verdi ut i fra kjikkvadratet, og antall kategorier variablene har. P-verdien viser sannsynligheten for å få et større kjikkvadrat gitt en sann nullhypotese. Det vil si at jo nærmere null p-verdien er, med større sikkerhet kan nullhypotesen forkastes (Ringdal, 2013). Sagt på en annen måte viser p-verdien sannsynligheten for å forkaste en sann nullhypotese, noe som kalles en type I-feil (Ringdal, 2013). Man bestemmer selv hva som er akseptabelt når det gjelder sannsynligheten for å begå en type I-feil. Denne grensen kalles signifikansnivået. Det er også mulig å begå en feil av type II. Denne feilen blir begått om man unnlater å forkaste en falsk nullhypotese. Dette medfører at sannsynligheten for å begå en type II-feil øker jo lavere signifikansnivået er, mens sannsynligheten for type I-feil øker jo høyere signifikansnivået er. Et signifikansnivå på 5% er veldig vanlig fordi det er et godt kompromiss mellom å begå en feil av type I og type II (Ringdal, 2013). Et signifikansnivå på 5% vil derfor bli benyttet for alle analysene i undersøkelsen. Dette betyr at hvis det blir observert en p-verdi mindre enn 0,05 på en kjikkvadrattest er sammenhengen mellom variablene statistisk signifikant.

SPSS bruker kjikkvadrattesten for å beregne en p-verdi for korrelasjonen Cramers V og phi-koeffisienten rapporterer. Man kan også teste om korrelasjonsverdien til tau-c er statistisk signifikant med kjikkvadrattesten, men SPSS bruker en spesialtilpasset test for å måle signifikansen for dette korrelasjonsmålet (Ringdal, 2013). I tillegg skal korrelasjonsanalyser der signifikansnivået ikke kan beregnes med kjikkvadrattesten benyttes. Men uansett hvilken korrelasjonskoeffisient som brukes, vil SPSS beregne en p-verdi som tolkes på den måten som er beskrevet i forrige avsnitt. Det som er viktig, er at p-verdien må være mindre enn 0,05 for at korrelasjonen skal være signifikant.

### 3.5 Ethiske vurderinger

Siden det aldri ble behandlet personidentifiserbare opplysninger i forbindelse med prosjektet, ble prosjektet vurdert som ikke meldepliktig av NSDs meldeplikttest. Men siden data-innsamlingen på Newtonrommet er litt spesiell, ble NSD likevel kontaktet for å få en bekreftelse på at alt var i orden, spesielt siden det ikke ble samlet inn samtykke fra informantene. At deltagerne aldri gav et aktivt samtykke til å delta på undersøkelsen, er kanskje det største etiske problemet med forskningsprosjektet.

Selv om de ikke gav samtykke, var deltagerne likevel informert om at svarene de gav på de spørsmålene som ble lagt til prøven i forbindelse med undersøkelsen, ville bli brukt til forskning. Mellom Newtonrommets og disse spørsmålene var det en tekst som informerte om dette: «Svarene du avgir på de neste spørsmålene blir anonymisert, og benyttet til forskning ved NTNU». Likevel ble det aldri forklart at spørsmålene «Strøm i lukket krets» og «Generering av strøm» skulle brukes i prosjektet. Dette burde helt klart ha kommet tydelig fram på prøven.

Lærerne fikk for øvrig tilsendt et informasjonsskriv fra Newtonrommet der de ble informert om prosjektet, og hva spørsmålene skulle brukes til. Det ble også presisert i skrivet at emneprøven fortsatt var frivillig å benytte seg av. Hvis lærerne videreformidlet dette til elevene, var de også klar over at de kunne velge å ikke delta i prosjektet. Men det er uvisst hvor mye av dette som ble videreformidlet, det er derfor ikke sikkert at deltagerne var klar over at de hadde et valg. Dette burde også kommet tydelig fram på prøven.

Grunnen til at deltagerne bare ble informert om at svarene skulle brukes til forskning, i stedet for å innhente samtykke, er fordi det aldri ble behandlet personidentifiserbare opplysninger i forbindelse med prosjektet. Hvis deltagerne skulle ha samtykket i å delta, kunne ikke datasettet vært anonymt, da det måtte ha vært mulig å slette de som ikke ønsket å delta. Hvis elevene skulle ha deltatt i et forskningsprosjekt som ikke var anonymt, måtte elevenes foresatte godkjenne det. Dette hadde medført veldig mye arbeid, og høyst sannsynlig et stort frafall, som igjen ville ha svekket undersøkelsens resultat. Som sagt ble NSD kontaktet, og de var enig i at dette var en akseptabel måte å samle data på så lenge personidentifiserbare opplysninger aldri ble behandlet i forbindelse med prosjektet. Så selv om prosjektet kan oppleves som etisk problematisk, er det i henhold til lovverket.



## 4 Resultat

I dette kapittelet skal resultatene fra undersøkelsen presentere i form av frekvensfordelinger for hvert enkelt spørsmål på prøven. Korrelasjonsanalysene som blir brukt for å drøfte forskningsspørsmålene, blir ikke presentert i dette kapittelet. For å gjøre rapporten kortere og mer oversiktlig blir disse presentert fortløpende i analyse og diskusjonskapittelet.

Som sagt skal deltagerne fordelt mellom svaralternativene for hvert enkelt spørsmål presenteres. I tillegg er det konstruert en variabel som måler antall riktige svar hver elev fikk på prøven. Hver variabel presenteres med en tabell, og en kort tekst som tolker tabellen. I de fleste tabellene er fordelingen presentert på tre forskjellige måter i hver sin kolonne. Den første kolonnen inneholder frekvensen. Dette er bare en opptelling av hvor mange av deltagerne som valgte de forskjellige svaralternativene. Til høyre for denne er prosentkolonnen. Denne kolonnen viser hvor stor andel av deltagerne som besvarte hvert alternativ. Alle tabellene, bortsett fra den første, har også en kolonne som heter «*gyldig prosent*». Denne kolonnen viser prosentfordelingen for de som avga et gyldig svar. Svaralternativene som anses som gyldig, finnes i de radene som går under overskriften gyldige svar. Mangel på svar, og utelatelsesalternativer er ikke gyldige svar, og finnes derfor ikke under denne overskriften. «*Gyldig prosent*»-kolonnen tar altså ikke frafallet i betraktning, slik som prosentkolonnen gjør. Siden mange av variablene har ganske stort frafall, er det kolonnen som viser gyldig prosent som gir det beste bildet på hvordan deltagerne fordelte seg på svaralternativene.

### 4.1 Bakgrunnsspørsmål

For å besvare forskningsspørsmålene var det nødvendig å samle inn to datapunkt i tillegg til de faglige spørsmålene. For å kunne si noe om forskjellen på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene måtte deltagerne kjønn registreres.

#### 4.1.1 Kjønn

Denne fordelingen er beskrevet i tabell 4.1.1-a. Tabellen viser at 160 gutter, og 177 jenter deltok i undersøkelsen, til sammen 337 deltager. Dette gir en relativ frekvens på 47,5% gutter og 52,5% jenter.

## Resultat

Tabell 4.1.1-a: Frekvenstabell for kjønn

	Kjønn	
	Frekvens	Prosent
Gutt	160	47,5%
Jente	177	52,5%
Sum	337	100,0%

### 4.1.2 Undervisningsmengde

For å kunne se hvordan elektrisitetsundervisningen på skolen påvirker elevenes grunnleggende forståelse, må det også kartlegges hvor mye undervisning hver elev har hatt før de besvarer spørsmålene. Det antas at alle deltagerne har fått omtrent lik mengde undervisning om temaet på barnetrinnet. Derfor spør spørsmålet bare etter undervisningen de har hatt på ungdomstrinnet. Tabell 4.1.2-a viser hvordan deltagerne fordelte seg mellom alternativene.

Tabell 4.1.2-a: Frekvenstabell for undervisningsmengde

<b>Hvor mye elektrisitetslære har du hatt på ungdomsskolen så langt?</b>				
	Frekvens	Prosent	Gyldig prosent	
Gyldige svar	Vi har ikke startet enda	95	28,2%	34,2%
	Vi har startet, men har noe igjen	89	26,4%	32,0%
	Vi er ferdig	64	19,0%	23,0%
	Vet ikke	30	8,9%	10,8%
	Sum	278	82,5%	100,0%
Mangler	59	17,5%		
Sum	337	100,0%		

59 deltagere har ikke svart på spørsmålet, og 30 har svart at de ikke vet. Som nevnt i kapittel 3.4.3.1 nevnte en lærer at hans elever ikke besvarte spørsmålene som ble designet for denne undersøkelsen fordi de ikke hadde hatt noe elektrisitetsundervisning på skolen på forhånd. Denne læreren var oppført hos Newtonrommet som kontaktperson for tre klasser. Man kan derfor anta at de fleste som mangler på dette spørsmålet egentlig skulle ha vært oppført som «Vi har ikke startet enda». Hvis frafallet plasseres i dette alternativet blir fordelingen slik som beskrevet i tabell 4.1.2-b.

Tabell 4.1.2-b: Frekvenstabell for undervisningsmengde korrigert for frafall

<b>Hvor mye elektrisitetslære har du hatt på ungdomsskolen så langt? (Korrigert)</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Vi har ikke startet enda	154	45.7%	50.2%
	Vi har startet, men har noe igjen	89	26.4%	29.0%
	Vi er ferdig	64	19.0%	20.8%
	Sum	307	91.1%	100.0%
Vet ikke		30	8.9%	
Sum		337	100.0%	

Korrigeringen førte til en helt annen fordeling der bare 20,8% er ferdig med undervisningen, 29,0% har startet, og hele 50,2% ikke har startet. Etter min mening høres dette rimelig ut, da det erfaringsmessig er mest vanlig å ha elektrisitetsundervisning på våren i 9. trinn, og deltagerne gjennomførte prøven på høsten. I tillegg er «Vet ikke»-kategorien behandlet som en manglende verdi. Dette er standard prosedyre for utelatelsesverdier (Holme & Solvang, 1996; Ringdal, 2013).

Videre i oppgaven når denne variabelen blir brukt, er det den korrigerte versjonen beskrevet i tabell 4.1.2-b det refereres til. Hvis man kjører en korrelasjonsanalyse mellom denne variabelen

## Resultat

og en av de andre variablene med stort frafall, vil ikke korrigeringen ha noen betydning på resultatet fordi SPSS utelukker de deltagerne som ikke har svart på begge spørsmålene. Dette kalles listevise utelatelse. Korrigeringen er derimot viktig med tanke på validiteten til spørsmålet. Hvis spørsmålet ikke korrigeres, måler ikke spørsmålet det som det var designet for å måle. Før korrigeringen sier spørsmålet at 34% av deltagerne ikke har startet på undervisningen før de besvarte prøven, men etter korrigeringen har det samme alternativet en oppslutning på 50%. Som sagt kan man anta at den nye verdien er mye nærmere sannheten enn den gamle.

## 4.2 Fagspørsmål

I denne delen skal frekvensfordelingen for fagspørsmålene på prøven presenteres. Det er disse spørsmålene som er poenggivende, og som poengvariabelen på slutten av kapittelet er basert på. To av spørsmålene var allerede på Newtonrommets emneprøve, mens de resterende fem er lagt til i forbindelse med denne undersøkelsen.

### 4.2.1 Strøm i lukket krets

Det første spørsmålet heter «*Strøm i lukket krets*», og ble presenter i kapittel 3.1.1.1. Spørsmålet var: «*Kryss av alternativet som du mener best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.*» Tegningen kan vi se i figur 4.2.1-a, og svaralternativene, samt



Illustrasjon: Nils Kristian Rossing

Figur 4.2.1-a: Figuren for spørsmålet «Strøm i lukket krets»

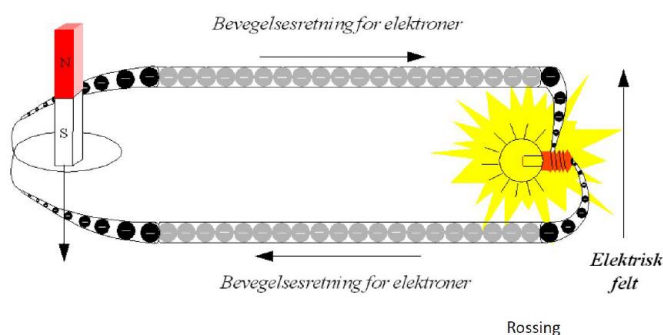
hvordan deltagerne fordelte seg på de forskjellige alternativene, er beskrevet i tabell 4.2.1-a. På denne variabelen er det bare 1,8% frafall. En mulig forklaring til frafallet er at deltagerne var usikker på hvilket alternativ som var riktig, og derfor unnlot å svare. Dette er i så fall et systematisk frafall, men siden vi bare skal se på hvor mange som har svart korrekt for å kalkulere poengvariabelen, er dette uproblematisk. I tillegg er frafallet så lite at det uansett ikke ville hatt noen betydning. Vi ser at 51,7% svarte korrekt, og 20,2% svarte alternativet som kan tyde på strømforbruksmodellen. Dette ble forklart i kapittel 3.1.1.1.

Tabell 4.2.1-a: Fordelingstabell for spørsmålet «Strøm i lukket krets»

Strøm i lukket krets				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Elektronene lagres i batteriet, som har energi til å sende dem til lyspæra og tilbake.	78	23,1%	23,6%
	Elektronene varmes opp av batteriet, slik at de får lyspæra til å lyse.	15	4,5%	4,5%
	Batteriet gir elektronene stillingsenergi, som går over til bevegelsesenergi når elektronene strømmer gjennom kretsen.	171	50,7%	51,7%
	Batteriet sender elektroner til lyspæra hvor de brukes opp og blir til varme og lys.	67	19,9%	20,2%
	Sum	331	98,2%	100,0%
Mangler		6	1,8%	
Sum		337	100,0%	

#### 4.2.2 Generering av strøm

«Generering av strøm» er det andre Newtonromsspørsmålet som brukes i undersøkelsen. Dette er det eneste spørsmålet som handler om induksjon. Spørsmålet ble presentert i kapittel 3.1.1.2, og oppgaveteksten lyder: «Kryss av alternativet som du mener



Figur 4.2.2-a: Figuren for spørsmålet «Generering av strøm»

best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.». Tegningen det refereres til, finnes i figur 4.2.2-a. Svaralternativene, og fordelingen mellom svaralternativene, er presentert i tabell 4.2.2-a.



## Resultat

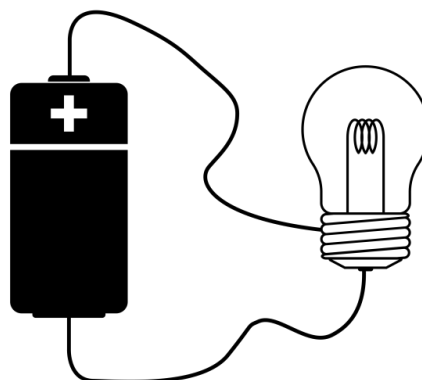
Tabell 4.2.2-a: Fordelingstabell for spørsmålet «Generering av strøm»

<b>Generering av strøm</b>				
	Frekvens	Prosent	Gyldig prosent	
Gyldige svar	Magneten er fylt med energi, som overføres til kretsen når magneten beveges fram og tilbake over spolen.	129	38,3%	39,4%
	Magneten settes i bevegelse slik at magnetfeltet i spolen endres. Hver endring av magnetfeltet gir et strømstøt.	165	49,0%	50,5%
	Strømmen i kretsen er hovedsakelig avhengig av avstanden mellom magnet og spole.	17	5,0%	5,2%
	Strømmen i magneten går over i kretsen når magneten er i nærheten av ledningen.	16	4,7%	4,9%
	Sum	327	97,0%	100,0%
Mangler	10	3,0%		
Sum	337	100,0%		

Selv om induksjon kan anses som det mest avanserte temaet som er inkludert i undersøkelsen, ser vi i tabell 4.2.2-a at halvparten (50,5%) likevel har svart korrekt. Dette kan være på grunn av at elevene hadde fått undervisning om temaet på Newtonrommet kort tid før de gjennomførte prøven. At så mange har kontroll på induksjon, er positivt med tanke på elevenes elektrisitetsforståelse. Også for denne variabelen er det bare av interesse for undersøkelsen om deltageren valgte det riktige alternativet, eller ikke. Det vil derfor ikke bli gjort noe for å korrigere for frafallet.

### 4.2.3 Hverdagsforestillingsspørsmålet

Dette er det første spørsmålet som er lagt til prøven i forbindelse med dette prosjektet. Som nevnt i kapittel 3.1.1.3 er det basert på et spørsmål fra SISS som ble diskutert i kapittel 2.4.2.1. Spørsmålet brukes for å avdekke elevenes hverdagsforestillinger om elektrisitet. Svaralternativene er derfor i tabell 4.2.3-a kodet om til den hverdagsforestillingen de tester for. Dette er så klart ikke en fasit, men elevenes svar kan tyde på at den aktuelle modellen ble anvendt av deltagerne da de besvarte spørsmålet.



Figur 4.2.3-a: Figuren for hverdagsforestillingsspørsmålet

Tabell 4.2.3-a: Fordelingstabell for hverdagsforestillingsspørsmålet

<b>Deltagernes hverdagsforestilling</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Ingen hverdagsforestilling	42	12,5%	15,6%
	Kollisjonsmodellen	72	21,4%	26,7%
	En-pols-modellen	43	12,8%	15,9%
	Strømforbruksmodellen	113	33,5%	41,9%
	Sum	270	80,1%	100,0%
Mangler		67	19,9%	
Sum		337	100,0%	

Spørsmålsteksten var: «*En lommelyktpære er koplet til et batteri slik at lampa lyser. Hvilken forklaring synes du er best?*». Svaralternativet som i tabellen er kodet som «*Ingen hverdagsforestilling*» hadde teksten: «*Strømmen går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Den får glødetråden til å lyse, og like mye strøm går tilbake gjennom den andre ledningen.*». Alternativet som er kodet som «*Kollisjonsmodellen*» var: «*Det går strøm til lampa gjennom*

## Resultat

*begge ledninger. Strømmen møtes i glødetråden og får den til å lyse.»* Alternativet for «*En-pols-modellen*» var: «*Det går strøm til lampa fra en av polene på batteriet. Strømmen får glødetråden til å lyse»*. Og til slutt, alternativet for strømforbruksmodellen var: «*Strøm går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Strømmen får glødetråden til å lyse. Det som er igjen av strøm, går tilbake til batteriet»*. Resultatene fra spørsmålet er presentert i tabell 4.2.3-a.

Det alternativet som tyder på at elevene ikke har en hverdagsforestilling hadde lavest oppslutning. Bare 15,6% av elevene som svarte på spørsmålet har tilsynelatende ingen hverdagsforestilling om elektriske kretser på dette nivået. Like interessant er det at 41,9% av deltagerne trolig anvendte strømforbruksmodellen når de vurderte kretsen. Kollisjonsmodellen var det nest mest besvarte med 26,7%, og en-pols-modellen hadde en oppslutning på 15,9%.

Tabell 4.2.3-a viser at det er et meget stort frafall på denne variabelen. Hele 19,9% valgte å ikke besvare oppgaven. Fra de to forrige spørsmålene har vi observert at elevene heller tipper enn å la vær å svare, så dette kan ikke forklare det store frafallet. Som nevnt flere ganger unnlot mange av deltagerne å svare på spørsmålene fra denne undersøkelsen på grunn av at de ikke hadde gjennomgått stoffet på skolen på forhånd. Dette var tilfelle for tre klasser, og det er derfor rimelig å anta at dette forklarer mesteparten av frafallet. Siden deltagerne ikke svarte på grunn av at de ikke har fått undervisning om temaet, er frafallet systematisk.

Hvor mye dette påvirker spørsmålets validitet, er vanskelig å si. Hverdagsforestillinger er veldig standhaftige (Angell et al., 2011; Chiu & Lin, 2005; Jaakkola et al., 2011; Sjøberg, 2009), men de avtar også med alder og undervisning (Olsen, 2018; Shipstone, 1984; Sjøberg, 1986). Det er derfor utfordrende å finne en god måte å korrigere for frafallet. Problemet er å finne ut hvilke kategorier de manglende deltagerne bør plasseres i. Olsen (2018) mener at en-pols-modellen er den hverdagsforestillingen som raskest avtar med undervisning, mens resultatene fra SISS viser at kollisjonsmodellen avtar mest, og at strømforbruksmodellen øker med mer undervisning (Sjøberg, 1986). Begge undersøkelsene er enig i at bruken av den vitenskapelig korrekte modellen øker med mer undervisning. Hvis frafallet hadde besvart spørsmålet, ville de ut i fra resultatene til Olsen (2018), Shipstone (1984) og SISS (Sjøberg, 1986) fordelt seg over alle fire alternativene, men mer på en-pols-modellen og kollisjonsmodellen, og minst på ingen hverdagsforestilling. Selv om dette gir et inntrykk av hvordan fordelingene kunne ha vært, er det vanskelig å korrigere variabelen uten å vite helt konkret hvor mye hver kategori bør vektas.

Et annet alternativ er å korrigere ut i fra de resultatene som allerede finnes. Hvis man antar at de som har besvart spørsmålet, men som ikke har hatt elektrisitetslære enda, er representativ for de som ikke besvarte spørsmålet, kan fordelingen til den førstnevnte gruppen brukes for å fordele de som mangler på de forskjellige svaralternativene. Det er etter min mening en rimelig antagelse, siden vi vet at de fleste som ikke svarte på spørsmålet, ikke har hatt undervisning om temaet enda. Fordelingen for de som har besvart spørsmålet, men som ikke har hatt elektrisitetslære på ungdomsskolen, er: Ingen hverdagsforestilling – 12,1%; kollisjonsmodellen – 28,6%; en-pols-modellen – 13,2%; strømforbruksmodellen – 46,2%. Det vil si at 12,1% av de som mangler plasseres i «*Ingen hverdagsforestilling*», 28,6% plasseres i «*En-pols-modellen*» osv. Tabell 4.2.3-b viser en sammenligning mellom variabelen før og etter denne korrigeringen. Kolonnene «*Gyldig prosent ukorrigert*» og «*Prosent korrigeret*» gir best sammenligningsgrunnlag.

Tabell 4.2.3-b: Korrigeringsalternativ for hverdagsforestillingsspørsmålet

<b>Korrigeringsalternativ for hverdagsforestillingsspørsmålet</b>				
		Prosent ukorrigert	Gyldig prosent ukorrigert	Prosent korrigeret
Gyldige svar	Ingen hverdagsforestilling	12,5%	15,6%	14,9%
	Kollisjonsmodellen	21,4%	26,7%	27,0%
	En-pols-modellen	12,8%	15,9%	15,4%
	Strømforbruksmodellen	33,5%	41,9%	42,4%
	Sum	80,1%	100,0%	100,0%
Mangler		19,9%		0%
Sum		100,0%		100,0%

Med en forskjell på 0,7 prosentpoeng, er det kategorien for ingen hverdagsforestilling som ble mest påvirket av korrigeringen. Men 0,7 prosentpoeng er veldig lite. Hvis vi behandler mengde

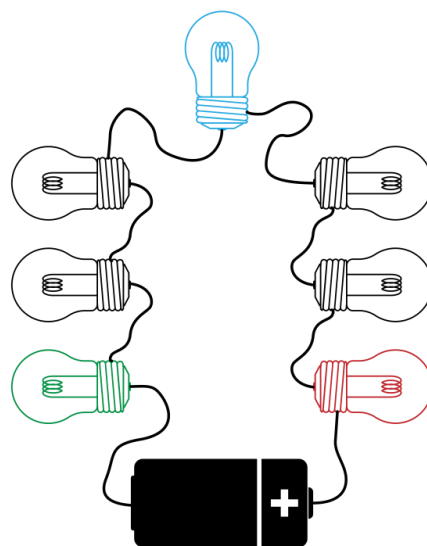
## Resultat

undervisning som en nominell variabel, viser en korrelasjonsanalyse mellom undervisningsmengde og denne variabelen en svak, ikke-signifikant korrelasjon (Cramers  $V = 0,075$ ;  $p = 0,840$ ). Dette betyr at det er nesten ingen sammenheng mellom variablene, og den sammenhengen som finnes, er mest sannsynlig tilfeldig. Det gir da mening at korrigeringen av variabelen hadde veldig liten påvirkning på resultatet. Så liten faktisk at variabelen får stå slik som den er med et høyt frafall.

### 4.2.4 Seriekoblingsspørsmålet

Dette spørsmålet tester elevenes forståelse for seriekobling, og ble presentert i kapittel 3.1.1.4. Spørsmålet lyder: «Hvilken lyspære vil lyse sterkest». Kretsen det refereres til, vises i figur 4.2.4-a. Svaralternativene, samt hvordan deltagerne fordelte seg mellom alternativene, finnes i tabell 4.2.4-a.

Det riktige alternativet, «Alle vil lyse like sterkt», hadde høyest oppslutning med 39,2%. Som nevnt i kapittel 3.1.1.4, kan alternativet «Den blå» tyde på at eleven har anvendt kollisjonsmodellen siden den blå lyspæren er i midten. Grønn og rød lyspære finnes i hver sin ende av kretsen. Hvis man anvender



Figur 4.2.4-a: Figuren for seriekoblingsspørsmålet

strømforbruksmodellen kan man anta at en av disse vil lyse sterkest, men hvilken vil avhenge av om man tar utgangspunkt i strømretningen (fra + til –) eller elektronstrømmen (fra – til +) når man besvarer spørsmålet. 27,5% svarte «Den blå», mens rød og grønn hadde en oppslutning på henholdsvis 21,6% og 11,7%.

Tabell 4.2.4-a: Frekvenstabell for seriekoblingsspørsmålet

<b>Seriekoblingsspørsmålet</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Den røde	59	17,5%	21,6%
	Den blå	75	22,3%	27,5%
	Den grønne	32	9,5%	11,7%
	Alle vil lyse like sterkt (korrekt)	107	31,8%	39,2%
	Sum	273	81,0%	100,0%
Mangler		64	19,0%	
Sum		337	100,0%	

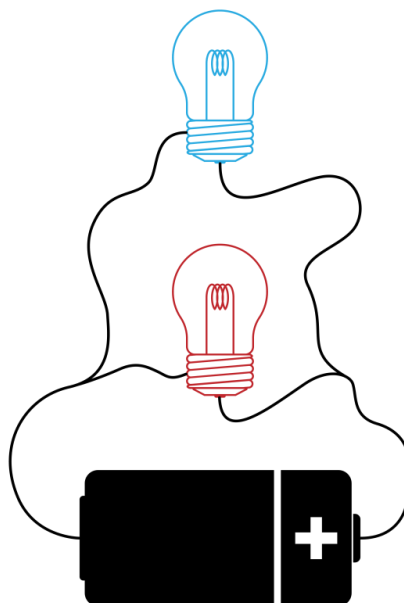
Vi ser at frafallet er nesten identisk med det forrige spørsmålet, men denne gangen er korrelasjonen mellom undervisningsmengde og det aktuelle spørsmålet signifikant (Cramers  $V = 0,172$ ;  $p = 0,025$ ). Dette tyder på at påvirkningen en korrigerer vil ha på resultatet, faktisk er reell. Men siden korrelasjonen er svak, vil denne påvirkningen være liten. En korrigerer som er gjort på samme måte som ved forrige variabel, gav som forventet en liten effekt på resultatet. Korrigeringen hadde størst effekt på alternativet «*Den blå*», med en økning på 1,3 prosentpoeng. Siden forskjellen før og etter korrigeringen er såpass liten, og at korrigeringen er basert på antagelsen om at deltagerne uten undervisning er representative for deltagerne som mangler, vil heller ikke denne variabelen bli korrigeret.

#### 4.2.5 Parallellkoblingsspørsmålet

Resultatene for oppgaven som testet elevenes forståelse for parallellkobling, finnes i tabell 4.2.5-a. Denne kretsen består av to lyspærer som er parallellkoblet, og finnes i figur 4.2.5-a. Igjen gikk oppgaven ut på å identifisere lyspæren som lyser sterkest. Det riktige alternativet er: «*De vil lyse like sterkt*», som 39,7% svarte. Det som er mer interessant er at 48,9% svarte at den røde lyser sterkest, sammenlignet med 11,4% som svarte at den blå ville lyse sterkest. Som

## Resultat

vi ser i figur 4.2.5-a er den røde lyspæren tegnet nærmest batteriet. Det er mulig at elevene tenkte at den ville lyse sterkest, siden strømmen hadde kortest vei å gå. En ledning har for så vidt litt motstand, så i teorien hadde den røde lyspæren lyst litt sterkere enn den blå. Men i realiteten hadde denne forskjellen vært forsvinnende liten sammenlignet med andre faktorer. Med bare noen få centimeter forskjell på ledningslengdene hadde nok ikke forskjellen i lysstyrken vært målbar. «*De vil lyse like sterkt*» vil derfor være det eneste poenggivende alternativet for dette spørsmålet. Frafallet er også her nesten det samme som ved de forrige spørsmålene. Sammenhengen mellom undervisningsmengde og variabelen er svak og ikke-signifikant (Cramers  $V = 0,100$ ;  $p = 0,299$ ). På grunn at dette vil heller ikke denne variabelen bli korrigert.



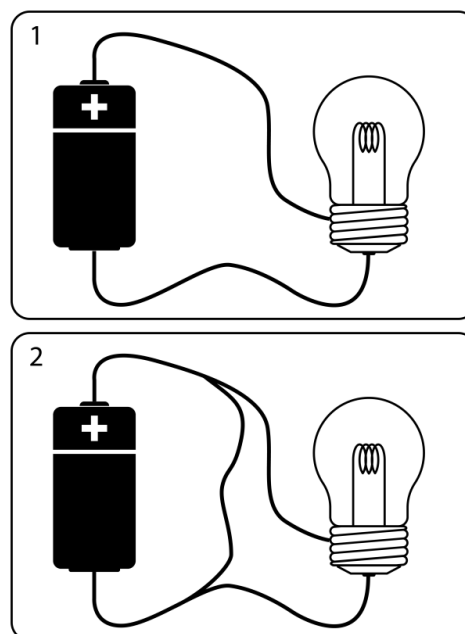
Figur 4.2.5-a: Figuren for parallellkoblingsspørsmålet

Tabell 4.2.5-a: Fordelingstabell for parallellkoblingsspørsmålet

<b>Parallellkoblingsspørsmålet</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Den blå	31	9,2%	11,4%
	Den røde	133	39,5%	48,9%
	De vil lyse like sterkt (korrekt)	108	32,0%	39,7%
	Sum	272	80,7%	100,0%
Mangler		65	19,3%	
Sum		337	100,0%	

#### 4.2.6 Kortslutningsspørsmålet

Det nest siste spørsmålet på prøven handler om kortslutning, og er presentert i kapittel 3.1.1.6. Spørsmålet var «*For hvilke kretser vil lampen lyse?*». Kretsene er gjengitt i figur 4.2.6-a. Svaralternativene var «*Krets 1*», «*Krets 2*» og «*Begge kretsene*». Resultatene i tabell 4.2.6-a viser at 70,4% av elevene mente at lyspæren bare ville lyse i den fungerende kretsen, og bare 3,0% mente at lyspæren bare lyste i den kretsen der batteriet var kortsluttet. Overraskende nok mente 26,7% at lyspæren ville lyse i begge kretsene. Som nevnt i kapittel 3.1.1.6 er det som forventet at mange svarte riktig på spørsmålet da den fungerende kretsen (Krets 1) var den samme som ble brukt i spørsmålet som tester for hverdagsforestillinger, og der var det forklart i oppgaveteksten at kretsen var fungerende.



Figur 4.2.6-a: Figuren for kortslutningsspørsmålet

Tabell 4.2.6-a: Fordelingstabell for kortslutningsspørsmålet

<b>Kortslutningsspørsmålet (For hvilken krets vil lyspæren lyse?)</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Krets 1	190	56,4%	70,4%
	Krets 2	8	2,4%	3,0%
	Begge kretsene	72	21,4%	26,7%
	Sum	270	80,1%	100,0%
Mangler		67	19,9%	
Sum		337	100,0%	

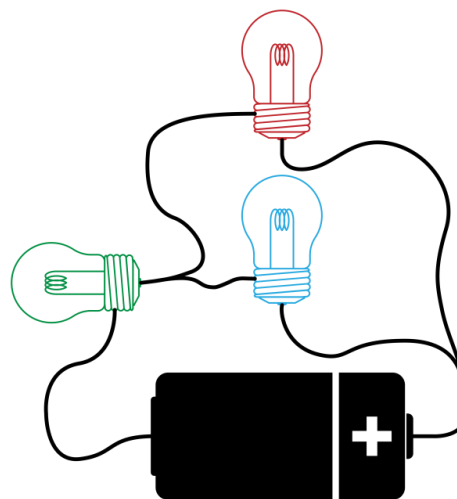


## Resultat

Når det gjelder frafallet, er det også for kortslutningsspørsmålet veldig høyt. Men den lave sammenhengen mellom undervisningsmengden og variabelen er langt ifra signifikant (Cramers  $V = 0,066$ ;  $p = 0,717$ ). Variabelen blir derfor ikke korrigert.

### 4.2.7 Kombinasjonsspørsmålet

Det siste og kanskje mest utfordrende spørsmålet på prøven er kombinasjonsspørsmålet. Spørsmålet er presentert i kapittel 3.1.1.7. Oppgaveteksten var: «Hvilken lyspære vil lyse sterkest?», med alternativene «Den blå», «Den røde», «Den grønne» og «Den blå og den røde vil lyse sterkere enn den grønne». Det riktige alternativet er at den grønne vil lyse sterkest. Kretsen er illustrert i figur 4.2.7-a, og resultatene finnes i tabell 4.2.7-a. I forhold til frafallet gjelder det samme som sist. Størrelsen på frafallet er omtrent like stort, med en ubetydelig ikke-signifikant korrelasjon med undervisningsvariabelen (Cramers  $V = 0,083$ ;  $p = 0,771$ ). Det vil derfor ikke bli gjort noe for å korrigere for frafallet.



Figur 4.2.7-a: Figuren for kombinasjonsspørsmålet

Som sagt er det alternativet «Den grønne» som er korrekt. Det hadde en oppslutning på 26,8%. De fleste mente at de to lyspærene som var parallellkoblet (blå og rød) ville lyse sterkest. Dette alternativet hadde en oppslutning på 40,4%. Det er vanskelig å se en god forklaring på hvorfor dette var et så populært alternativ. En mulig forklaring kan være at elever tidligere har erfart at lyspærer koblet parallelt lyser sterkere enn lyspærer koblet i serie. En annen forklaring kan være at elevene anvender strømforbruksmodellen, og antar at lyspærene nærmest plusspolen vil lyse sterkest. I likhet med spørsmålet som omhandler parallellkoblinger, var det også for denne variabelen et flertall som mente at den blå lyspæren, som var nærmest batteriet, lyste sterkere enn den røde. 23,5% oppslutning for den blå, mot 9,2% for den røde.

Tabell 4.2.7-a: Fordelingstabell for kombinasjonsspørsmålet

<b>Kombinasjonsspørsmålet</b>				
		Frekvens	Prosent	Gyldig prosent
Gyldige svar	Den blå	65	19,3%	23,8%
	Den røde	25	7,4%	9,2%
	Den grønne (korrekt)	73	21,7%	26,7%
	Den blå og den røde vil lyse sterkere enn den grønne	110	32,6%	40,3%
	Sum	273	81,0%	100,0%
Mangler		64	19,0%	
Sum		337	100,0%	

#### 4.2.8 Poengvariabelen

Den siste variabelen som skal presenteres, er poengvariabelen. Dette er en variabel som er konstruert ut i fra deltagerne svar på de syv poenggivende spørsmålene beskrevet ovenfor. Deltagerne får ett poeng for hvert riktig svar. Det er derfor mulig å oppnå syv poeng. Av de som gjennomførte prøven, er det 55 som ikke har svart på noen av spørsmålene som ble lagt til i forbindelse med undersøkelsen. Dette ville vært uproblematisk om frafallet hadde vært tilfeldig, men som nevnt flere ganger fikk ikke disse undervisning om temaet før de besvarte prøven (Ringdal, 2013). Dette gjør frafallet systematisk, noe som svekker spørsmålets ytre validitet (Holme & Solvang, 1996; Ringdal, 2013). Hvis denne variabelen skal være representativ for populasjonen, må den derfor korrigeres.

Den enkleste måten å fylle inn manglende informasjon på er ifølge Ringdal (2013) å erstatte de manglende verdiene med det øvrige utvalgets gjennomsnitt. Siden de som mangler fra spørsmålene til undersøkelsen ikke har hatt undervisning om temaet, vil de manglende verdiene bli erstattet med gjennomsnittspoengsummen for gruppen som besvarte spørsmålene, uten at de på forhånd hadde fått undervisning om temaet. Denne gruppen fikk i snitt 1,74 poeng på

## Resultat

spørsmålene som ble lagt til prøven. Deltagerne som utgjør frafallet, får derfor 1,74 poeng på disse spørsmålene. Poengene blir lagt til en eventuell poengsum de opparbeidet seg på Newtonrommets to spørsmål. Tabell 4.2.8-a viser beskrivende statistikk for variabelen før og etter korrigeringen, i tillegg til et tredje alternativ som ekskluderer de som ikke svarte de aktuelle spørsmålene.

Tabell 4.2.8-a: Tre forskjellige måter å summere poeng

Alternativ Statistikk	Inkludering av alle	Ekskludering av de som mangler	Korrigerings av de som mangler
Antall	337	282	337
Gjennomsnitt	2,54	2,84	2,82
Spisshet	-0,264	-0,149	0,000
Skjevhet	0,243	0,294	0,310
Minimum	0	0	0
Maksimum	6	6	6

I gjennomsnittsraden i tabell 4.2.8-a kan det observeres at korrigering av utvalget har ført til høyere gjennomsnitt enn inkludering. Dette er fordi 55 deltagere fikk 1,74 poeng mer. Ekskludering ville ha ført til et enda høyere gjennomsnitt. Dette er fordi de 55 elevene som ble fjernet, ville ha gjort det dårligere enn resten på grunn av lite undervisning. Som sagt er problemet med denne løsningen at en gruppe i populasjonen blir underrepresentert i undersøkelsen, som fører til at spørsmålet ikke lenger er representativt for populasjonen, noe som svekker dens ytre validitet. På grunn av at analysene bygger på listevise utelatelse, hadde problemet også blitt videreført til alle analysene som denne variabelen er en del av. I neste kapittel skal korrelasjon mellom variablene for poeng og kjønn måles. Hvis de som ikke svarte på undersøkelsens spørsmål hadde blitt ekskludert fra denne variabelen, ville deltagerne uten undervisning blitt kraftig underrepresentert i analysen. Reduksjonen i validitet som poengvariabelen opplevde som en konsekvens av ekskluderingen, hadde altså blitt videreført til korrelasjonsanalysen. Enda verre hadde det blitt hvis variabelen ikke hadde blitt korrigeret, altså

det alternativet som i tabell 4.2.8-a kalles «*Inkludering av alle*». Når korrelasjon mellom poengvariabelen og undervisningsvariabelen i neste kapittel skal undersøkes, ville deltagerne uten undervisning hatt en mye lavere poengsum enn det de ville ha fått om de svarte på alle spørsmålene. Dette hadde ført til en mye høyere korrelasjon enn det som faktisk finnes i populasjonen, noe som betyr at analysen ikke er representativ for populasjonen.

I forhold til spissitet på fordelingskurvene har både ekskludering og korrigerende en spissere fordelingskurve enn inkludering. Dette betyr at det er mindre spredning på resultatene, noe som gir mening siden en del resultat som var veldig lav på skalaen ved ekskludering, er blitt fjernet, og med korrigerende flyttet lenger opp på skalaen. Det sistnevnte påvirker naturligvis spredningen mest.

Tabell 4.2.8-a viser altså at korrigerende har virket som forventet. Dette, i kombinasjon med problemene med inkludering og ekskludering, styrker konklusjonen om at korrigerende alternativet er den riktige veien å gå. Det vil si at når det senere refereres til poengvariabelen, er det den korrigerende variabelen beskrevet i dette kapitlet det er snakk om. Altså det alternativet der de som ikke besvarte noen av spørsmålene som ble lagt til Newtonrommets prøve i forbindelse med denne undersøkelsen, har fått 1,74 poeng mer enn de oppnådde på Newtonrommets to spørsmål.

Til slutt er det verdt å nevne fordelingskurvenes skjevhet. I skjevhetsraden for tabell 4.2.8-a kan det observeres at alle tre fordelingskurvene har en positiv skjevhet. En positiv skjevhet betyr at de fleste deltagerne har fått mindre poeng enn gjennomsnittet, noe som betyr at noen få med veldig høy poengsum drar opp snittet. Skjevheten er størst for den korrigerende variabelen. Årsaken til dette er at de med lavest poengsum er blitt flyttet oppover skalaen, uten at det påvirker typetallet. Forskjellen mellom typetallet og gjennomsnittet er da blitt enda større. At skjevheten er såpass stor for alle tre alternativene, tyder på at de fleste elevene fant prøven vanskelig. Denne teorien styrkes også av at ingen deltagere svarte korrekt på alle spørsmålene og fikk syv poeng.

## Resultat

## 5 Analyse og diskusjon

Nå som resultatene fra undersøkelsen er presentert, skal det drøftes hvilken betydning resultatene har for forskningsspørsmålene og problemstillingen. Kapittelet er oppdelt i fem deler. De fire første delene representerer de fire forskningsspørsmålene, og inneholder de analysene og drøftingene som er nødvendig for å besvare spørsmålene. I den siste delen vil alle forskningsspørsmålene bli tatt i betraktning for å besvare problemstillingen.

Siden de fleste korrelasjonsanalysene kan beskrives uten bruk av tabeller, er det i dette kapittelet få tabeller sammenlignet med resultatkapittelet. Imidlertid er det nødvendig med krysstabeller for å analysere sammenhengen mellom dikotome variabler, og variabler på ordinalnivå. Krysstabellene inneholder prosenttall som er summert kolonnevis, noe som medfører at sammenligningen av tall i tabellen må skje på tvers av kolonnene. Sammenhengen blir beskrevet med prosentdifferanser, og kji-kvadrattesten avgjør om forskjellene er signifikante. For de resterende analysene er de forskjellige korrelasjonsmålene som ble presentert i kapittel 3.2.3 brukt, med tilhørende test for signifikans. For hver analyse blir det presisert hvilket korrelasjonsmål som er benyttet.

### 5.1 Hvor utbredt er hverdagsforestillinger om elektrisitet hos elevene?

Når det gjelder hverdagsforestillinger, ble elevene testet for tre forskjellige: Strømforbruksmodellen, en-pols-modellen og kollisjonsmodellen. Prøven inneholdt et spørsmål som var konstruert for å avdekke elevenes hverdagsforestillinger. Dette spørsmålet, som ble presentert i kapittel 4.2.3, viste at strømforbruksmodellen, med en oppslutning på 41,9%, er den mest vanlige, etterfulgt av kollisjonsmodellen på 26,7%, og en-pols-modellen på 15,9%. 15,6% av elevene brukte trolig ingen av hverdagsforestillingene for å besvare spørsmålet. Sjøberg (2009) forteller at elever ofte anvender forskjellige hverdagsforestillinger i møte med forskjellige problemer innen elektrisitetslære. Olsen (2018) konkluderte også med det samme i sin undersøkelse. Hvis elevene bytter mellom hverdagsforestillingene, er det vanskeligere å si noe om hvor utbredt de er. Om dette er tilfelle, kan undersøkes ved å se om elevene som brukte en av hverdagsforestillingene på dette spørsmålet, brukte den samme hverdagsforestillingen på andre spørsmål. På denne måten kan det undersøkes om elevene bruker en hverdagsforestilling konsekvent, eller om de bytter med kretsen som skal forklares.

### 5.1.1 Strømforbruksmodellen

I kapittel 3.1.1 ble det nevnt at det finnes fire spørsmål der ett eller flere av svaralternativene kan tyde på at deltageren har anvendt strømforbruksmodellen. Til sammen er det seks svaralternativer som kan tyde på at en elev har anvendt strømforbruksmodellen for å besvare spørsmålet.

1. Det første alternativet er strømforbruksalternativet på hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3).
2. For seriekoblingsspørsmålet (3.1.1.4) kan strømforbruksmodellen anvendes med utgangspunkt i elektronretningen for å komme fram til konklusjonen om at lyspæren nærmest minuspolen på batteriet vil lyse sterkest.
3. På det samme spørsmålet er det også mulig å anvende den sammen hverdagsforestillingen med utgangspunkt i strømretningen for å konkludere med at lyspæren nærmest plusspolen vil lyse sterkest.
4. For kombinasjonsspørsmålet (3.1.1.7), der en lyspære står i serie med to lyspærer i parallell, kan man også anvende strømforbruksmodellen. Hvis man anvender hverdagsforestillingen med utgangspunkt i elektronretningen kan man anta at den ensomme lyspæren, som er nærmest minuspolen, vil lyse sterkest. Dette er altså det korrekte alternativet, men man kan komme fram til riktig konklusjon ved å anvende strømforbruksmodellen på dette spørsmålet. Som nevnt tidligere er det ikke uvanlig at man kan konkluderer riktig, selv om man anvender en hverdagsforestilling for å løse problemet (Angell et al., 2011).
5. På kombinasjonskretsen er det mulig å anvende strømforbruksmodellen med utgangspunkt i elektronretningen for å konkludere med at de to lyspærene som er koblet parallelt og er nærmest plusspolen, vil lyse sterkere enn den ensomme.
6. Til slutt kan det ene alternativet for spørsmålet «*Strøm i lukket krets*» (3.1.1.1) virke logisk for en som anvender strømforbruksmodellen. Som nevnt tidligere gjelder dette alternativet som påstår at elektronene blir oppbrukt i lyspæren.

For hvert av disse seks alternativene er det blitt konstruert en dummyvariabel som viser om deltagerne valgte det aktuelle alternativet eller ikke. Eller sagt på en annen måte: Om deltageren kan ha anvendt strømforbruksmodellen på det aktuelle spørsmålet. Dette ble gjort for å undersøke om det finnes en sammenheng mellom variablene. Hvis det finnes en signifikant sammenheng, kan det tyde på at deltagerne holder seg til strømforbruksmodellen på tvers av

spørsmålene. Hvis det derimot ikke finnes noen sammenheng mellom variablene, tyder det på at elevene bytter hverdagsforestillinger mellom spørsmålene, slik som Sjøberg (2009) og Olsen (2018) mener de gjør.

Hvis alle 6 variablene testes mot hverandre, vil det resultere i 36 korrelasjonsanalyser. 6 av disse er analyser der en variabel blir testet mot seg selv, og ytterlige fire er analyser der et svaralternativ for et spørsmål blir testet mot et annet svaralternativ for det samme spørsmålet. Det gir imidlertid ingen mening å utføre disse 10 testene. Det er derfor de 26 gjenværende kombinasjonene som vil bli undersøkt.

Dummyvariabelen som representerer de som mener at elektronene blir oppbrukt i lyspæren på spørsmålet «*Strøm i lukket krets*» (3.1.1.1), hadde ingen signifikant korrelasjon med noen av de andre variablene. Det er merkelig at dette spørsmålet ikke viste en betydelig sammenheng med hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3), da svaralternativene var såpass like ( $\Phi = 0,048$ ;  $p = 0,440$ ). Svaralternativet for «*Strøm i lukket krets*» (3.1.1.1) var «*Batteriet sender elektroner til lyspæren hvor de brukes opp og blir til varme og lys*», og alternativet for hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3) var «*Strøm går inn i lampen gjennom den ene ledningen. Strømmen får glødetråden til å lyse. Det som er igjen av strøm, går tilbake til batteriet.*». Den viktigste forskjellen er nok at det sistnevnte alternativet mener at det er noe strøm som går tilbake, mens det første sier at alt blir oppbrukt. I tillegg er det elektroner som er objektet som blir oppbrukt i det ene spørsmålet, mens det er strømmen det snakkes om i det andre. For spørsmålet «*Strøm i lukket krets*» (3.1.1.1) viser figuren (figur 3.1.1-b) at det finnes elektroner på begge sidene av lyspæren. Dette er nok en viktig grunn til at så få har valgt dette alternativet. Hvis de med strømforbruksmodellen ikke valgte alternativet som sier at elektronene blir oppbrukt på grunn av at de ser på tegningen at de ikke blir oppbrukt, kan det forklare hvorfor vi ikke observerer en korrelasjon mellom variablene.

Når det gjelder hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3), har den bare én statistisk signifikant korrelasjon med en annen variabel. Det finnes en samvariasjon mellom denne og det svaralternativet i seriekoblingsspørsmålet (3.1.1.4) som tyder på strømforbruksmodellen med utgangspunkt i strømrretningen ( $\Phi = 0,123$ ;  $p = 0,045$ ). Alternativet for strømforbruksmodellen med utgangspunkt i strømrretning har i tillegg en negativ korrelasjon med alternativet for strømforbruksmodellen med utgangspunkt i elektronretningen på kombinasjonsspørsmålet (3.1.1.7) ( $\Phi = -0,126$ ;  $p = 0,039$ ). En negativ korrelasjon her kan tyde på at elevene ikke bytter mellom å analysere kretser med hensyn på elektronenes eller strømmens retning, men



holder seg konsekvent til ett av alternativene. Denne antagelsen blir også støttet av at de som ifølge seriekoblingsspørsmålet (3.1.1.4) brukte strømforbruksmodellen med elektronretningen, har en tendens til å anvende den samme hverdagsforestillingen på kombinasjonsspørsmålet (3.1.1.7) ( $\Phi = 0,170$ ;  $p = 0,005$ ).

For de resterende 22 kombinasjonene var det ingen statistisk signifikante sammenhenger. Som sagt kan dette tyde på at elevene bytter mellom hverdagsforestillinger for de forskjellige spørsmålene. En annen forklaring kan være at elevene tipper. I kapitlet der poengvariabelen ble presentert (4.2.8), ble det spekulert i at mange elever fant prøven vanskelig. Det er kanskje da sannsynlig at mange elever tippet på flere av spørsmålene. Uansett anvender ikke deltagerne strømforbruksmodellen konsekvent. Men det ser ut som at deltagerne er mer konsekvent i forhold til om de analyserer kretsen i lys av elektronretningen eller strømretningen. Selv om hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3) tyder på at 42% av elevene anvender strømforbruksmodellen, er det likevel vanskelig å si noe om hvor utbredt denne hverdagsforestillingen er, siden elevene noen ganger anvender den, og andre ganger ikke.

### 5.1.2 Kollisjonsmodellen

Kollisjonsmodellen kan anvendes på to av spørsmålene. Det første er spørsmålet som tester for hverdagsforestillinger (3.1.1.3), og det andre er seriekoblingsspørsmålet (3.1.1.4). På seriekoblingsspørsmålet er det alternativet som sier at lyspæren i midten vil lyse sterkest som kan tyde på en anvendelse av kollisjonsmodellen. Tanken er da at siden det ifølge kollisjonsmodellen kommer strøm fra begge batteripolene som møtes i lyspæren, vil denne lyspæren få dobbelt så mye strøm som resten, og dermed lyse dobbelt så sterkt.

Siden det bare er to svaralternativer som kan tyde på at deltageren anvendte kollisjonsmodellen trengs det bare én korrelasjonsanalyse for å se om det er en sammenheng mellom variablene. Analysen viser en middels og signifikant korrelasjon ( $\Phi = 0,241$ ;  $p < 0,001$ ), noe som kan tyde på at elever med kollisjonsmodellen til en viss grad holder seg til denne hverdagsforestillingen selv om problemet forandrer seg. Korrelasjonen er mye sterkere enn sammenhengene som finnes hos de som anvender strømforbruksmodellen, noe som tyder på at de som anvender kollisjonsmodellen, gjør det mer konsekvent. Hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3) rapporterte en utbredelse på 26,7% for kollisjonsmodellen. Dette tallet er nok mer nøyaktig enn det tilsvarende tallet for strømforbruksmodellen, da det ser ut som at

deltagerne som anvender kollisjonsmodellen gjør det mer konsekvent enn de som anvender strømforbruksmodellen.

### 5.1.3 En-pols-modellen

15,9% av elevene brukte ifølge hverdagsforestillingsspørsmålet (3.1.1.3) en-pols-modellen. Ingen av de andre svaralternativene på prøven kan tyde på at deltageren har anvendt denne hverdagsforestillingen, så det finnes ingen spørsmål å sammenligne med. Det er også vanskelig å trekke en konklusjon ut ifra resultatene fra analysene av de forrige to hverdagsforestillingene. De som brukte strømforbruksmodellen, var veldig lite konsekvent, mens de som anvender kollisjonsmodellen, var mer konsekvent. Ut i fra disse to sprikende datapunktene er det vanskelig å si noe om hvor nøyaktig en utbredelse på 15,9% egentlig er.

Oppgavesettet kan forårsake en kognitiv konflikt hos de elevene som viste en-pols-tenking på hverdagsforestillingsspørsmålet når de skal besvare de andre spørsmålene. Svaralternativene for de resterende spørsmålene gir ikke elevene mulighet til å anvende en-pols-modellen, de må da finne en alternativ forestilling. Oppgavesettet kan dermed ha ført til at resultatene feilaktig tyder på at elevene bytter mellom hverdagsforestillingene i for stor grad.

### 5.1.4 Konklusjon

Under designet av spørreskjemaet ble det bestemt at bare ett spørsmål skulle brukes for å finne ut hvor utbredt hverdagsforestillingene er blant 9. trinnselevne i Trondheim kommune. Avgjørelsen ble begrunnet i kapittel 3.1.1, og i kapittel 3.3 ble det konkludert med at valget reduserte spørsmålets reliabilitet. Resultatene fra dette ene spørsmålet gav følgende fordeling:

- 41,9% anvender strømforbruksmodellen
- 26,7% anvender kollisjonsmodellen
- 15,9% anvender en-pols-modellen
- 15,6% anvender ikke en hverdagsforestilling

En fordeling slik som dette er veldig enkel å forholde seg til, men som sagt er nøyaktigheten av tallene diskutabel. Elevene fikk ikke et «*vet ikke*»-alternativ, og måtte derfor velge mellom

ett av disse fire alternativene. Som nevnt i kapittel 3.4 reduserer dette spørsmålets validitet. I tillegg kan det se ut som at elevene bytter mellom hverdagsforestillinger når de møter forskjellige problemstillinger, noe som er i tråd med funnene til Olsen (2018) og Sjøberg (2009), men som også gjør det vanskelig å si noe om hvor utbredt hver av hverdagsforestillingene er.

Når det gjelder den observerte mangelen på konsekvent bruk av hverdagsforestillingene, kan det se ut som at deltagerne som anvender kollisjonsmodellen gjør det mer konsekvent enn de som anvender strømforbruksmodellen. Men siden det bare finnes to målingspunkt for kollisjonsmodellen, er det vanskelig å si om det bare er tilfeldig. Det kan hende at flere målinger hadde ført til en større usikkerhet, slik som for strømforbruksmodellen. Hvor konsekvent enpolsmodellen blir anvendt, kan det ikke sies noe om, da det bare eksisterer ett datapunkt for denne forestillingen.

Hvis man tar alt dette i betraktning, er det veldig vanskelig å si noe om hvordan elevene fordeler seg mellom de forskjellige hverdagsforestillingene, men alt tyder på at hverdagsforestillinger om elektrisitet er veldig utbredt blant 9. trinnselevne i Trondheim kommune.

## **5.2 Hvordan påvirker undervisning elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse?**

I kapittel 1.2 ble grunnleggende elektrisitetsforståelse definerte som en relasjonell forståelse for strøm, spenning, resistans og induksjon. Det er forståelsen for disse konseptene som er forsøkt kartlagt ved hjelp av spørreskjemaet. Poengvariabelen (4.2.8), som måler hvor mange riktige svar deltagerne fikk, er derfor et godt mål på elevens grunnleggende elektrisitetsforståelse. En korrelasjonsanalyse mellom poengvariabelen og variabelen som måler hvor mye undervisning elevene hadde fått før de besvarte prøven er en viktig del i å besvare forskningsspørsmålet. I tillegg vil sammenhengen mellom undervisningsvariabelen og hvert spørsmål som utgjør poengvariabelen, gi et mer detaljert bilde på denne sammenhengen. Det er også en ukjent i denne sammenhengen, og det er hva de som har startet med elektrisitetsundervisningen, men ikke er ferdig, har gjennomgått. Alle elevene har mottatt undervisningen fra Newtonrommet, med hva som er gjennomgått på skolene, er usikkert. En sammenligning mellom de som ikke har begynt, og de som er helt ferdig med elektrisitetsundervisningen er

nok derfor av størst interesse i forhold til dette forskningsspørsmålet.

Poengvariabelen er kontinuerlig og varierer fra 0 til 6, mens undervisningsvariabelen er på ordinalnivå med tre svaralternativer: Ingen undervisning, noe undervisning, eller at de er ferdig med den planlagte undervisningen om temaet. Tau-c er best egnet for å måle korrelasjon i denne sammenhengen (Ringdal, 2013). Den viser en korrelasjon på 0,164, med en p-verdi på 0,001. Det er altså en liten, men signifikant sammenheng mellom undervisning og poengsum. Korrelasjonsmålet er positivt, noe som betyr at jo mer undervisning elevene fikk før de besvarte prøven, jo mer poeng fikk de på prøven.

Som sagt har sammenhengen mellom undervisningsvariabelen og hvert enkelt spørsmål på prøven blitt undersøkt for å få et mer detaljert innblikk i hvordan undervisning påvirker elektrisitetsforståelsen til elevene. Også i denne sammenhengen ble det opprettet dummy-variabler for hvert spørsmål der 1 er riktig svaralternativ, og 0 er feil. Siden det er sammenhengen mellom dikotomier og en ordinalvariabel som ble undersøkt, ble prosent-differansen i en krysstabell brukt for å avgjøre korrelasjonen. Kjikvadrattesten ble brukt for å avgjøre om korrelasjonen er signifikant.

Det er bare to av spørsmålene som viser en signifikant korrelasjon med undervisningsmengde. Disse to er beskrevet i tabell 5.2.1-a og tabell 5.2.2-a. For å spare plass vil ikke krysstabellene der resultatene ikke var signifikante, bli presentert.

### **5.2.1 Forståelse for induksjon i forhold til mengde undervisning**

Tabell 5.2.1-a viser sammenhengen mellom induksjonsspørsmålet (3.1.1.2) og mengde undervisning. Kjikvadrattesten viser en p-verdi på 0,009, noe som er godt innenfor signifikansnivået på 0,050. Dette betyr at denne trenden høyst sannsynlig finnes i populasjonen.

Tabellen viser at av de med ingen undervisning om temaet svarte 43,2% riktig på induksjonsspørsmålet, og resten feil. Kolonnen til venstre viser at av de som hadde startet med undervisningen, men som ikke var ferdig da de besvarte prøven, svarte 62,1% riktig, noe som gir en forskjell på 18,9 prosentpoeng. Dette er en stor forskjell, som tyder på at undervisning virker positivt på forståelsen for induksjon. Kolonnen etter viser imidlertid at av de som er ferdig med undervisningen, svarte bare 41,3% riktig. Dette gir en forskjell på -20,8

## Analyse og diskusjon

prosentpoeng, som tyder på at mer undervisning fører til mindre forståelse, noe som strider med forrige kolonne. Resultatene tyder altså på at undervisning til en viss grad er positivt for forståelsen, men at for mye undervisning har en negativ effekt på elevenes forståelse for induksjon.

Tabell 5.2.1-a: Krysstabell for spørsmålet «Generering av strøm» og mengde undervisning.

		Mengde undervisning			Alle
		Ingen	Pågående	Ferdig	
Induksjon	Galt	56,8%	37,9%	58,7%	51,7%
	Riktig	43,2%	62,1%	41,3%	48,3%
Sum		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Antall		148	87	63	298

En mulig forklaring på denne merkelige sammenhengen kan være at elevene ikke har fått undervisning om induksjon på skolen før de besvarte prøven, bare på Newtonrommet. Undervisningsspørsmålet spør etter hvor mye «*elektrisitetslære*» de har hatt på ungdomsskolen. Hvis elevene ikke får undervisning om induksjon før 10. trinn, noe som ofte er tilfellet, gir det mening at elevene tenker at de er ferdig med «*elektrisitetslære på ungdomsskolen*» når de er ferdig med temaet på 9. trinn. Hvis dette er tilfelle, har elevene bare mottatt induksjonsundervisning på Newtonrommet, noe som medfører at alle elevene har fått like mye undervisning om temaet. I så fall er det meningsløst å sammenligne forståelsen for induksjon, med hvor mye elektrisitetsundervisning de har fått på skolen, da det sannsynligvis er ingen kausalitet mellom variablene.

For øvrig er det en sammenheng mellom god elektrisitetsforståelse, som målt av poengvariabelen, og riktig svar på induksjonsspørsmålet ( $r = 0,486$ ;  $p < 0,001$ ). Sammenhengen er litt misvisende siden et riktig svar på induksjonsspørsmålet direkte påvirker poengvariabelen, men sammenhengen kan likevel tyde på at god elektrisitetsforståelse er viktig for å forstå induksjon. Siden mer undervisning fører til bedre elektrisitetsforståelse ( $\text{Tau-c} = 0,164$ ;  $p =$

0,001) er det da veldig merkelig at mer undervisning til slutt fører til mindre forståelse for induksjon. Disse to observasjonene strider med hverandre, noe som styrker antagelsen om at elevene ikke har fått induksjonsundervisning på skolen selv om de har svart at de er ferdig med elektrisitetsundervisningen. Dette underbygger teorien om at korrelasjonsanalysen mellom undervisningsmengde og induksjonsspørsmålet faktisk bare er tull.

Som nevnt tidligere ble emneprøven gjennomført på skolene etter besøket på Newtonrommet. Det kan kanskje derfor tenkes at det gikk lengre tid mellom besøket og prøven for elevene som sa at de var ferdig med elektrisitetsundervisningen på skolen, enn de to andre gruppene. Hvis vi antar at dette er sant, kan resultatene fra tabell 5.2.1-a tyde på at elevene raskt glemmer induksjonsundervisningen de fikk på Newtonrommet. Selv om sammenhengen mellom Newtonromsspørsmålet «*Strøm i lukket krets*» og undervisningsmengde ikke var signifikant, kan den samme trenden observeres. Denne observasjonen styrker egentlig begge teoriene i like stor grad. Den hjelper derfor ikke for å avgjøre hvilken teori som kan være korrekt.

## 5.2.2 Forståelse for seriekobling i forhold til mengde undervisning

Tabell 5.2.2-a: Krysstabell for seriekoblingsspørsmålet og mengde undervisning

		Mengde undervisning			Alle
		Ingen	Pågående	Ferdig	
Seri kobling	Galt	67,4%	67,8%	43,8%	61,4%
	Riktig	32,6%	32,2%	56,3%	38,6%
Sum		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Antall		95	87	64	246

Tabell 5.2.2-a er en krysstabell for spørsmålet som handler om seriekobling, og variabelen for mengde undervisning. Med en p-verdi på 0,003 forteller kjikvadrattesten også denne gangen at mønsteret mest sannsynlig er å finne i populasjonen.

Fra ingen undervisning til noe undervisning er prosentandelen som har svart riktig, nesten helt lik. Men fra noe undervisning til ferdig er det en forskjell på 24,1 prosentpoeng. Dette betyr altså at undervisning og forståelse for temaet øker sammen. En mulig forklaring til at økningen i forståelse ikke kommer før elevene er ferdig med temaet, er at seriekobling kanskje blir gjennomgått mot slutten av undervisningen, da det krever en del forkunnskaper for å forstå. Hvis dummyvariabelen behandles som en ordinalvariabel, får tau-c en verdi på 0,181, med en p-verdi på 0,008. Dette bekrefter at det finnes en signifikant positiv sammenheng mellom forståelse for seriekobling og mengde undervisning.

### 5.2.3 Undervisning og hverdagsforestillinger

Som nevnt tidligere er hverdagsforestillinger et viktig aspekt av den grunnleggende elektrisitetsforståelsen. Fraværet av hverdagsforestillinger tyder derfor på en god forståelse for temaet. Det er derfor også konstruert en dummyvariabel basert på hverdagsforestillings-spørsmålet. Denne variabelen viser bare om deltageren har en hverdagsforestilling eller ikke, og tar ikke hensyn til hvilke hverdagsforestillinger deltagerne eventuelt har. I tabell 5.2.3-a er denne variabelen sammenlignet med undervisningsvariabelen for å se om en sammenheng mellom hverdagsforestillinger og mengde undervisning kan observeres.

Tabell 5.2.3-a: Krysstabell for hverdagsforestillinger og mengde undervisning

		Mengde undervisning			Alle
		Ingen	Pågående	Ferdig	
Hverdagsforestilling	Nei	12,0%	17,0%	20,3%	16,0%
	Ja	88,0%	83,0%	79,7%	84,0%
Sum		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Antall		92	88	64	244

Tabellen viser at av de som ikke hadde mottatt undervisning før de besvarte prøven, anvendte trolig 88,0% av deltagerne en hverdagsforestilling når de besvarte hverdagsforestillings-spørsmålet. For de deltagerne som hadde fått en del undervisning, var tallet redusert til 83,0%, altså en forskjell på -5 prosentpoeng. For de som var ferdig med undervisningen, var tallet redusert med ytterlige 3,3 prosentpoeng til 79,7%. Dette tyder på at elevene i større grad anvender det Osborne (1983) kaller den vitenskapelig korrekte modellen når de får mer undervisning. Men med en p-verdi fra kji-kvadrattesten på 0,354 er ikke resultatene signifikante, noe som betyr at resultatene ikke nødvendigvis holder i populasjonen. Det vil si at undervisningen ikke så lett rokker ved hverdagsforestillingene. Resultatene blir styrket av de er i tråd med funnene fra både SISS (Sjøberg, 1986) og Olsen (2018).

#### 5.2.4 Konklusjon

Hvis poengvariabelen anses som et godt mål på elevenes elektrisitetsforståelse, tyder resultatene på at mer undervisning fører til en bedre forståelse. Sammenhengen er signifikant, men størrelsen på sammenhengen er hva man vanligvis anser som lav ( $Tau-c = 0,164$ ;  $p = 0,001$ ). Når det er sagt, finnes det ingen tilsvarende tall å sammenligne korrelasjonene med, det er derfor vanskelig å si hvor betydningsfull sammenhengen egentlig er. En potensiell forklaring på at sammenhengen er så lav, kan være at elevene opplever temaet som veldig vanskelig, og at de ikke har fått nok undervisning til å oppnå en god forståelse. Sagt på en annen måte har ikke elevene fått nok undervisning til at effekten av undervisningen kommer til syne i resultatene. Som nevnt tidligere kan elevenes poengsum tyde på at de fant prøven vanskelig. Elevene burde kanskje derfor få mer undervisning om temaet, for å kunne opparbeide seg en god relasjonell elektrisitetsforståelse.

Av alle spørsmålene var det bare seriekoblingsspørsmålet som viste en signifikant sammenheng med mer undervisning. Det gir mening at de opprinnelige spørsmålene til Newtonrommet, altså spørsmålene «*Strøm i lukket krets*» og «*Generering av strøm*», har en veldig svak korrelasjon med undervisningsvariabelen, siden alle deltagerne har mottatt relevant undervisning om disse to temaene på Newtonrommet. I tillegg mener flere at hverdagsforestillinger er motstandsdyktige mot undervisning, så en svak korrelasjon med hverdagsforestillingsspørsmålet er heller ikke så overraskende (Angell et al., 2011; IEA, 1988; Olsen, 2018). Utenom disse fire spørsmålene var det tre spørsmål som ikke viste en signifikant



sammenheng med undervisningsvariabelen. Dette var spørsmålene om kortslutning ( $p = 0,701$ ), parallellkobling ( $p = 0,260$ ) og kombinasjonsspørsmålet, som kombinerte parallellkobling og seriekobling ( $p = 0,636$ ). Hvis undervisningen ikke har en signifikant påvirkning på de tre sistnevnte spørsmålene kan det tyde på at parallellkobling og kortslutning blir lagt lite vekt på i undervisningen. Dette betyr ikke nødvendigvis at elevene svarte dårlig på spørsmålet. Som nevnt i kapittel 4.2.6 svarte 72,8% av elevene korrekt på kortslutningsspørsmålet. Det betyr bare at undervisningen på ungdomsskolen hverken i positiv eller negativ retning har hatt en signifikant påvirkning på forståelsen for temaet.

For kortslutningsspørsmålet svarte mange riktig, men dette var ikke tilfellet for kombinasjonsspørsmålet. Vi så i kapittel 4.2.7 at 26,8% svarte riktig på dette. Det er bare 1,8 prosentpoeng mer enn hva man kan forvente om alle tippet. En forklaring på at undervisningsvariabelen ikke korrelerte med dette spørsmålet kan være at elevene ikke får undervisning om så komplekse kretser på ungdomsskolen. En annen forklaring kan være at parallellkobling ikke blir prioritert i undervisningen. Påstanden blir underbygget av det faktum at seriekoblingsspørsmålet korrelerte signifikant med korrelasjon med undervisningsvariabelen, mens parallellkoblingsspørsmålet ikke gjorde det.

I forhold til hverdagsforestillinger ser det ut som at mer undervisning fører til en reduksjon. Denne trenden er forholdsvis svak, og heller ikke signifikant ( $p = 0,354$ ). Dette betyr at resultatene kan være tilfeldig, men trenden er som sagt i tråd med tidligere forskning (Angell et al., 2011; IEA, 1988; Olsen, 2018) At undervisning tilsynelatende ikke har en påvirkning på elevenes hverdagsforestillinger, kan bety at undervisningen ikke er lagt opp til å motvirke dem. Dybdeløring har fått en sentral rolle i den nye læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2018). Dette mener jeg er et tydelig signal på at Utdanningsdirektoratet ønsker at elevene skal opparbeide seg en relasjonell forståelse uten hverdagsforestillinger. En relasjonell forståelse vil gjøre det lettere for elevene å overføre og anvende sine kunnskaper i nye situasjoner. Dette vil nok være viktig i det framtidige arbeidsmarkedet, som etter alt å dømme vil være mye mer skiftende enn dagens. Det er derfor bekymringsverdig at 84% av elevene i Trondheim kommune tilsynelatende har en hverdagsforestilling om elektrisitet, og at blant de som er ferdig med undervisningen om temaet, har fortsatt 80% en hverdagsforestilling om temaet. Vi som underviser elever i elektrisitet, burde nok være mer bevisst på dette, og legge en større innsats i å bekjempe dem.

### 5.3 Finnes det en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene?

Som nevnt tidligere er poengvariabelen et godt mål på grunnleggende elektrisitetsforståelse. En sammenheng mellom poengvariabelen og deltagerens kjønn kan derfor bidra til å besvare forskningsspørsmålet. Variabelen for kjønn er dikotom, og poengvariabelen er kontinuerlig. På grunn av dette er den punkt-biserielle korrelasjonskoeffisienten blitt benyttet for å se om det finnes en korrelasjon mellom variablene. Den viser  $-0,040$ , med en p-verdi på  $0,467$ . Det negative fortegnet betyr at når kjønnsvariabelen blir høyere, blir poengsummen lavere. Siden gutter er kodet som 0, og jenter som 1 betyr dette at jentene i datasettet har fått mindre poeng enn guttene. Men størrelsen på korrelasjonene er ubetydelig, og den høye p-verdien viser at resultatet like gjerne er tilfeldig. Dette tyder på at det ikke finnes en sammenheng mellom elektrisitetsforståelse og kjønn i populasjonen.

For få en mer detaljert besvarelse av forskningsspørsmålet vil det også bli undersøkt om et av kjønnene gjør det bedre på et eller flere tema. For hvert av spørsmålene er det opprettet en dummy-variabel der 1 er riktig, og 0 er galt svar på spørsmålet. På denne måten vil en positiv korrelasjon fortsatt bety at jentene har gjort det bedre, og en negativ korrelasjon betyr at guttene har gjort det bedre. Dummy-variablene og kjønnsvariabelen er alle dikotomier. Phi ble derfor brukt som korrelasjonsmål. Tabell 5.2.4-a viser phi og p-verdien for hvert av spørsmålene.

Tabell 5.2.4-a: Korrelasjon mellom riktig svar og kjønn, for alle poenggivende spørsmål.

Oppgave	Phi	p-verdi
Strøm i lukket krets	0,086	0,119
Induksjon	-0,126	0,023
Hverdagsforestilling	-0,092	0,129
Seriekobling	0,076	0,209
Parallellkobling	-0,020	0,736
Kortslutning	-0,140	0,022
Serie- og parallellkobling	-0,035	0,562

Induksjon og kortslutning er de eneste temaene der en kan se en signifikant korrelasjon mellom spørsmålet og deltagerens kjønn. Størrelsen er lav, med  $-0,126$  for induksjon, og  $-0,140$  for kortslutning. Begge er negativ, noe som betyr at guttene har gjort det bedre. Fortegnet på de resterende verdiene varierer, men størrelsen er ubetydelig.

### 5.3.1 Hverdagsforestillinger og kjønn

Tabell 5.3.1-a: Krysstabell for hverdagsforestillingsspørsmålet og kjønn

		<b>Hverdagsforestillinger og kjønn</b>		
		Gutter	Jenter	Begge
Hverdags-forestilling	Ingen hverdagsforestilling	19,3%	12,6%	15,6%
	Kollisjonsmodellen	26,1%	27,2%	26,7%
	En-pols-modellen	17,6%	14,6%	15,9%
	Strømforbruksmodellen	37,0%	45,7%	41,9%
Sum		100,0%	100,0%	100,0%
Antall		119	151	270

Mellom kjønnene finnes det en liten forskjell i fordelingen mellom hverdagsforestillinger i datasettet. Men denne forskjellen er ikke signifikant ( $p = 0,310$ ). Det er derfor ikke sikkert at denne trenden finnes i populasjonen. Blant elevene som ble undersøkt, anvendte ifølge hverdagsforestillingsspørsmålet 19,3% av guttene den vitenskapelig korrekte modellen, mens bare 12,6% av jentene gjorde det samme. Færre jenter enn gutter anvendte en-pols-modellen, men for strømforbruksmodellen var det motsatt. For kollisjonsmodellen var fordelingen forholdsvis lik. Fordelingen er vist i tabell 5.3.1-a.

### 5.3.2 Konklusjon

Forskning fra 80-tallet tydet på at gutter har en bedre forståelse for elektrisitet enn jenter (Humrich, 1988; Kelly, 1981; Osborne, 1983), men resultatene fra (NOU 2019:3) kan tyde på det motsatte. Resultatene fra denne undersøkelsen viser i likhet med Olsen (2018) at det ikke finnes en signifikant forskjell mellom kjønnene når det gjelder elektrisitetsforståelse, i hvert fall ikke for elektrisitetsforståelse i sin helhet. Det ser likevel ut til at guttene har en signifikant bedre forståelse for induksjon og kortslutning, men forskjellene er veldig små. Når det gjelder hverdagsforestillinger ser vi en lignende trend. Guttene ser ut til å anvende den vitenskapelig

korrekte modellen i større grad enn jentene, noe som samsvarer med funnene til Engelhardt og Beichner (2004). Men også her er forskjellene små, og ikke-signifikante.

Ut i fra disse resultatene ser det ut til at det ikke finnes noen kjønnsforskjell på forståelsen for temaet. Jentene er bedre enn guttene i alle fag bortsett fra gym, men for akkurat dette temaet ser det ut til at guttene og jentene har en like god forståelse (NOU 2019:3).

#### 5.4 Hvordan har elevenes hverdagsforestillinger utviklet seg de siste 30 årene?

For å besvare det siste forskningsspørsmålet skal resultatene fra hverdagsforestillings-spørsmålet sammenlignes med spørsmål 2D15 fra SISS. Resultatet fra spørsmålet til SISS ble presentert i kapittel 2.4.2, og resultatet fra hverdagsforestillings-spørsmålet ble presentert i kapittel 4.2.3.

Tabell 5.3.2-a: Hverdagsforestillinger sammenlignet med resultater fra SISS

<b>Hverdagsforestillinger sammenlignet med resultater fra SISS</b>			
	Resultater fra SISS	Mine resultater	
Gyldige svar	Ingen hverdagsforestilling	23,5%	15,6%
	Kollisjonsmodellen	51,8%	26,7%
	En-pols-modellen	4,5%	15,9%
	Strømforbruksmodellen	20,2%	41,9%
Sum	100,0%	100,0%	

Som nevnt i kapittel 3.1.1.3 ble et svaralternativ fjernet fra spørsmålet før det ble tatt i bruk i denne undersøkelsen. For å bedre kunne sammenligne resultatene vil bare fordelingen mellom de svaralternativene som er med i denne undersøkelsen bli sammenlignet. Det vil si at det siste alternativet fra 2D15, det som representerte en kombinasjon av alle alternativene, blir behandlet som et ugyldig svar. Tabell 5.3.2-a viser en sammenligning mellom hverdagsforestillings-

spørsmålet fra denne undersøkelsen og det tilsvarende spørsmålet (2D15) fra SISS. Resultatene er hentet fra rapporten til Sjøberg (1986).

Det er en veldig stor forskjell mellom resultatene. Tabellen viser at alternativet som representerer deltagere uten hverdagsforestilling har sunket med 7,9 prosentpoeng. Kollisjonsmodellen har også en kraftig reduksjon på 25,1 prosentpoeng. De to siste alternativene opplevde en økning. En-pols-modellen økte med 11,4, og strømforbruksmodellen økte med 21,7 prosentpoeng.

Det er nok flere grunner til den store forskjellen. Blant annet var det forskjellige læreplaner som var aktiv i skolen ved de forskjellige undersøkelsene. I den aktuelle læreplanen da SISS ble gjennomført (M74), er følgende begrep nevnt i forbindelse med elektrisitetsundervisning på 9. trinn: «*Strømstyrke, spenning, motstand, effekt. Ohms lov. Induksjon og energioverføring. Elektronrør, katodestråler og røntgenstråler.*» (Kirke- og undervisningsdepartementet, 1974, s. 193). Mens i LK06 nevnes følgende begreper: «... *strøm, spenning, resistans, effekt og induksjon (...)*» (Utdanningsdirektoratet, 2013, s. 10). Elektronrør, katodestråler og røntgenstråler er blitt fjernet fra læreplanen mellom M74 og LK06, mens energioverføring ikke lenger er relatert til elektrisitet, med mindre man legger det inn i begrepet induksjon som nettopp handler om energioverføring.

Da effekten av undervisning på elevenes forståelse ble drøftet (5.2), ble det spekulert i om elevene ikke hadde mottatt nok undervisning til at de hadde fått en god forståelse for temaet. Det kan tenkes at arbeidet med energioverføring, elektronrør, katodestråler og røntgenstråler har ført til at elevene har fått en bedre forståelse for temaet, og at flere derfor anvender den vitenskapelig korrekte modellen. Det kan også tenkes at undervisningen om disse temaene har ført til forskjellen i fordeling mellom de forskjellige hverdagsforestillingene. Begge læreplanene gir lærerne godt med spillerom for å utvikle undervisningen. I M74 står det til og med at elevens interesser skal være bestemmende for hvilken vekt som blir lagt på de forskjellige emnene, og at det ikke er noe siktepunkt å gi en fullstendig behandling av alle emnene (Kirke- og undervisningsdepartementet, 1974).

Disse forklaringene på den økende bruken av hverdagsforestillinger er bare spekulative, men resultatene tyder likevel på at flere elever anvender hverdagsforestillinger om elektrisitet i dag enn da SISS ble gjennomført. For å redusere utbredelsen av hverdagsforestillingene må det sannsynligvis gjøres noe med undervisningen. Det synes viktig å provosere fram kognitive

konflikter som utfordrer hverdagsforestillingene, og deretter gi et alternativ som oppleves mer anvendelig (Angell et al., 2011). Det er viktig å gi elevene en grunnleggende relasjonell forståelse for temaet som de senere kan bygge videre på. Derfor bør man nok gå målrettet til verks for å redusere utbredelsen av hverdagsforestillingene.

Det er også observert at elevene bytter mellom hverdagsforestillinger. Dette kan nok også til en viss grad forklare forskjellen på fordelingen av hverdagsforestillingene. Men spørsmålene er veldig like, så dette kan nok ikke forklare hele forskjellen. Hadde elevene valgt hverdagsforestilling helt tilfeldig, ville fordelingen blitt jevnere. Tidligere ble spørsmålets reliabilitet og validitet kritisert (3.1.1.3). Det er mulig at spørsmålet ikke er i stand til å måle elevenes hverdagsforestillinger. Lav reliabilitet på spørsmålet kan forklare forskjellen, men som nevnt tidligere er dette lite trolig med tanke på at spørsmålet ble designet av eksperter på feltet.

## 5.5 Problemstillingen

Dette delkapittelet oppsummerer det som ble drøftet i forbindelse med forskningsspørsmålene som er mest relevant for å besvare problemstillingen. Utgangspunktet for undersøkelsen var følgende problemstilling: *Hvordan er den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune, og hvordan har den forandret seg de siste 30 årene?*

Den første delen av problemstillingen handler om hvordan elevenes forståelse er i dag. Som nevnt tidligere er prøven elevene besvarte laget for å måle denne forståelsen, og derfor er poengsummen elevene fikk på prøven et godt mål på elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse. Det var mulig å oppnå 7 poeng på prøven. Av 337 elever var det ingen som fikk alt riktig. Gjennomsnittspoengsummen var 2,82 poeng, som er under halvparten av hva som er mulig å oppnå. Dette kan tyde på en lav forståelse for temaet i sin helhet. For hvert enkelt tema er forståelsen varierende.

Forskjellen mellom kjønnene på oppnådd poengsum er ubetydelig, men mer undervisning ser ut til å medføre en signifikant høyere poengsum. Elevene som ikke hadde startet med elektrisitetsundervisning på ungdomskolen, oppnådde en gjennomsnittlig poengsum på 2,69, mot 3,13 for de som var ferdige. Dette er ikke en veldig stor forskjell, men som sagt er den signifikant, noe som tyder på at elektrisitetsundervisning bedrer elevenes forståelse for temaet.

## Analyse og diskusjon

Med 70,4% korrekte svar er kortslutningsspørsmålet det spørsmålet flest elever fikk til. Dette kan tyde på at elevene lett gjenkjenner en kortsluttet krets, og forstår at en slik krets ikke vil få en lyspære til å lyse. I kapittel 3.1.1.6 ble det nevnt at kortslutningsspørsmålet kunne vært designet bedre, da den fungerende kretsen i oppgaven er brukt i et tidligere spørsmål på prøven der kretsen ble beskrevet som fungerende i oppgaveteksten. Dette førte mest sannsynlig til at flere har svart korrekt på spørsmålet. Flere gutter enn jenter har svart riktig på spørsmålet. Forskjellen er signifikant, men det er vanskelig å si hva som forårsaker den. Mer undervisning har ikke ført til en signifikant økning i riktige svar, selv om det finnes en svak trend som kan tyde på dette.

Videre var det mange korrekte svar på Newtonrommets to spørsmål. For spørsmålet «*Strøm i lukket krets*», som handler om hvordan elektronene mister sin potensielle energi i det elektriske feltet når de strømmer gjennom kretsen, svarte 51,7% riktig. Dette spørsmålet er veldig relevant for undervisningen i Newtonrommet, noe som mest sannsynlig bidrar til den høye andelen med korrekte svar. Induksjonsspørsmålet til Newtonrommet hadde også mange korrekte svar, med 50,5%. I likhet med kortslutningsspørsmålet har guttene gjort det signifikant bedre på induksjonsspørsmålet. Også her er det vanskelig å se for seg en god grunn til hvorfor dette er tilfellet.

For begge av Newtonrommets spørsmål finnes det en merkelig sammenheng med undervisningsvariabelen som viser at undervisning til en viss grad øker forståelsen, men for mye undervisning fører til redusert forståelsen. For induksjon var denne sammenheng signifikant. Dette kommer mest sannsynlig av at alle elevene har fått omtrent like mye undervisning om disse to temaene på Newtonrommet, og at undervisningsvariabelen dermed ikke måler det vi forventer. Det kan også hende at det gikk lengre tid mellom besøket på Newtonrommet til besvarelse av emneprøven for elevene som var ferdig med elektrisitetsundervisningen, sammenlignet med de to andre gruppene. At elevene på denne tiden har glemt en del av stoffet om induksjon og elektronenes energi, kan også være en forklaring på sammenheng.

Spørsmålene som handlet om serie- og parallellkobling hadde nesten like mange korrekte svar, med henholdsvis 39,1% og 39,7%. Dette er lavere enn Newtonrommets to spørsmål, men ikke alle elevene hadde fått undervisning om disse to temaene enda. Når det er sagt, er det ingen signifikant korrelasjon mellom disse to spørsmålene og undervisningsvariabelen. Heller ikke kjønnsvariabelen korrelerer med noen av spørsmålene.

Da parallell- og seriekobling ble kombinert i samme krets ble det straks vanskeligere. Bare 26,8% valgte det riktige alternativet på kombinasjonsspørsmålet, noe som bare er 1,8 prosentpoeng mer enn hva man kan forvente om alle elevene tippet. Dette kan tyde på at elevene ikke lærer om kretser som kombinerer parallell- og seriekobling. Denne antagelsen blir støttet av at det ikke finnes noen sammenheng mellom spørsmålet og undervisningsvariabelen. For øvrig finnes det for dette spørsmålet heller ingen forskjell mellom kjønnene.

Det siste poenggivende spørsmålet er det som tester for elevenes hverdagsforestillinger. Bare 15,6% valgte det alternativet som tyder på at de ikke anvender en hverdagsforestilling, noe som tyder på at hverdagsforestillinger er veldig utbredt blant elevene. Når man ser på fordelingen, er strømforbruksmodellen den desidert mest anvendte hverdagsforestillingen med en oppslutning på 41,9%. Kollisjonsmodellen hadde med 26,7% en betydelig lavere oppslutning, mens en-pols-modellen hadde lavest oppslutning med 15,9%.

For utbredelsen av hverdagsforestillinger er nøyaktigheten svært diskutabel. Resultater fra andre spørsmål tyder på at elevene har en tendens til å bytte mellom de forskjellige hverdagsforestillingene på de forskjellige spørsmålene, men det rår liten tvil om at hverdagsforestillinger er veldig utbredt blant elever i Trondheim kommune. Til og med etter at elevene er ferdig med elektrisitetsundervisningen for ungdomsskolen, anvender 79,7% av elevene en hverdagsforestilling. I datasettet kan det observeres en trend som viser at mer undervisning fører til mindre hverdagsforestillinger, men denne trenden er meget svak og langt ifra signifikant. Trenden kan derfor like gjerne være tilfeldig. Mellom kjønnene finnes det en trend som tyder på at jentene til en større grad anvender hverdagsforestillinger, men heller ikke denne trenden er signifikant, det er derfor ikke sikkert at dette er sant for den generelle eleven i Trondheim kommune. Hverken denne undersøkelsen eller Olsen (2018) sin finner tydelige kjønnsforskjeller for elevenes elektrisitetsforståelse.

En urovekkende utvikling er at hverdagsforestillinger har blitt mer utbredt siden SISS ble gjennomført. For å kartlegge hverdagsforestillinger ble det samme spørsmålet benyttet for denne undersøkelsen som for SISS. Man kan derfor forvente at resultatene er sammenlignbare. Resultatene fra SISS tyder på at 23,5% ikke anvendte en hverdagsforestilling for å gi svar på spørsmålet, mens resultatene fra denne undersøkelsen tyder på at 15,6% ikke anvendte en hverdagsforestilling da de besvarte spørsmålet.



## Analyse og diskusjon

Oppsummert vil dette si at det den grunnleggende elektrisitetsforståelsen er generelt lav. For de forskjellige temaene som elevene ble testet på, er det en varierende grad av forståelse. Mellom kjønnene er det nesten ingen forskjell på forståelsen, selv om resultatene kan tyde på at gutter er bedre på noen få felt. Undervisningen ser ut til å bedre forståelsen, men ikke ha en virkning på elevenes hverdagsforestilling. Dette kan tyde på at elevene med mer undervisning får en bedre instrumentell forståelse for temaet, men ikke relasjonell. Det ser også ut til at hverdagsforestillinger er blitt mer utbredt siden 80-tallet.

## 6 Konklusjon

Målet med denne undersøkelsen var å besvare problemstillingen: *Hvordan er den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune, og hvordan har den forandret seg de siste 30 årene?* Problemstillingen ble brutt ned til mindre, mer konkrete biter i form av fire forskningsspørsmål:

- Hvor utbredt er hverdagsforestillinger om elektrisitet hos elevene?
- Hvordan påvirker undervisning elevenes grunnleggende elektrisitetsforståelse?
- Finnes det en forskjell på elektrisitetsforståelsen mellom kjønnene?
- Hvordan har elevenes hverdagsforestillinger utviklet seg de siste 30 årene?

De tre første forskningsspørsmålene ble drøftet ut i fra en analyse av svarene 337 elever gav på en fagprøve som var designet for å kartlegge deltageres elektrisitetsforståelse, mens det siste spørsmålet ble drøftet ut i fra en sammenligning mellom besvarelsen til deltagerne fra denne studien med besvarelsen en tilsvarende elevgruppe gav på en undersøkelse fra 80-tallet.

For det første forskningsspørsmålet ble elevene testet for tre forskjellige hverdagsforestillinger. Dette var hverdagsforestillingene: Strømforbruksmodellen, kollisjonsmodellen og en-pols-modellen. Resultatene viser at hverdagsforestillinger er veldig utbredt blant elevene. 84,4% av elevene anvendte en hverdagsforestilling på det spørsmålet som var designet for å avdekke dem. Fordelingen mellom hverdagsforestillingene var:

- 41,9% anvendte strømforbruksmodellen
- 26,7% anvendte kollisjonsmodellen
- 15,9% anvendte en-pols-modellen
- 15,6% anvendte ikke en hverdagsforestilling

Det var også mulig å anvende forskjellige hverdagsforestillinger på flere av de andre spørsmålene på prøven. For å se om elevene konsekvent brukte de samme hverdagsforestillingene, ble elevenes svar på de forskjellige spørsmålene sammenlignet. Det ble konkludert med at elevene i veldig liten grad benytter én hverdagsforestilling konsekvent. Dette betyr også at fordelingen i listen over høyst sannsynlig er meget unøyaktig, men det er liten tvil om at hverdagsforestillinger er hyppig anvendt hos 9. trinnseleven i Trondheim kommune.

Deltagerne i undersøkelsen hadde hatt en varierende grad av undervisning før de besvarte

## Konklusjon

prøven. Felles for alle elevene var at de på forhånd hadde fått litt undervisning om elektrisitet på Newton Energirom Trondheim. For å besvare det andre forskningsspørsmålet ble det undersøkt om det var noen sammenheng mellom hvor mye undervisning elevene på forhånd hadde fått på skolen, og hvor mange poeng de fikk på prøven. Resultatene viser at undervisning generelt øker elevenes forståelse for temaet. I tillegg ser det ut til at elevenes bruk av hverdagsforestillinger ikke blir redusert i en signifikant grad. Dette kan tyde på at undervisningen gir elevene en instrumentell forståelse for temaet, og at den relasjonelle forståelsen ikke blir forbedret.

Det tredje forskningsspørsmålet ble besvart på en lignende måte. Prestasjonen på prøven ble sammenlignet mellom kjønnene. Totalt sett var det ingen forskjell å finne, men for to av temaene, induksjon og kortslutning, ser det ut til at guttene er litt bedre enn jentene. Det ble ikke funnet en sannsynlig forklaring på denne forskjellen.

For å besvare det siste forskningsspørsmålet ble fordelingen av hverdagsforestillingene som ble funnet i denne undersøkelsen sammenlignet med fordelingen som ble funnet i «*The Second International Science Study*» (SISS) i 1986. Forskjellene mellom fordelingene er noe tvilsom, siden elevene gjerne bytter mellom hverdagsforestillinger. Det er likevel bemerkelsesverdig at resultatene fra denne undersøkelsen viser 7,9 prosentpoeng høyere anvendelse av hverdagsforestillinger sammenlignet med resultatene fra SISS. Det er vanskelig å si helt sikkert hva dette kommer av, men det har skjedd mye med den norske skolen siden 80-tallet. Det er ikke utenkelig at dette kan være en viktig faktor.

Problemstillingen var: *Hvordan er den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hos elever på 9. trinn i Trondheim kommune, og hvordan har den forandret seg de siste 30 årene?* Den kan oppsummeres med at den grunnleggende elektrisitetsforståelsen er lav, og at hverdagsforestillinger om temaet er veldig utbredt blant 9. trinnselevne i Trondheim kommune. Dette gjelder både for gutter og jenter, samt både for elever som ikke enda har hatt elektrisitetsundervisning på ungdomsskolen, og elever som er ferdig med undervisningen om temaet. Det ser også ut til at hverdagsforestillinger om elektrisitet har blitt betraktelig mer vanlig de siste 30 årene. Begge kjønnene har like god elektrisitetsforståelse, og det er heller ingen signifikante forskjeller når det gjelder hverdagsforestillinger mellom kjønnene.

## 6.1 Anbefalinger

Hvis elevene skal få en god forståelse for elektrisitet uten at undervisningsmengden skal økes, bør nok undervisningen fokusere mer på relasjonell forståelse for det helt grunnleggende innenfor temaet. En relasjonell forståelse vil nok også føre til færre hverdagsforestillinger, men vi som underviser om elektrisitet, bør likevel være bevisst på denne utfordringen. Det er etter min mening viktigere i grunnskolen å gi elevene et solid fundament som de kan bygge videre på senere, enn at de får en instrumentell forståelse for et bredt felt innenfor elektrisitet.

Denne undersøkelsen har på ingen måte forsøkt å måle effekten av undervisningen på Newtonrommet, men det ser ut til at selv elevene som er ferdig med all elektrisitetsundervisning i grunnskolen har en bedre forståelse for temaene det blir undervist i på Newtonrommet, enn resten av temaene som i denne oppgaven er definert som grunnleggende elektrisitetsforståelse. Dette kan tyde på at undervisningen på Newtonrommet er effektiv. Elevenes lave elektrisitetsforståelse og høye anvendelse av hverdagsforestillinger er nok likevel noe som bør tas i betraktning. At elevene i større grad greier å besvare spørsmål om induksjon enn spørsmål om hvordan strøm beveger seg i enkle likestrømskretser, kan kanskje tyde på at elevene har en instrumentell forståelse for temaet. Det ser også ut til at elevene fort glemmer det de lærer der. Om dette har en sammenheng, er kanskje verdt å undersøke.

## 6.2 Videre forskning

Det finnes mye forskning om elevers elektrisitetsforståelse og hverdagsforestillinger om det samme temaet. Likevel finnes det ting som enda ikke er helt avklart. Denne undersøkelsen viser i likhet med andre at elever har en tendens til å bytte mellom hverdagsforestillinger etter som oppgaven som skal løses, endrer seg. Det hadde vært interessant å undersøke hva som får elevene til å anvende forskjellige hverdagsforestillinger i forskjellige situasjoner.

Det ser også ut til at hverdagsforestillinger om elektrisitet er veldig utbredt blant elevene, og at de er vanskelig å motvirke. Det hadde også vært meget interessant å undersøke på hvilken måte undervisning kan motvirke hverdagsforestillinger.

## Konklusjon

## 7 Referanseliste

- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. R. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm.
- Azaiza, I., Varda, B., Awad, Y. & Khalil, M. (2012). Pupils' Explanations of Natural Phenomena and Their Relationship to Electricity. *Creative Education*, 3(8), 1354-1365. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.38198>
- Callin, N. P., Pålsgård, J., Stadsnes, R. & Tellefsen, C. W. (2007). *Ergo : [Fysikk 1] : grunnbok*. Oslo: Aschehoug.
- Carmines, E. G. & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Beverly Hills: Sage.
- Chiu, M.-H. & Lin, J.-W. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429-464. <https://doi.org/10.1002/tea.20062>
- Cook, T. D., Campbell, D. T., Fankhauser, G., Reichardt, C. S., McCain, L. J. & McCleary, R. (1979). *Quasi-experimentation : design & analysis issues for field settings*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115. <https://doi.org/10.1119/1.1614813>
- Foss, B. H. (2017). *Modeller som motvirker hverdagsforestillinger* (Bachelor). Høgskolen i Sør-Trøndelag, Trondheim.
- Holme, I. M. & Solvang, B. K. (1996). *Metodevalg og metodebruk* (3. utg. utg.). Oslo: TANO.
- Humrich, E. (1988). *Sex Differences in the Second IEA Science Study - U.S. Results in an International Context*. Lake Ozarks, Missouri: National Association for Research in Science Teaching.
- IEA. (1988). *Science achievement in seventeen countries : a preliminary report*. Oxford: Pergamon Press.
- Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A Comparison of Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits in Simulation Only and Simulation-Laboratory Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93. <https://doi.org/10.1002/tea.20386>
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tufte, P. A. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5. utg. utg.). Oslo: Abstrakt.
- Kelly, A. (1981). Sex differences in science achievement: Some results and hypotheses. I A. Kelly (Red.), *The missing half: Girls and science education* (s. 22-42). Manchester: Manchester University Press.

## Referanseliste

- Kirke- og undervisningsdepartementet. (1974). *Mønsterplan for grunnskolen*. Oslo: Aschehoug.
- Kokkonen, T. & Mäntylä, T. (2018). Changes in University Students' Explanation Models of DC Circuits. *Research in Science Education*, 48(4), 753-775.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9586-y>
- Leniz, A., Zuza, K. & Guiasola, J. (2017). Students' Reasoning When Tackling Electric Field and Potential in Explanation of DC Resistive Circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 1-12.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010128>
- Lund, T. (1996). *Metoder i kausal samfunnsforskning : en kortfattet og enkel innføring*. Oslo: Universitetsforl.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a Guide for Curriculum Development: An Example from Introductory Electricity, Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics - AMER J PHYS*, 60, 994-1003.  
<https://doi.org/10.1119/1.17003>
- NOU 2014:7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole*. Oslo: Departementenes servicesenter, Informasjonsforvaltning.
- NOU 2019:3. (2019). *Nye sjanser - bedre læring*. Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Teknisk redaksjon.
- Olsen, M.-A. (2018). *Elektriske kretser, hva er nå det? – En enkeltcasestudie som undersøker elevenes forståelse for elektriske kretser* (Mastergradsavhandling). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.
- Osborne, R. (1983). Towards Modifying Children's Ideas about Electric Current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73-82.  
<https://doi.org/10.1080/0263514830010108>
- Overå, K. M. L. (2010). *Elevenes læringsutbytte av et skolebesøk på Newton energirom : fokus på energibegrepet* (Mastergradsavhandling). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold : samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (3. utg. utg.). Bergen: Fagbokforl.
- Sæther, P. (2015). *Newton Energirom, en læringsarena utenfor skolen - Begrepenes betydning i elevenes læringsutbytte* (Mastergradsavhandling). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185-198.  
<https://doi.org/10.1080/0140528840060208>
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S. & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316.

<https://doi.org/10.1080/0950069880100306>

Sjøberg, S. (1986). *Elever og lærere sier sin mening*. Oslo: Universitetsforlaget.

Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse : en kritisk fagdidaktikk* (3. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.

Skemp, R. R. (1978). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *The Arithmetic Teacher*, 26(3), 9-15. Hentet fra <http://www.jstor.org/stable/41187667>

Stetzer, M. R., van Kampen, P., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (2013). New insights into student understanding of complete circuits and the conservation of current. *American Journal of Physics*, 81(2), 134-143. <https://doi.org/10.1119/1.4773293>

Utdanningsdirektoratet. (2013). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. Hentet fra <http://data.udir.no/kl06/NAT1-03.pdf>

Utdanningsdirektoratet. (2018). *Overordnet del av læreplanverket* Hentet fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/overordnet-del/>





## 8 Vedlegg

Det er to vedlegg til oppgaven. Det første viser en oversikt over fagspørsmålene som ble brukt i forbindelse med datainnsamlingen, og det andre viser datasettet som er blitt analysert i undersøkelsen.

Målet med det første vedlegget er at det skal lette lesingen av oppgaven ved at det er en fast plass for å finne spørsmålene når det refereres til dem i teksten.

I det andre vedlegget finnes datasettet som er analysert i denne studien. Dette er lagt ved slik at det er mulig å ettergå mine funn, eller bruke datasettet i andre forskningsprosjekt. Vedlegget har to deler. Den første inneholder tabeller som koder om svaralternativene på spørsmålene til tall, slik at resultatene kan presenteres mer kompakt i den andre delen av vedlegget.

**Vedlegg A:** Fagspørsmålene

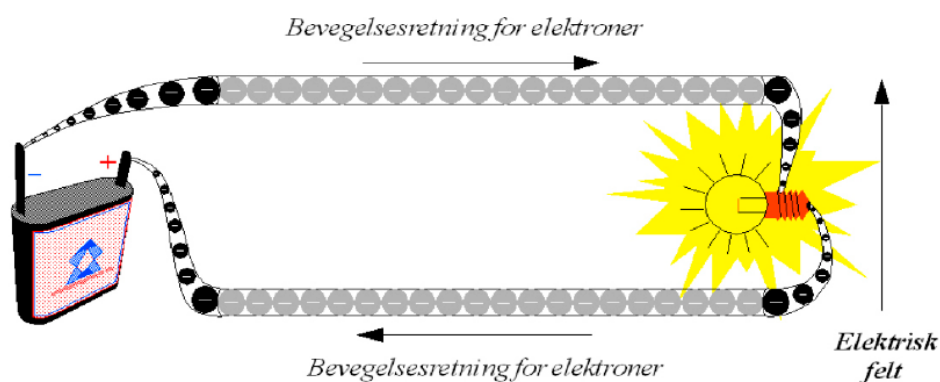
**Vedlegg B:** Rådata



## 8.1 Vedlegg A - Fagspørsmålene

I dette vedlegget gis det en oversikt over fagspørsmålene på emneprøven. Ved å ha alle spørsmålene samlet på en plass er det meningen at vedlegget skal fungere som et referansepunkt for de forskjellige spørsmålene når de blir diskutert i teksten. Vedlegget gir bare en oversikt over de forskjellige spørsmålene, med tilhørende figur og svaralternativ. Se kapittel 3.1.1 for en grundigere gjennomgang av spørsmålene. Riktig svaralternativ er merket med stjerne.

### 8.1.1 Strøm i lukket krets

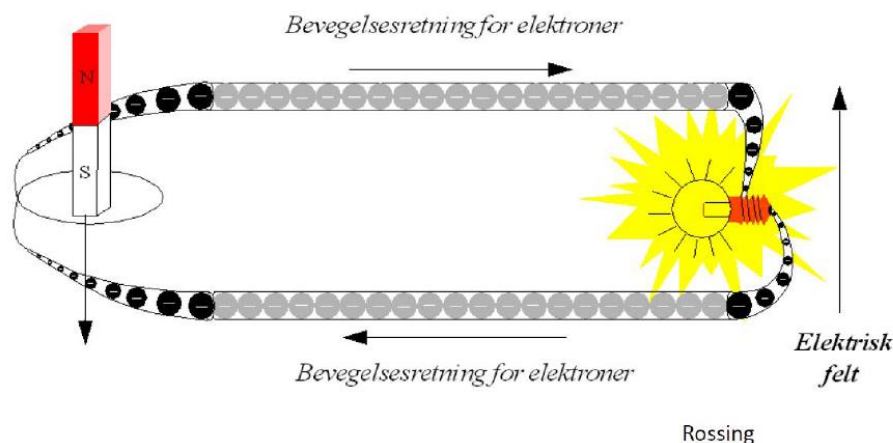


Illustrasjon: Nils Kristian Rossing

Kryss av alternativet som du mener best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.

- Elektronene lagres i batteriet, som har energi til å sende dem til lyspæra og tilbake.
- Elektronene varmes opp av batteriet, slik at de får lyspæra til å lyse.
- Batteriet gir elektronene stillingsenergi, som går over til bevegelsesenergi når elektronene strømmer gjennom kretsen. \*
- Batteriet sender elektroner til lyspæra hvor de brukes opp og blir til varme og lys.

### 8.1.2 Generering av strøm



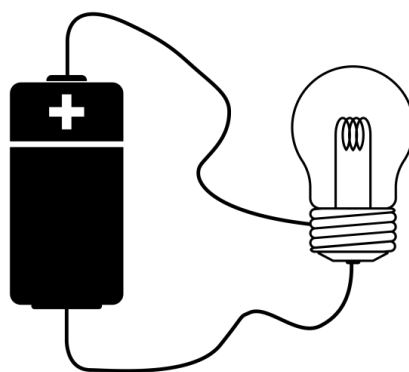
Kryss av alternativet som du mener best forklarer hva som skjer i kretsen på tegningen.

- Magneten er fylt med energi, som overføres til kretsen når magneten beveges fram og tilbake over spolen.
- Magneten settes i bevegelse slik at magnetfeltet i spolen endres. Hver endring av magnetfeltet gir et strømstøt. \*
- Strømmen i kretsen er hovedsakelig avhengig av avstanden mellom magnet og spole.
- Strømmen i magneten går over i kretsen når magneten er i nærheten av ledningen.

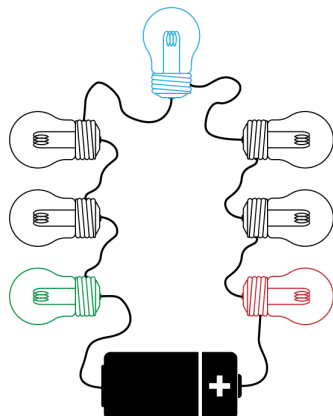
### 8.1.3 Hverdagsforestillingsspørsmålet

En lommelyktpære er koplet til et batteri slik at lampa lyser. Hvilken forklaring synes du er best?

- Strømmen går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Den får glødetråden til å lyse, og like mye strøm går tilbake gjennom den andre ledningen. \*
- Det går strøm til lampa gjennom begge ledninger. Strømmen møtes i glødetråden og får den til å lyse.
- Det går strøm til lampa fra en av polene på batteriet. Strømmen får glødetråden til å lyse.
- Strøm går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Strømmen får glødetråden til å lyse. Det som er igjen av strøm, går tilbake til batteriet.



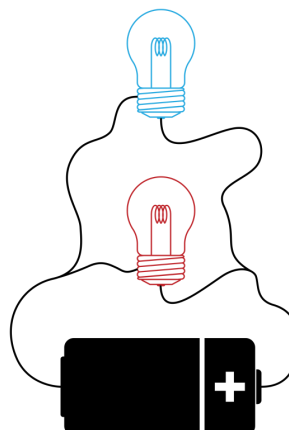
### 8.1.4 Seriekoblingsspørsmålet



Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

- Den røde
- Den blå
- Den grønne
- Alle vil lyse like sterkt \*

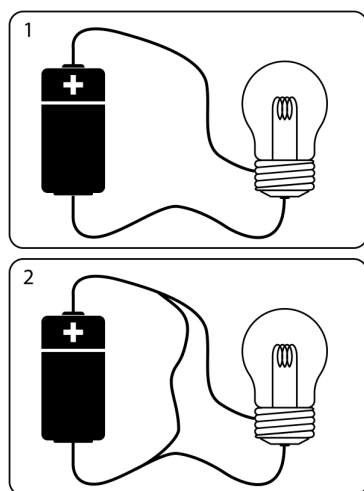
### 8.1.5 Parallellkoblingsspørsmålet



Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

- Den blå
- Den røde
- De vil lyse like sterkt \*

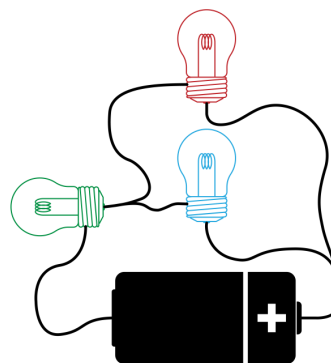
### 8.1.6 Kortslutningsspørsmålet



For hvilke kretser vil lampen lyse?

- Krets 1 \*
- Krets 2
- Begge kretsene

### 8.1.7 Kombinasjonsspørsmålet



Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

- Den blå
- Den røde
- Den grønne \*
- Den blå og den røde vil lyse sterkere enn den grønne



## 8.2 Vedlegg B - Rådata

### 8.2.1 Tabeller

Dette vedlegget viser resultatene fra undersøkelsen. Resultatene finnes i en tabell i neste del av vedlegget. I den tabellen er svaralternativene kodet om til tall. Dette delkapittelet viser hvilket svaralternativ tallene representerer. Hvert spørsmål blir presentert med en egen tabell, der tittelen på spørsmålet er overskriften på tabellen. Radene viser forholdet mellom svaralternativet og tallene.

#### *Kjønn*

0	Gutt
1	Jente

#### *Undervisningsmengde*

0	Vi har ikke startet på elektrisitetslære enda.
1	Vi har startet, men har fortsatt noe igjen.
2	Vi er ferdig med elektrisitetslære.
3	Vet ikke.

#### *Kortslutningsspørsmålet*

0	Krets 1
1	Krets 2
2	Begge kretsene



## Vedlegg

### *Strøm i luket krets*

- |   |  |
|---|--|
| 0 | Elektronene lagres i batteriet, som har energi til å sende dem til lyspæra og tilbake.                                 |
| 1 | Elektronene varmes opp av batteriet, slik at de får lyspæra til å lyse.  |
| 2 | Batteriet gir elektronene stillingsenergi, som går over til bevegelsesenergi når elektronene strømmer gjennom kretsen. |
| 3 | Batteriet sender elektroner til lyspæra hvor de brukes opp og blir til varme og lys.                                   |

### *Generering av strøm*

- |   |  |
|---|--|
| 0 | Magneten er fylt med energi, som overføres til kretsen når magneten beveges fram og tilbake over spolen.         |
| 1 | Magneten settes i bevegelse slik at magnetfeltet i spolen endres. Hver endring av magnetfeltet gir et strømstøt. |
| 2 | Strømmen i kretsen er hovedsakelig avhengig av avstanden mellom magnet og spole.                                 |
| 3 | Strømmen i magneten går over i kretsen når magneten er i nærheten av ledningen.                                  |

### *Seriekoblingsspørsmålet*

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 0 | Den røde                  |
| 1 | Den blå                   |
| 2 | Den grønne                |
| 3 | Alle vil lyse like sterkt |

*Hverdagsforestillingsspørsmålet*

0	Strømmen går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Den får glødetråden til å lyse, og like mye strøm går tilbake gjennom den andre ledningen.
1	Det går strøm til lampa gjennom begge ledninger. Strømmen møtes i glødetråden og får den til å lyse.
2	Det går strøm til lampa fra en av polene på batteriet. Strømmen får glødetråden til å lyse.
3	Strøm går inn i lampa gjennom den ene ledningen. Strømmen får glødetråden til å lyse. Det som er igjen av strøm, går tilbake til batteriet.

*Parallellkoblingsspørsmålet*

0	Den blå
1	Den røde
2	De vil lyse like sterkt

*Kombinasjonsspørsmålet*

0	Den blå
1	Den røde
2	Den grønne
3	Den blå og den røde vil lyse sterkere enn den grønne

### 8.2.2 Datasettet

Tabellen viser resultatene fra spørreskjemaet som er presentert i forrige vedlegg (8.1). Datasettet er ikke behandlet på noe vis, og ingen av variablene som ble konstruert i løpet av studien, er med i presentasjonen. Metodekapittelet (3) og resultatkapittelet (4) beskriver hvordan variablene ble behandlet, og hvilke variabler som ble konstruert.

Hver rad representerer en deltager, og kolonnene viser til de forskjellige spørsmålene. Dette betyr at hver celle i tabellen viser til én deltagers svar på ett spørsmål. Hvilket svaralternativ tallene representerer, kan ses i forrige delkapittel (8.2.1).

Kjønn	Strøm i lukket krets	Generering av strøm	Undervisningsmengde	Hverdagsforestillings-spørsmålet	Seriekoblings-spørsmålet	Parallellkoblings-spørsmålet	Kortslutnings-spørsmålet	Kombinasjons-spørsmålet
0	3	1	1	3	2	1	0	2
0	3	1						
0	0	3	0	0	3	2	0	3
0	3	0						
0			3	2	1	2	0	0
0	2	1	3	3	3	2	2	3
0	0	0	2	1	0	1	0	3
0	2	0						
0	0	1	2	3	3	1	0	0
0	2	3						3
0	2	1						
0	2	3	2	2	3	1	0	0
0	3	1	3	2	0	2	0	3
0	3	1	1	1	3	1	0	2
0	3	1	1	3	0	1	0	0
0	3	1	2	2	3	1	0	2
0	2	1	1	1	1	1	2	0
0	0	1						
0	3	1	0	1	1	2	0	0
0	2	0						
0	3	0	0	2	3	1	1	2
0	2	1						
0	2	1	0	3	0	1	0	0
0	1	1	2	0	0	2	2	0
0	3	1	1	1	1	2	0	0

0	0	1	3	1	0	2	0	3
0	0	1						
0	0	0	1	0	2	1	0	2
0	2		0					
0	2	2	2	2	3	2	0	3
0	0	0	0	3	2	1	0	2
0	2	0	2	3	3	2	2	3
0	3	0	0	1	1	1	2	2
0	2	0	3	3	3	0	0	2
0	0	0	0	0	3	0	0	3
0	0	1	0	3	0	2	0	3
0	0	1	0	3	1	1	0	0
0	3	0	0	3	3	1	0	2
0	2	1						
0	3	3	1	3	0	1	2	2
0	2	1						
0	3	1	3	1	1	0	0	0
0	3	1	1	3	0	1	0	3
0	2	1	0	1	1	2	0	0
0	2	1	1	0	1	2	0	1
0	2	1	2	1	1	1	0	2
0	0	0	1	3	3	1	0	3
0	3	1	3	1	0	1	0	3
0	3	1	3	1	0	1	0	3
0	3	1	2	3	3	1	0	3
0	0	1	1	0	1	0	1	0
0	0	0						
0	2	1	3	3	3	2	2	3
0	3	2	2	1	2	1	0	1
0	2	1	1	2	0	1	0	1
0	2	1	3	1	1	1	2	2
0	2	1	0	1	0	2	2	3
0	2	1						2
0	2	1	1	2	1	1	0	3
0	2	1	1	0	1	2	2	3
0	0	1	3	2	3	1	0	0
0	2	0						
0	2	1						
0	2	1	3	3	3	1	0	0
0	0	1	2	2	3	2	0	2
0	2	1						
0	2	1						
0	3	0						
0	2	1						
0	2	0						
0	0	0	1	3	0	2	0	2

## Vedlegg

0	3	0						
0	0	1						
0	0	1	1	3	2	1	0	2
0	2	1	2	1	3	2	0	3
0	2	1	1	2	1	0	0	0
0	0	1	1	0	3	2	2	3
0	3	0	0	3	3	2	0	3
0	1	1	3	2	1	2	0	3
0	1	1	2	1	1	1	0	3
0	1	1	1	1	1	1	2	0
0		1	2	0	3	2	0	2
0	0	0	0	3	0	1	0	1
0	0	0	2	3	0	2	0	3
0	2	3	1	3	2	2	0	3
0	0	0	0	0	3	1	2	3
0	2	0						
0	2	2	1	0	3	2	0	0
0	2	2				2	0	0
0	2	0	1	2	2	1	0	0
0	1	2	2	3	3	2	2	3
0	2	0	0	3	0	1	0	0
0								
0	3	0	1	2	3	1	0	2
0	0	1						
0	3	0	0	3	2	1	0	2
0	2	1	0	1	1	2	0	0
0	3	1	0	0	3	2	0	3
0	2	1	1	0	3	0	0	0
0	2	1	1	1	1	2	0	3
0	2	0	2	0	3	1	0	2
0	2	0	1	1	1			
0	2	0	0	3	0	2	0	3
0	2	2	0	3	3	2	0	2
0								
0	1	1	2	1	3	1	0	3
0	2	3	0	0	0	2	2	3
0	3	1						2
0	2	1						
0	2	1	3	1	3	2	2	3
0	3	1	0	3	3	2	0	3
0	2	0						
0	3	1	1	1	1	1	0	0
0	3	1	1	3	1	2	0	0
0	0	2		2	1	0	1	2
0	2	1	1	1	3	1	0	1
0	1	1	2	1	0	1	0	3

0	2	0	1	3	0	1	0	0
0	0	1	0	3	1	1	0	2
0	0	1	0	3	1	1	0	0
0			2	3	0	2	0	3
0	2	1	3		3	2	0	2
0	2	1						
0	2	3	2	0	1	1	0	2
0	3	1	1	3	3	1	0	0
0	2	2	2	3	0	2	0	3
0	2	1						
0	2	2	0	0	1	2	0	0
0	1	1	1	3	3	2	0	3
0	2	0	1	0	1	1	0	3
0	3	1	0	3	3	2	2	2
0	3	3	0	2	1	0	0	3
0	3	0	0	2	0	1	0	3
0	2	0	1		0	1	0	1
0	2	2	0	0	2	0	0	2
0	0	2						
0	0	1						
0	3	3	1	0	1	0	0	2
0	2	0	2	2	0	1	0	2
0	2	0	2	0	1	1	0	3
0	0	0	0	3	3	0	2	1
0	2	0	0	1	1	2	0	2
0	3	1	0	1	1	1	2	1
0	2	0	0	3	2	1	2	2
0	3	0	1	1	0	2	0	3
0	2	1	1	2	2	1	0	2
0	2	1						
0	2	1						
0	3	1						
0	1	1	1	3	3	2	2	3
0	2	0						
0	2		1	1	0	1	2	0
0	3	1	2	2	3	1	2	2
0	3	0	1	3				
0	2	1	2	0	2	2	0	2
0	2	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	2	1	0	0	0
0	0	1	0	1	3	2	2	3
0	0	2	3	3	0	0	0	1
0	1	1	2	3	2	2	0	3
1	2	1	1	3	1	1	0	0
1	3	1	1	3	3	0	2	2
1	0	0	1	1	3	2	2	

## Vedlegg

1	2	1	1	0	1	1	2	0
1	3	1	1	2	2	1	0	0
1	2	1	2	3	1	0	0	1
1	3	0	2	3	1	1	0	2
1	3	0	2	3	1	1	0	2
1	2	0			3			
1	2	3	0	3	1	1	0	0
1	2	1	0	3	1	1	0	0
1	3	1	3	3	0	2	2	3
1	2	0	1	1	3	1	2	3
1	2	1	2	1	3	0	0	3
1	3	0	2	1	3	2	0	0
1	2	0	3	3	0	1	1	2
1	0	0						
1	0	1	1	0	3	0	2	2
1	2	0	0	2	1	2	0	2
1	0	0	0	1	0	1	2	0
1	0	0	3	0	3	1	1	2
1	2	0	2	1	3	1	2	0
1	2	0	0					
1	0	1	0	3	0	2	0	0
1	0	1						
1	2	1	1	2	2			3
1	2	0	3	0	2	1	2	3
1	0	0						
1	3	0	3	0	3	2	0	3
1	0	1	2	3	3	1	0	2
1	2	0						
1	3	0						
1	2	0	0	3	3	1	2	3
1	2	0	2	3	3	2	0	3
1	2	1	1	3	1	1	0	0
1	0	0	0	1	3	1	2	3
1	2	1	0	2	0	1	0	2
1	2	1	1	3	3	2	0	2
1	2	3						
1	0	1	1	1	3	2	2	3
1	2	0	0	2	1	2	2	3
1	2	0	0	1	1	1	0	2
1	2	1	0	1	1	1	2	2
1	0		1	1	1	2	2	0
1	3	1	1	1	3	2	0	3
1	3	0	0	3	1	1	0	0
1	0	0	0	3	2	1	2	3
1	0	1	2	3	3	1	0	1
1	2	0	2	3	0	2	2	3

1	2	1						
1	3	0	0	1	3	2	0	3
1	0	0	0	3	3	2	2	3
1	2	0	2	2	0	1	0	0
1	2	1	1	2	3	2	2	2
1	2	1	1	3	0	1	2	3
1	2	1	1	3	3	1	0	2
1	2	1	1	0	3	2	0	1
1	2	0	2	0	1	1	2	3
1	0	0						
1	2	1	0	0	3	1	2	2
1	3	1	3	1	3	0	0	0
1	2	1	0	1	2	0	0	2
1	0	1	2	2	3	2	2	2
1	2	1	2	0	3	1	0	1
1	2	0	0	0	3	1	2	0
1	2	1	1	3	2	1	0	1
1	0	0	0	3	3	1	0	0
1	2	1	1	2	2	2	0	3
1	3	1	0	3	3	2	0	3
1	1	3						
1	2	1	1	2	1	1	0	3
1	2	1	0	1	1	2	0	3
1	2	1	2	2	3	2	2	3
1	0	0	1	0	3	2	0	3
1	2	1	1	1	1	2	0	2
1	0	0	0	3	3	1	0	3
1	1	2	0	1	1	2	0	0
1	3	0	2	3	3	1	0	3
1	1	0	2	1	1	1	0	1
1	2	1	0	1	0	0	0	2
1	0	0						
1	0	0						
1	2	1	3	3	1	1	2	2
1	3	2	1	0	0	2	0	3
1	3	0	0	1	1	1	0	1
1	2	0	2	0	3	0	0	3
1	0	1						
1	2	0	1	3	2	1	0	0
1	2	3	2	3	3	1	0	3
1	3	1	0	3	0	1	0	1
1	2	0	0	3	2	1	2	2
1	3	0	0	3	1	1	0	2
1	2	1	1	3	2	2	0	2
1	2	1						
1	2	1	1	3	3	2	2	3



## Vedlegg

1	2	1	2	3	3	2	0	0
1	2	0	1	1	2	1	0	3
1	2	3	2	3	0	2	0	0
1	2	1	3	3	2	2	0	3
1	3	1	3	3	3	1	2	3
1	2	1	0	3	3	2	0	0
1	2	3	0	2	0	2	0	2
1	2	1	2	0	3	2	0	0
1	2	1	1	2	3	1	0	0
1	0	0	1	2		1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	2	0
1	3	0						
1	3	1	0	3	3	1	2	3
1	2	1	1	3	1	0	0	3
1	2	1	1	3	1	0	2	3
1	1	0	2	3	1	2	0	3
1	0	1	2	1	3	2	2	3
1	1	2	2	2	3	2	0	1
1	2	2	2	0	3	2	2	0
1	2	1	0	1	1	0	2	3
1	2	1	0		0	2		
1	2	0	0	1	1	0	0	2
1	2	1	1	1	1	2	0	2
1	2	0	1	3	3	1	0	1
1	2	0						
1	2	1	0	3	0	2	0	2
1	3	0	2	3	3	1	2	3
1	2	1	3	2	0	2	0	3
1	2	1	0	3	0	1	0	3
1	0	0	2	1	3	2	1	3
1	2	0	2	3	0	1	0	0
1	2	0	1	3	3	2	0	2
1	2	3	2	3	0	2	0	3
1	2	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	2	0	3	2	0	2
1	2	1	0		0	2		
1	2	0	0	3	1	0	0	0
1	2	0	3	1	3	1	0	3
1	0	0	0	1	1	2	0	3
1	2	1	0	1	1	0	0	2
1	2	1	1	3	1	0	0	1
1	3	0	1	3	3	1	1	1
1	0	0	1	3	3	1	0	3
1	0	0	0	3	2	2	0	3
1	0	0	0	3	0	2	2	3
1	2	0	0	2	3	2	2	3

1	2	2	0	3	2	1	0	3
1	2	1	0	1	3	1	0	3
1	3	0	0	1	3	1	0	3
1	2	0	2	0	3	2	0	0
1	0	0	0	2	3	1	2	0
1	2	0	1	3	1	1	1	2
1			0	0	3	0	2	3
1	2	0	2	1	3	2	0	1
1	2	0	2	1	3	1	2	0
1	2	1	1	3	3	1	0	2
1	3	1	3			2		
1	2	0	1	3	0	1	0	3
1	0	0	3					
1	2	0	2	3	2	1	2	2
1	0	0	2	3	0	2	2	3
1	0	0	0	3	3	2	0	2
1	3	0	0	2	0	1	2	3
1	3	0	1	2	0	2	2	2
1	0	1	1	1	1	1	0	3
1	0	1	0	3	0	1	0	3
1	0	1	1	1	1	1	2	3
1	0	1	3					
1	2	1						
1	2	0	1	3	0	2	0	3
1	3	1	2	3	1	1	0	3
1	0							
1	2	0	0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	3	2	1	0	3
1	0	1	0	0	3		0	1
1	2	0	0	2	2	0	0	2
1	2							
1	0	1	0	3	2	1	0	0
1	2	1						
1	2	0	0	2	1	2	2	0
1	0	1	1	1	2	1	0	2
1	2	0	1	1	1	0	2	2

