

Peter Fadum Lefsaker

Grunnleggende elektrisitetsforståelse blant førsteårs-studentene ved studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk ved NTNU

en kvalitativ og kvantitativ studie

Masteroppgave i MLREAL
Veileder: Nils Kristian Rossing
Juni 2021

Peter Fadum Lefsaker

Grunnleggende elektrisitetsforståelse blant førsteårs-studentene ved studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk ved NTNU

en kvalitativ og kvantitativ studie

Masteroppgave i MLREAL
Veileder: Nils Kristian Rossing
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for fysikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

I denne studien er det forsøkt å besvare problemstillingen: Hva kjennetegner den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til førsteårsstudenter ved studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk ved NTNU. Denne problemstillingen er så delt inn i tre forskningsspørsmål:

- 1) Hvilke misoppfatninger om grunnleggende elektriske kretser har studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk?
- 2) I hvilken grad har forståelsen til studentene endret seg etter et halvt år med undervisning?
- 3) På hvilken måte kan gale svar på spørreundersøkelsen skyldes uklare spørsmål?

Disse forskningsspørsmålene er undersøkt gjennom et multi strategy-forskningsdesign som innebærer at det er brukt både kvalitative og kvantitative metoder. Datagrunnlaget er resultatene på et flervalgs-spørreskjema. Datamaterialet som er analysert er hentet fra en spørreundersøkelse gjennomført i august 2020 og januar 2021. Den kvantitative metoden var delt i to deler. Den første delen anvendte deskriptiv statistikk i form av tabeller og diagrammer, for å få en oversikt over resultatene. Del to dreide seg om hypotesetesting (Bjørnstad, 2018), nærmere bestemt t-testing («Student's t-test», 2020; Aarnes, H., 2011). Den deskriptive statistikken viste at studentene i snitt scoret korrekt på 51,04% av oppgavene i august 2020 og 64,89% av oppgavene i januar 2021. Statistikken ga også andre interessante funn. Et av disse var fem deloppgaver som skilte seg betydelig ut. I august 2020 var det 40,87% av studentene som tok feil på samtlige av disse oppgavene, og den tilsvarende andelen i januar 2021 var på 26,94%. Med dette som bakteppet ble disse oppgavene studert nøyere. Disse oppgavene kan knyttes opp mot flere ulike klassiske misoppfatninger i elektrisitetslære, blant annet *forbrukstenkning* (Angell et al., 2011, s. 290-292) og *batteri som konstant strømkilde* (Engelhardt & Beichner, 2004, s. 104). Den spesifikke metoden som er brukt i den kvantitative analysen, kalles for student t-test («Student's t-test», 2020; Aarnes, H., 2011). Statistikkprogrammet Minitab fra NTNU sitt eget programvaresenter har blitt brukt for å utføre disse beregningene. Resultatene fra denne metoden viser signifikante forskjeller mellom de to studieprogrammene:

- Signifikant forskjellig gjennomsnittscore i august 2020, siden elektronisk systemdesign og innovasjon ($M = 8.86$, $SD = 2.60$) hadde en høyere

gjennomsnittscore enn kybernetikk og robotikk ($M = 10.50$, $SD = 3.29$) gitt $t(198) = -3.99$, $p < 0.001$.

- Signifikant forskjellig gjennomsnittscore i august 2020 for fem utvalgte oppgaver. Kybernetikk og robotikk ($M = 1.32$, $SD = 1.31$) hadde en høyere gjennomsnittscore enn elektronisk systemdesign og innovasjon ($M = 0.745$, $SD = 0.909$); $t(187) = -3.69$, $p < 0.001$.

M står for gjennomsnitt, SD betyr standardavvik og signifikansnivået var satt til 0,05.

Den kvalitative analysen dreide seg om å analysere transkribert materiale fra fem semi-strukturerte intervjuer. Resultatene fra disse intervjuene var ikke helt i overensstemmelse med de kvantitative resultatene. Forventningen var å se tydelige tegn på misoppfatninger, men i stedet bar funnene preg av usikkerhet og enkelte tegn på misoppfatninger. I tillegg svarte flere av intervjudeltakerne inkonsekvent, og endret argumentasjon underveis. En av misoppfatningene som gikk igjen i intervjuene var at spenningsfallet over en komponent i en seriekobling er størst over den første komponenten. Dette innebar ifølge studentenes egen resonnering at den første lyspæren i en seriekobling ville lyse sterkere enn de neste. En annen var at batteriet var en konstant strømkilde.

Oppsummert viser resultatene og intervjuene at studentene har forbedret grunnleggende elektrisitetsforståelse etter et halvt år. Studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon har hatt en noe større forbedring enn studentene fra kybernetikk og robotikk. I tillegg tyder resultatene på at misoppfatninger som *batteri er en konstant strømkilde*, og *forbrukstenkning* er relativt utbredt blant studentene. De kvalitative resultatene antyder også at spenningsbegrepet er vanskelig å forstå.

Validiteten til spørreundersøkelsen ble forsøkt belyst ved å beregne størrelsene Kuder Richardsons reliability index og Fergusons δ . Resultatene fra disse beregningene viser at spørreundersøkelsen er valid og at den kan brukes til å vurdere både enkeltstudenter og studentgruppene. I tillegg antyder Fergusons δ at spørreundersøkelsen skiller mellom studenter med god grunnleggende elektrisitetsforståelse, og de som har dårlig grunnleggende elektrisitetsforståelse. Basert på tilbakemeldinger på intervju, tilbakemeldinger fra de aller første studentene som prøvde testen, og kommentarer på spørreundersøkelsen i januar 2021, var spørsmålene klare og tydelige. Det virker dermed usannsynlig at de gale svarene på spørreundersøkelsen skal skyldes uklare spørsmål eller dårlig språk i selve spørreundersøkelsen.

Abstract

In this study, the main goal was to answer the following thesis question: What characterizes the basic understanding of electricity among the first-year students in the study programs elektronisk systemdesign og innovasjon and kybernetikk og robotikk at NTNU? The thesis question was split up into three research questions:

- 1) What misconceptions regarding basic electricity do the students from elektronisk systemdesign og innovasjon and kybernetikk og robotikk have?
- 2) To what degree has the understanding of electricity changed, after the first semester at Norwegian University of Science and Technology?
- 3) In what way could wrong answers from the survey be caused by unclear questions?

These three research questions are investigated through a multi-strategy research design. This means both qualitative and quantitative methods are used in this study. Most of the data is the results of a survey from august 2020 and January 2021. The rest of the data is transcribed material from five semi-structured interviews with students from elektronisk systemdesign og innovasjon. The results from the interviews did not match the results from the survey completely. In the interviews, the answers could indicate that some of the students had a current-consumption misconception. In general, the students were quite insecure of their own answers, and some of them changed their answers multiple times during the interview. Student t-tests were performed using a statistic program named Minitab. The results showed that the students from kybernetikk og robotikk scored significantly higher ($M = 10.50$, $SD = 3.29$) than the students from elektronisk systemdesign og innovasjon ($M = 8.86$, $SD = 2.60$). In January, the difference between the student groups were no longer significant.

Based on the quantitative results, the students had these two misconceptions regarding electricity:

- 1) Battery is a source of constant current
- 2) Current-consumption model

This means that these two misconceptions survived the first semester.

Since the survey is so important for this study, the reliability was calculated using Richardsson reliability index and Ferguson's δ . These results indicate that the survey is valid and reliabel.

Forord

Jeg valgte å skrive en masteroppgave i fysikkdidaktikk fordi jeg alltid har vært nysgjerrig og interessert i realfag. Planen hadde lenge vært å studere ved NTNU i Trondheim, men det tok tid før jeg bestemte meg for lektorutdanning i realfag. Her fikk jeg en kombinasjon av formidling og realfag, og utover i studieløpet fattet jeg ekstra interesse for fysikkdidaktikken. Det har vært nysgjerrigheten som har ledet meg inn på realfagene, og etter fem år sitter jeg igjen med noen svar, men enda flere spørsmål.

Som fremtidig lærer ønsker jeg å gi elevene best mulig forutsetninger for å lære fysikkfaget grundig. Derfor er det essensielt at jeg både mestrer fysikken og effektiv undervisning. Det er nettopp her fysikkdidaktikken kommer inn i bildet. Svært mange elever og studenter, meg selv inkludert, har misoppfatninger innen fysikk (Angell et al., 2011, s. 150). Disse oppfatningene konstrueres ut fra hverdagslige erfaringer og har vist seg vanskelige å bli kvitt.

Ved å kjenne til de vanligste misoppfatningene, kan en lærer stille forberedt og legge opp undervisningen slik at man både avdekker og forhåpentligvis oppklarer misoppfatninger blant elevgruppen. I studien min er fokuset rettet mot førsteårsstudenter, men resultatene kan likevel gi en pekepinn på hvordan det står til hos fysikkelevne i den videregående skolen.

Det eksisterer allerede mye forskning innen feltet elektrisitetsforståelse. Konsensusen de seneste år har vært at enkelte misoppfatninger er utbredt helt fra barnetrinnet og over i videregående skole. Dette gjelder blant annet strømforbruksmodellen. Men i Norge har det vært gjennomført forholdsvis lite forskning på studenter. Det jeg har kommet over har vært forskning som dreier seg om grunnskolen og videregående skole. Forhåpentligvis kan denne studien være et nyttig bidrag og et lite skritt videre. I tillegg har jeg et håp om at denne studien kan være nyttig for Institutt for elektroniske systemer ved NTNU og andre interesserte.

En spesiell takk må rettes til min veileder Nils Kristian Rossing. Du har svart på mail og vært tilgjengelig både på kvelder og i helger og har vært utrolig hjelpsom underveis i oppgaveskrivingen. Jeg føler meg heldig som har fått såpass tett oppfølging underveis i skriveprosessen.

I tillegg vil jeg takke Bojana Gajic ved Institutt for elektroniske Systemer, og Lars Magne Lundheim ved samme institutt. Det har vært en stor fordel å ha tilgang til et stort datamateriale allerede tidlig i semesteret, og dere har kommet med mange nyttige innspill

underveis i skriveprosessen. Jeg har på ingen måte startet på bar bakke i dette prosjektet, men heller vært en liten brikke i en større sammenheng.

Før jeg startet på mitt femte og siste år som lektorstudent, var jeg svært i tvil om hvorvidt jeg skulle velge en ren fysikkfaglig eller fysikkdidaktisk masteroppgave. På den ene siden var jeg interessert i fysikken, men på den andre synes jeg det var mer relevant å rette masteroppgaven min inn mot fysikkforståelse. I løpet av vårparten på mitt fjerde studieår gjennomførte jeg min aller siste praksisperiode, og hadde et semester med utelukkende pedagogikk, praksis og fagdidaktikk i fysikk og matematikk. Det var i løpet av denne perioden at jeg bestemte meg for å velge en fysikkdidaktisk masteroppgave, da jeg synes det var interessant med misoppfatninger innen fysikkfaglige tema.

Etter å ha sett nærmere på de ulike mulighetene, bestemte jeg meg i august for å velge en studie som dreide seg om grunnleggende forståelse for elektriske kretser. Elektrisitet har fasinert meg helt siden jeg var ganske liten, og dermed fikk jeg kombinert fysikkdidaktikken med et interessant fysikkfaglig tema. Selv om studien fokuserer på førsteårsstudenter, mener jeg at det er store likhetstrekk mellom denne gruppen og elevene som sitter i fysikk-klasserom rundt omkring i Norge. Jeg antar også at misoppfatningene disse studentene har, også er utbredt blant elevene på ungdomsskolen og i den videregående skolen.

Dette baserer jeg på en kvalitativ undersøkelse (Lefsaker, 2020) jeg gjorde høsten 2020, der jeg analyserte elevsvar på den samme spørreundersøkelsen som brukes her, bare blant elever på VG2 og VG3 ved to videregående skoler i Trondheim. I tillegg har masteroppgavene til Foss (2019) og Olsen (2018) avdekket at misoppfatninger innen elektrisitetslære er utbredt fra barneskolen og ut videregående skole.

Det virker dermed rimelig å anta at denne trenden fortsetter og at elevene beholder sine misoppfatninger når de starter på sivilingeniørutdanningen. Masteroppgaven til Foss og Olsen var dessuten et springbrett for min egen studie. Det var disse som fikk snøballen til å rulle. Sammen med veileder Nils Kristian Rossing fra Skolelaboratoriet og Gajic og Lundheim fra Institutt for elektroniske systemer ved NTNU, har jeg blitt en del av deres prosjekt om å undersøke elektrisitetsforståelsen blant studenter fra to av studieprogrammene ved deres institutt.

Innholdsfortegnelse

Innledning	1
<i>Bakgrunn</i>	1
<i>Problemstilling og forskningsspørsmål</i>	2
<i>Metode</i>	3
<i>Teori og begrepsforklaring</i>	4
<i>Datagrunnlag, analyse og diskusjon</i>	5
Bakgrunn	5
<i>Grunnlag fra tidligere arbeid</i>	5
<i>Forskjeller mellom studentene fra de to studieprogrammene</i>	6
Teori	9
<i>Definisjoner</i>	9
<i>Misoppfatninger i elektrisitet</i>	10
<i>En-pols-modellen</i>	12
<i>Strømkollisjonsmodellen</i>	13
<i>Forbruksmodellen</i>	13
<i>Ohms modell</i>	14
<i>Sekvenstenkning</i>	14
<i>Spørreundersøkelsen og validitet</i>	15
Metode	18
<i>Generell fremgangsmåte</i>	18
<i>Kvantitativ metode</i>	19
<i>Datainnsamling</i>	20
<i>Utvalg</i>	21
<i>Kvalitativ metode</i>	21
<i>Koding</i>	22
<i>Spørreundersøkelsen</i>	27
<i>Etiske vurderinger</i>	28
<i>Reliabilitet</i>	29
<i>Validitet</i>	30
Resultater og analyse	31
<i>Kortfattet beskrivelse og analyse av oppgaver i spørreundersøkelsen</i>	32
<i>Statistikk over hele undersøkelsen</i>	34
<i>Beregning av reliabilitet</i>	43
<i>T-testing med Minitab</i>	44
<i>Kvalitative resultater</i>	45
<i>Gale svar og mulige misoppfatninger</i>	45
<i>Endring av forståelse</i>	47
<i>Vurdering av språk og vanskelighetsgrad i spørreundersøkelsen</i>	49
<i>Usikkerhet blant studentene</i>	49

<i>Andre funn</i>	50
Sammenfallende antagelser.....	50
Definisjon strøm, spenning og resistans	51
Kommentarer på spørreundersøkelsen fra studentene	51
Ingen tegn til sekvenstenkning.....	52
Diskusjon	53
<i>Forskningsspørsmål 1:</i>	54
<i>Forskningsspørsmål 2</i>	59
<i>Forskningsspørsmål 3</i>	60
<i>Problemstillingen</i>	61
<i>Samsvar med tidligere forskning</i>	63
<i>Andre funn</i>	63
<i>Videre arbeid</i>	64
Konklusjon	66
Referanseliste	70
Vedlegg 1: spørreundersøkelsen	73
Vedlegg 2 – godkjenning av NSD	80
Vedlegg 3 - intervju spørsmål	81

Figurer og tabeller

Figur 1: Fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.....	13
Figur 2: Figuren viser forbruksmodellen og er hentet fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.....	13
Figur 3: Fysisk korrekt modell, Ohms modell, hentet fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.....	14
Figur 4: Oppgave om sekvensenkning, hentet fra Angell et al., 2011. s. 293.....	14
Figur 5: Intervjuspørsmål 2	23
Figur 6: Oppgave 6 fra spørreundersøkelse høst 2020.....	28
Figur 7: Oppgave 1 fra spørreundersøkelse i januar 2021	32
Figur 8: Oppgave to fra spørreundersøkelsen i januar 2021	32
Figur 9: Oppgave tre fra spørreundersøkelsen i januar 2021	33
Figur 10: Oppgave fire fra spørreundersøkelsen i januar 2021	33
Figur 11: Oppgave fem fra spørreundersøkelsen i januar 2021	34
Figur 12: Resultater for august 2020, laget i Minitab. Histogrammet til venstre viser resultatene til elektronisk systemdesign og innovasjon. Til høyre er histogrammet som viser resultatene til kybernetikk og robotikk.....	35
Figur 13: Resultater for januar 2021, laget i Minitab. Histogrammet til venstre viser resultatene til elektronisk systemdesign og innovasjon, og det til høyre viser resultatene til kybernetikk og robotikk.	36
Figur 14: Totalscore januar 2021, laget i Excel. Søylediagrammet viser det samlede resultatet for begge studieprogrammene	37
Figur 15: Totalscore august 2020, laget i Excel. Søylediagrammet viser det samlede resultatet fra begge studieprogrammene.	37
Figur 16: Gjennomsnittlig prosentvis korrekte svar for begge studieprogram. Forbedringen til høyre er angitt i prosentpoeng.....	38
Figur 17: Gjennomsnittlig prosentvis poengscore på ulike deloppgaver for august 2020 og januar 2021. Forbedringen er angitt i prosentpoeng.....	39
Figur 18: Gjennomsnittlig forbedring på de ulike deloppgavene august 2020 og januar 2021, angitt i prosentpoeng.	39
Figur 19: Andel riktige svar på markøroppgaver i august 2020, angitt i prosent.....	41
Figur 20: Andel riktige svar på markøroppgaver i januar 2021, angitt i prosent	41
Figur 21: Endring i antall riktige svar på markøroppgavene. Negative verdier betyr at det er færre studenter som har et visst antall korrekte svar. Endringen er oppgitt i prosentpoeng	42
Figur 22: Prosentvis andel 'vet ikke' for ulike deloppgaver	42
Figur 23: Endring i andelen 'vet ikke' på ulike deloppgaver. Negative verdier vil si at andelen har økt.....	43
Figur 24: Intervjuspørsmål 2	46
Figur 25: Intervjuspørsmål 5	46
Figur 26: Intervjuspørsmål 1	48
Figur 27: Intervjuoppgave om sekvensenkning. Oppgaven er hentet fra Angell et al. (2011, s. 293).....	52
Figur 28: Oppgave 2 fra spørreundersøkelsen	55
Figur 29: Oppgave 3 fra spørreundersøkelsen	55
Figur 30: Oppgave 4 fra spørreundersøkelsen	56
Figur 31: Oppgave 5 fra spørreundersøkelsen	57

Figur 32: Oppgave 2 fra spørreundersøkelsen	58
Tabell 1: Manuell koding	24
Tabell 2: Forutsetninger i spørreundersøkelsen	28
Tabell 3: Svarprosent og gjennomsnittlig prosentvis score i august og januar. I tillegg er forbedringen i prosentpoeng tatt med i kolonnen til høyre.	40
Tabell 4: Statistikk over markøroppgavene. Her er den gjennomsnittlige prosentvise scoren på disse fem utvalgte oppgavene presentert for både august og januar-resultatene. Forbedring i prosentpoeng er også med.	40
Tabell 5: Ferguson's δ	43
Tabell 6: Kuder Richardson reliability index	44

Innledning

Denne studien handler om førsteårsstudenters forståelse av grunnleggende elektrisitetslære. Gjennom analyse av resultater fra to digitale spørreundersøkelser og intervju av enkeltstudenter har den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til disse studentene blitt undersøkt. Dette innebar å undersøke hvorvidt studentene tenkte i tråd med utbredte misoppfatninger innen elektrisitetslære, og å beskrive forståelsen deres ut fra resultatene av spørreundersøkelsen.

Studien ble gjort i samarbeid med Institutt for elektroniske systemer ved NTNU, og målet er at resultatet av studien kan bidra til bedre undervisning. Dette er et ambisiøst mål. Ved å kartlegge forståelsen hos studentene ved studiestart, og etter første semester, kan man se hvilke misoppfatninger som 'overlever' og hvilke som oppklares. Dermed kan undervisningen i enkelte grunnleggende emner legges opp slik at den luker ut de vanligste misoppfatningene i grunnleggende elektrisitetslære. Den grunnleggende elektrisitetslæren er jo også viktig som grunnlag for å forstå elektronikk.

Bakgrunn

I læreplanen for naturfag (NAT1-03) 10. trinn står det at elevene skal beherske å: 'bruke begrepene strøm, spenning, resistans, effekt og induksjon til å forklare resultater fra forsøk med strømkretser' (Utdanningsdirektoratet [Udir], 2013). I læreplanen for fysikk 1 (FYS1-01) finnes det et lignende kompetansemål, her skal elevene: 'definere begrepene strøm, spenning og resistans, og bruke prinsippene om bevaring av ladning og energi på enkle og forgreinede likestrømskretser' (Udir, 2006).

Som lektorstudent i realfag skal jeg sannsynligvis undervise i naturfag og fysikk, kanskje både på ungdomstrinnet og i videregående skole. Elektrisitet er tema begge steder, selv om den nye læreplanen i naturfag NAT1-04 som blir innført for 10. trinn fra skoleåret 2021/2022, ikke nevner elektrisitet eller begreper som strøm, spenning og resistans direkte (Utdanningsdirektoratet, 2021). Allikevel finnes det to kompetansemål som omhandler energiproduksjon og energibevaring, og her kan absolutt elektrisitet trekkes inn (Utdanningsdirektoratet, 2021). I høringen for den nye læreplanen i fysikk (Utdanningsdirektoratet, 2021) er det siterte kompetansemålet over, fortsatt med i sin helhet.

Elektrisitet er et fenomen som alle er kjent med og bruker daglig. Allikevel er det svært mange som ikke forstår prinsippene for elektrisiteten (Engelhardt & Beichner, 2004, s.

98). Elektrisitet er både konkret og abstrakt på samme tid, da man kan plugge inn en kontakt, men ikke se ladningene som beveger seg i kobberledningen direkte.

Internasjonalt er det gjort en betydelig mengde forskning på elever og studenters misoppfatninger innen elektrisitetslære. Resultatene fra denne forskningen tyder på at både elever og studenter har omfattende misoppfatninger om elektrisitetslæren (Engelhardt & Beichner, 2004; O'Dwyer, 2009; Rengman et al., 2010; Naturfagsenteret, 2013; Goris, 2016).

Problemstilling og forskningsspørsmål

Problemstillingen er: Hva kjennetegner den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til studenter ved elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk ved NTNU?

Siden problemstillingen er relativt omfattende, var det nødvendig til å gjøre studien mer konkret. Dette ble gjort ved å utarbeide tre forskningsspørsmål i samråd med veileder. De tre forskningsspørsmålene lyder slik:

- 1) Hvilke misoppfatninger om grunnleggende elektriske kretser har studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk?
- 2) I hvilken grad har forståelsen til studentene endret seg etter et halvt år med undervisning?
- 3) På hvilken måte kan gale svar på spørreundersøkelsen skyldes uklare spørsmål?

Det er disse tre spørsmålene som avgrenser og spesifiserer prosjektet. Denne studien er interessant for NTNU fordi den kan bidra til å avdekke misoppfatninger som studentene har. Resultatene fra studien kan brukes til å si noe om hvorvidt undervisningen ved Institutt for elektroniske systemer kan forbedres på dette området, og om det er signifikante forskjeller blant studentene fra de to ulike studieretningene. Dette er veldig interessant, fordi studentene har ulik undervisning i elektronikk i første semester. Studentene ved elektronisk systemdesign og innovasjon har en mer praktisk tilnærming til faget, med såkalt ERT-undervisning, mens studentene fra kybernetikk og robotikk har klassiske forelesninger og øvingstimer med obligatoriske innleveringer. Dermed kan resultatene gi en pekepinn hvorvidt ERT-undervisning eller klassisk undervisning luker ut flest misoppfatninger og gir studentene best grunnleggende elektrisitetsforståelse.

Ut fra faginnholdet i elektronikkemnene som studentene hadde første semester er det naturlig å anta at den grunnleggende elektrisitetsforståelsen deres har økt. Dette baseres på informasjonen som er oppgitt på emnesiden til fagene TTT4203 og TFE4101, dette er

innføringsfagene i elektronikk for henholdsvis kybernetikk og robotikk (TFE4101) og elektronisk systemdesign og innovasjon (TTT4203). For å illustrere at disse emnene tar opp temaer som er relevante for spørreundersøkelsen, og forbedring av grunnleggende elektrisitetsforståelse, er noen utvalgte elementer fra av det faglige innholdet i disse emnene tatt med (NTNU, 2021):

TTT4203 – Innføring i analog og digital elektronikk

- Strøm og spenning
- Kirchoffs lover
- Resistans
- analysemetoder for lineære statiske kretser

TFE4101 – Krets- og digitalteknikk

- Kretselementer og konvensjoner
- Ohms lov
- Kirchoffs lover
- analysemetoder for lineære resistive kretser

Strøm, spenning, resistans og Ohms lov er jo temaer som går igjen i hele spørreundersøkelsen. Lysstyrken til lyspærene avhenger av den elektriske effekten som igjen er produktet av strømmen gjennom lyspæren og spenningen over den. Batterier inngår under *kretselementer og konvensjoner*. Disse punktene dekker dermed spørsmålene i spørreundersøkelsen, og intervju spørsmålene.

Metode

Metoden som er valgt for å finne svar på forskningsspørsmålene, inneholder både aspekter fra det kvalitative og det kvantitative paradigmet (Robsson & McCartan, 2016, s. 20-25). Det kvantitative materialet dreide seg om totalt 208 besvarelser fra høsten 2020 og 147 studentbesvarelser fra januar 2021. Samtlige besvarelser er fra førsteårsstudentene i de to ulike studieprogrammene. Disse elevbesvarelsene analyseres med statistikkprogrammet Minitab. De kvantitative resultatene er fremstilt som diagrammer og tabeller laget i Microsoft Excel og Minitab.

Kvalitative data er innhentet fra semi-strukturerte (Robsson & McCartan, 2016, s. 285 – 286) intervjuer av enkeltstudenter. Lydopptak ble tatt fra disse intervjuene, og siden har lydopptakene blitt transkribert, kodet og kategorisert.

Metodisk tilsvarer dette det Robsson & McCartan (2016, s. 174 – 175) kaller for *multi-strategy design*. Med dette menes at man kombinerer kvalitative og kvantitative metoder og at man også kan benytte flere ulike forskningsstrategier. I denne studien er det altså statistisk analyse og beskrivelse av resultater fra flervalgs-spørreskjema, supplementert med kvalitativ analyse av intervjuene.

Teori og begrepsforklaring

Analysen er gjort ut fra fysikkdidaktisk teori om elektriske kretser. Litteraturen som er brukt er blant annet kapittel 18 i boka Fysikkdidaktikk (Angell et al., 2011, s. 289 - 303), og artikler av blant annet Engelhardt og Beichner (2004), Rengman (et al., 2010), O'Dwyer (2009) og Goris (2016). Det eksisterer forholdsvis mye forskning på elektrisitetsforståelse blant elever og studenter. Mye av forskningen jeg har funnet har til nå vært amerikansk. Ellers er det gjort flere masteroppgaver innen samme tema som jeg nå jobber med. Felles for de tidligere masteroppgavene er at de har fokusert på elektrisitetsforståelse blant elever i grunnskolen og videregående skole, mens jeg går et steg videre og ser på førsteårsstudenter. Forhåpentligvis vil dette være en nyttig fortsettelse av arbeidet som allerede er lagt ned tidligere.

I studien er det særlig to begreper som det er viktig å definere. Dette er begrepene *misoppfatning* og *grunnleggende elektrisitetsforståelse*.

Misoppfatning: definisjonen korrelerer med det Angell et al (2016, s. 154) kaller for *hverdagsforestillinger*. Med dette begrepet menes oppfatninger som elever har, som ikke stemmer overens med de vitenskapelige forklaringene. I min studie blir det da snakk om misoppfatninger innen elektrisitet. Disse misoppfatningene bygger på hverdagserfaringer, og forsvinner ikke nødvendigvis selv om elevene har undervisning som ikke støtter disse oppfatningene (Angell et al., 2011, s. 154).

Grunnleggende elektrisitetsforståelse: forståelse for strøm, spenning, resistans, elektrisk energi og elektrisk effekt. I tillegg regnes forståelse av parallell- og seriekoblinger, kortslutning og utladning av batterier. Her inngår Ohms lov, og evnen til å anvende denne på enkle og forgrenede likestrømskretser.

Datagrunnlag, analyse og diskusjon

- 1) Datagrunnlaget for studien omfatter 355 studentbesvarelser på flervalgs-spørreskjemaet, og transkribert materiale fra fem studenter fra elektronisk systemdesign og innovasjon. I analysedelen vil den kvantitative og den kvalitative analysen presenteres. Diskusjonsdelen går ut på å koble resultatene sammen med det teoretiske grunnlaget. Forskningsspørsmålene skal altså besvares ved hjelp av statistisk analyse, kvalitativ analyse (grounded theory) og diskusjon på grunnlag av tidligere forskning og våre resultater. I analysedelen er forskningsspørsmålene behandlet hver for seg, og svarene er begrunnet både i teori, kvalitative resultater og kvantitative resultater. Målet har vært å utnytte potensialet til de to analysemetodene maksimalt.

Bakgrunn

I dette kapitlet presenteres bakgrunnen for studien. Spesielt er det lagt fokus på forskjellen mellom studentene fra de to ulike studieprogrammene.

Grunnlag fra tidligere arbeid

Denne studien startet ikke på bar bakke, men bygger på tidligere arbeid innen samme fagfelt på NTNU. I 2018 og 2019 skrev henholdsvis Morten Olsen og Brage Foss masteroppgaver ved Institutt for lærerutdanning, som omhandlet elektrisitetsforståelse. Olsen (2018) konkluderte med at mer enn 50% av elevene innehadde store misoppfatninger innen elektrisitet etter at de hadde gjennomført videregående opplæring. Ellers fant han ut at elevene svarte inkonsekvent, og skiftet argumentasjon ut fra hvilken oppgave de svarte på. Foss (2019) kom frem til at elever på 9. trinn i Trondheim hadde en dårlig forståelse for elektrisitet. I tillegg konkluderte han med at disse elevene hadde mange misoppfatninger i elektrisitet, men at forståelse deres økte noe med mer undervisning om temaet. Et av hovedpoengene til Foss (2019), var at elevene beholder misoppfatningene sine, selv etter undervisningen. For elevene i Trondheim kommune, som han undersøkte, så hadde 84% misoppfatninger før undervisning, og 80% hadde misoppfatninger også etter undervisningen.

Personlig gjennomførte jeg en pilotoppgave høsten 2020, som dreide seg om elektrisitetsforståelse blant 2. og 3.års-elever ved to videregående skoler i Trøndelag, totalt tre klasser. Disse to skolene hadde gjennomført den samme testen som førsteårsstudentene fikk,

og konklusjonen var at mer enn halvparten av disse elevene svarte i tråd med forbruksmodellen (Lefsaker, 2020).

Masteroppgavene til Olsen (2018) og Foss (2019) dannet bakgrunnen for en spørreundersøkelse som ble utarbeidet i 2019. Denne spørreundersøkelsen ble basert på en anerkjent test; DIRECT, som ble publisert i en artikkel i American Journal of Physics tilbake i 2004 (Engelhardt & Beichner). Navnet på testen er en forkortelse som står for: Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test.

Denne testen ble laget som et diagnostisk verktøy, for å avdekke elektrisitetsforståelsen hos elever på High School og universitet i USA. Testen tar for seg resistive likestrømskretser, og kretsene inneholdt kun motstander, lyspærer, ledninger og batterier. Konklusjonen i artikkelen var at DIRECT egnet seg godt til å måle elektrisitetsforståelse, og den var også valid og reliabel.

Spørreundersøkelsen som denne studien er basert på, er en sterkt forkortet og lett omarbeidet utgave av DIRECT. Spørreundersøkelsen, har blitt utprøvd hvert semester siden høstsemesteret 2019. Totalt har testen blitt gjennomført hos fem ulike studieprogram, men i denne studien er kun resultatene fra to av studieprogrammene analysert.

Forskjeller mellom studentene fra de to studieprogrammene

Siden fokusert var de to ulike studentgrupper, var det viktig å belyse forskjellene mellom disse to gruppene. Opptakskravene for de to ulike studieprogrammene skiller seg noe fra hverandre. Begge linjene krever minimum karakteren 4 i matematikk R2 fra videregående skole og fysikk 1, i likhet med samtlige sivilingeniørprogrammer ved NTNU (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet [NTNU], 2021). Opptakskrav for førstegangsvitnemål var 60,0 poeng for kybernetikk og robotikk og 57,8 poeng for elektronisk systemdesign og innovasjon.

I ordinær kvote var poenggrensen 62,4 for kybernetikk og robotikk og 59,1 poeng for elektronisk systemdesign og innovasjon. Det er altså forskjeller, men disse er ikke særlig store.

Første semester har begge linjene fire obligatoriske emner. Felles for de to linjene er at de har informasjonsteknologi grunnkurs og matematikk 1. I tillegg til disse har elektronisk systemdesign og innovasjon fagene 'innføring i analog og digital elektronikk TTT4203' og 'elektronisk systemdesign grunnkurs TTT4255'. Kybernetikk og robotikk har TFE4101 Krets og digitalteknikk og TTK4100 Kybernetikk intro. Det er kun emnene TTT4203 og TFE4101 som omhandler elektronikk og klassisk elektrisitetslære i særlig stor grad (NTNU, 2021).

Det faglige innholdet i TTT4203 og TFE4101 som er beskrevet på NTNU sine sider (2021) er tilnærmet identisk. Derimot er læringsformene vidt forskjellige. TFE4101 som kybernetikkstudentene har, er organisert tradisjonelt, med forelesninger, obligatorisk innlevering av oppgavesett og laboratoriearbeid. TTT4203 derimot er organisert på en ganske annen måte:

Lundheim, Bolstad, Gajic, Zimmermann & Tybell (2021) skriver i sin artikkel for MNT-konferansen om forskjellene mellom den tradisjonelle organiseringen av emner på universitetet og PBL; *problembasert* eller *prosjektbasert læring*. Hovedforskjellen har de summert opp i en tabell, som er kopiert direkte inn her:

Forelesningsbasert organisering	PBL
Underviserfokusert	Studentfokusert
Planmessig	Uforutsigbar
Styrt	Fri
Nedenfra-og-opp	Ovenfra-og-ned
Generell	Kontekstualiserende
Formidlende	Konstruerende
Autoritetsbasert	Erfaringsbasert

(Lundheim, Bolstad, Gajic, Zimmermann & Tybell, 2021, s. 2).

De to begrepene nedenfra-og-opp og ovenfra-og-ned beskriver forholdet mellom teori og praktisk arbeid. Nedenfra-og-opp betyr at studentene får presentert teori før de skal jobbe med problemløsning eller praktisk arbeid. Ovenfra-og-ned betyr det motsatte, at studentene gjør seg egne erfaringer før de får teorien presentert.

I emnet TTT4203 har foreleserne bestemt seg for å kombinere de to læringsmetodene. De laget en modell som de kalte for *aktivitetsbasert emneorganisering*. I praksis ble emnet gjennomført i ERT-økter for første gang høsten 2020. ERT er en forkortelse for Erfaring, Refleksjon og Trening. Idéen var at studentene skulle gjøre erfaringer før de ble presentert for teori. I artikkelen er organiseringen inndelt i syv hovedpunkt:

- 1) Emnet er ikke organisert rundt en forelesningsplan. I stedet er det lagt opp til en planlagt sekvens av firetimers aktivitets-sesjoner, to hver uke. Hver sesjon starter

med en auditoriesamling på max. 45 minutter fulgt av en tre-timers ERT-økt i arbeidsarealet Koopen.[6] Økten består av en rekke planlagte aktiviteter som normalt omfatter både fysiske erfaringer med student-eiet laboratoriestyr, resonnerende oppgaver og utregninger med påfølgende refleksjon.

- 2) Ingen lærebok ble benyttet, da tilegning av nytt stoff i stor grad skjer gjennom egne erfaring i ERT-øktene. Et kompendium, kalt "hjelphefte" ble utarbeidet og brukt som hovedreferanse der ytterligere forklaringer eller innledning var nødvendig.
- 3) Det at nytt stoff hovedsakelig møtes i ERT-øktene, gjør at "forelesning" i auditoriesamlingene reduseres til tema som det i ettertid viser seg at studentene har hatt problem med å tilegne seg selv.
- 4) Ustrakt bruk av aktive læringsassistenter som veileder under ERT-øktene.
- 5) Ingen innlevering av regneøvinger, men obligatorisk innlevering av refleksjonsnotat hver uke.
- 6) Obligatorisk progresjonssamtale (én-til-én) med læringsassistent annenhver uke.
- 7) Ukentlige møter mellom læringsassistenter og underviser. Disse, sammen med refleksjons-notater og progresjonssamtaler, gjør at underviser har relevant kunnskap om hva studenter sliter med og som trenger ytterligere forklaring i auditoriet.

(Lundheim, Bolstad, Gajic, Zimmermann & Tybell, 2021, s. 3).

TFE4101 er organisert tradisjonelt:

- 1) To forelesninger på 90 minutter hver uke
- 2) En øvingstime på 90 minutter hver uke
- 3) Obligatorisk innlevering av øvingsoppgaver, som kan være problemløsning- eller beregningsoppgaver.
- 4) Laboratorieøvinger der studentene gjør praktisk arbeid med elektriske kretser og elektronikk.

(NTNU, 2021)

Siden undervisningen foregår på såpass forskjellige måter for de to studieprogrammene, er det ekstra interessant å sammenligne disse.

Teori

Det teoretiske bakteppet er viktig for å belyse resultatene og diskusjonen som kommer senere. I dette kapittelet presenteres viktige definisjoner og teori som dreier seg om misoppfatninger i grunnleggende elektrisitetslære. Forskningen på området er forholdsvis samstemt (O'Dwyer, 2009; Engelhardt & Beichner, 2004; Angell et al., 2011). Underveis i studien er betydelig flere artikler enn det som er referert til her gjennomgått. Allikevel er det de samme misoppfatningene som går igjen. Disse er veldig essensielle, spesielt siden ett av forskningsspørsmålene handler om å karakterisere misoppfatningene til studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon-studentene, og studentene fra kybernetikk og robotikk.

Definisjoner

Innledningsvis er det listet opp noen definisjoner som brukes senere i studien.

«*Hverdagsforestillinger*: '(...) idéer som elever har og som avviker fra dagens vitenskapelige teorier og begreper. Kortfattet kan vi si at for mange slike elevforestillinger gjelder:

- De er fornuftige sett fra elevenes side
- De bygger på erfaring
- De kan på et vis forstås
- De deles av mange
- De er motstandsdyktige overfor undervisning»

(Angell et al., 2011, s. 128 – 129, 154)

Hverdagsforestillinger om elektrisitet er ikke et fenomen som kun rammer elever, men også studenter (Engelhardt & Beichner, 2003, s. 1). Denne studien fokuserer på studenter.

Elektrisitetsforståelse [Min definisjon]: Hvordan studentene forstår sammenhengen mellom strøm, spenning og resistans, og hvordan de kan anvende forståelsen når de vurderer enkle likestrømskretser. I tillegg handler det om forståelse av elektrisk energi og effekt. Serie og parallellkoblinger, kortslutninger og utladning av batterier.

Strøm:

«Elektrisk strøm er elektrisk ladning i bevegelse. Strømmen beveger seg gjennom en leder og frakter energi fra ett sted til et annet. Strømretningen er definert som bevegelsesretningen for positive ladninger.» (Grøn, 2019)

Spenning:

«Elektrisk spenning er forskjell i potensiell energi mellom to punkter i et elektrisk felt per ladningsenhet. Dette er lik det arbeidet som må utføres per ladningsenhet for å forskyve en ladning fra det ene punktet til det andre.» (Store norske leksikon, 2020).

Resistans:

«Resistans er det samme som elektrisk motstand. Vanlig symbol for resistans er R. For likestrøm er resistansen lik forholdet mellom spenningen U over en leder og strømmen gjennom lederen. Dette kan skrives som $R=U/I$ (Ohms lov)» (Sandstad, 2019).

Elektrisk ladning:

Øyvind Grøn (2020) skriver at:

Elektrisk ladning eksisterer med to fortegn, positiv og negativ ladning. Et elektron har en negativ elementærladning, og et proton har en positiv elementærladning. Et legemes ladning er lik summen av ladningene til partiklene det består av. Legemet sies å være elektrisk ladd hvis det har et overskudd av elektroner i forhold til protoner. Er det flere elektroner enn protoner, er legemet negativt ladd. Er det underskudd på elektroner er legemet positivt ladd. Dersom et legeme inneholder like mange elektroner og protoner, sies legemet å være *nøytralt*.

Misoppfatninger i elektrisitet

I forskningslitteraturen er det bred enighet om at studenter og elever innehar ulike misoppfatninger om elektriske kretser (Angell et al. 2016; Timmermann & Kautz, 2013, s. 1; Suma et al., 2018, s. 6; Dwyer, 2009, s. 2). Enkelte av disse misoppfatningene blir nevnt mange steder, og en av misoppfatningene, som nevnes oftest er *forbruksmodellen og batteriet som konstant strømkilde*.

O'Dwyer (2009, s. 2) løfter frem at mange studenter sliter med den konseptuelle forståelsen av elektrisitet. Ifølge ham gjelder dette studenter uavhengig av

utdanningsbakgrunn innenfor temaet elektrisitet. Timmermann & Kautz (2013, s. 1) trekker også frem at mange studenter har vanskeligheter med å forstå konseptene strøm og spenning. Engelhardt & Beichner (2004, s. 22) kom frem til at studentene anvender forskjellige misoppfatninger avhengig av hva slags oppgave de svarer på, altså har de ikke en konsistent forståelse. Totalen av dette blir at grunnleggende elektrisitetslære er et tema som mange studenter synes er krevende.

Det er altså gjennomført mange studier innenfor dette temaet, av blant annet O'Dwyer (2009, s. 2) som gjennomførte en studie der han lot 83 studenter utføre DIRECT-testen fra Engelhardt & Beichner (2004) i 2008/2009. Studentene var uforberedt på testen og hadde ikke gjennomgått elektrisitetslære på universitetet på forhånd, fordi han ønsket å avdekke misoppfatningene før studentene lærte mer elektrisitetslære på universitetet i Dublin. Resultatet av studien var at studentene synes resistans, elektrisk effekt og bevaring av strøm (O'Dwyer, 2009, s. 4), var blant de mest krevende konseptene i elektrisitetslæren. Spesielt konkluderte han med at de fenomenene som ikke kunne observeres direkte, var de vanskeligste å lære.

Suma (et al., 2018, s.6) viser også til et forskningsprosjekt der de så på 75 elever i aldersspekteret 15-16 år i Indonesia. Selv om elevene som gjennomførte undersøkelsen deres gikk på en av de mest anerkjente senior High Schools i Indonesia, så var misoppfatninger innen elektrisitetslære utbredt blant så mange som omtrent 37%. I tillegg oppfordrer Suma (et al., 2018, s. 6) til at fysikklærere undersøker hva slags forkunnskap elevene har, før man begynner undervisningen om elektrisitet. Dersom lærere er oppmerksomme på dette, og tar hensyn til elevenes forkunnskap i undervisningen, vil det redusere antall misoppfatninger blant studentene (Suma et al., 2018, s.6).

Engelhardt & Beichner (2003, s. 17) gjennomførte en studie der de undersøkte elektrisitetsforståelsen til universitetsstudenter og high school-elever i USA. De gjorde dette ved at de gjennomførte spørreundersøkelsen DIRECT. Totalt 454 elever og 681 studenter gjennomførte testen. De hadde flere interessante funn, et av dem var at det ikke var noen signifikant forskjell i antall misoppfatninger blant studentene og high-school-elevne (Engelhardt & Beichner, 2003, s. 17). Allikevel hadde studentene signifikant større tiltro til egne svar enn det elevene fra high school hadde.

Engelhardt & Beichner konkluderte også med at den vanligste misoppfatningen blant studentene og elevene som hadde gjennomført DIRECT, var at de betraktet batteriene som en konstant strømkilde. Dette var den hyppigst brukte misoppfatningen blant testdeltakerne. Deltakerne hadde også en tendens til å inneha ulike misoppfatninger på ulike spørsmål.

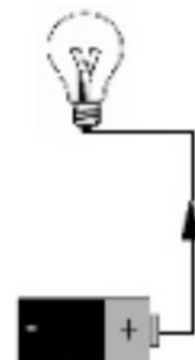
De tidligere masterstudentene Brage Husby Foss (2019) og Morten Olsen (2018) ved Institutt for lærerutdanning på NTNU undersøkte elektrisitetsforståelsen hos elever i grunnskolen og VG1. Foss (2019) undersøkte elever på 9. trinn i Trondheim og Olsen (2018) undersøkte elever på 5., 7., og 9. trinn og VG1 studiespesialisering fra en skole i Midt-Norge. Foss konkluderte med at i gjennomsnitt 84% av de 337 undersøkte elevene innehadde en eller flere hverdagsforestillinger i elektrisitetslære. Foss (2019) sine resultater antydte at elever som hadde hatt mer elektrisitetsundervisning hadde færre misoppfatninger, men disse funnene var ikke signifikante. Han konkluderer derfor med at undervisning ikke luker ut misoppfatningene i særlig stor grad. Dette underbygger påstanden til Angell (et al., 2011, s. 150 - 151).

Olsen (2018, s. 65) konkluderer med at mer enn 50% av elevene som går ut av videregående skole, fremdeles innehar omfattende hverdagsforestillinger innen elektrisitetslære. Dette kan tyde på at misoppfatninger innen grunnleggende elektrisitetslære er utbredt helt fra elever på mellomtrinnet og opp til universitet i Norge. Det bør presiseres at studiene jeg refererer til ikke er gjennomført i Norge, med unntak av de to masterprosjektene fra 2018 og 2019.

Det er gjort mye forskning på hvordan elever og studenter forstår elektriske kretser. Vanlige oppfatninger blant elever om strømkretser er blant annet at strømmen 'brukes opp' og at strøm er det samme som energi (Angell et al., 2011, s. 289). Hos Rengman et al (2010, s. 174) og i boka *Fysikkdidaktikk* (Angell et al., 2011, s. 290 – 293) blir vi presentert for en rekke misoppfatninger om elektrisitet:

En-pols-modellen

Her går strømmen kun en retning. Det er ikke behov for en sluttet strømkrets og strømmen går eksempelvis fra et batteri og til en lyspære (Rengman et al., 2010, s.174) (Angell et al., 2011, s. 289). Illustrert i *figur 1*.



Figur 1: Unipolära modellen.

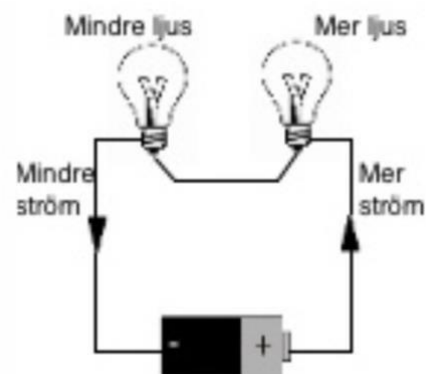
Strømkollisjonsmodellen

Denne modellen går ut på at det er to ulike strømmer, en 'pluss-strøm' og en 'minus-strøm' som treffer hverandre inne i lampen. Her er det altså en sluttet krets (Rengman et al., 2010, s. 175).

Figur 1: Fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.

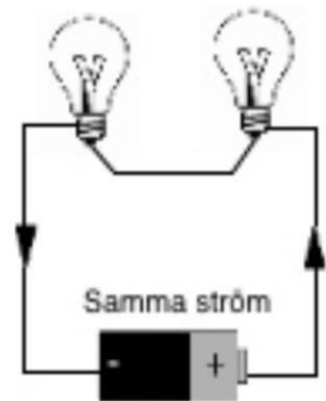
Forbruksmodellen

Her tenker elevene at strøm er noe som brukes opp i en lampe. Derfor, som man kan se på *figur 2*, er strømmen som forlater batteriet større enn den som returnerer til batteriet (Rengman et al., 2010, s. 176; Angell et al., 2011, s. 290 – 292). Dette innebærer også at den lyspæra som er nærmest den positive batteripolen, vil lyse sterkere enn den lyspæra som er lengst unna. Dette er markert på *figur 2*. Angell (et al., 2011, s. 290- 292) refererer til dette som *strømforbrukstenkning*, og er identisk med Rengman (et al., 2010, s. 176) forbruksmodell.



Figur 2: Figuren viser forbruksmodellen og er hentet fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.

Ohms modell

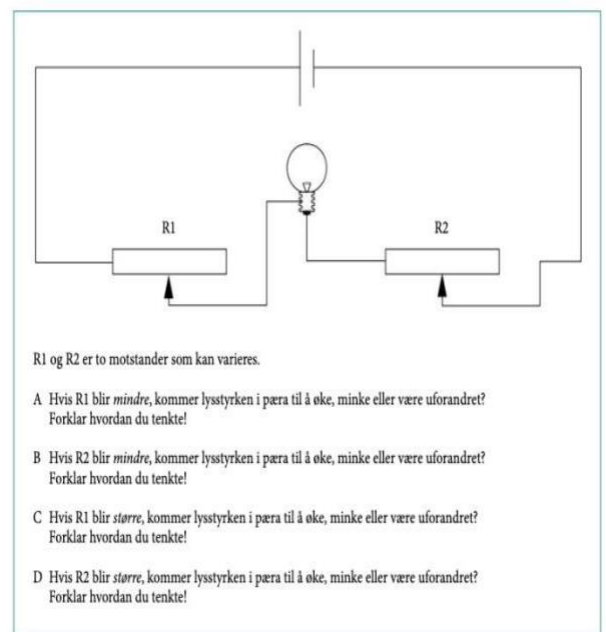


Denne modellen er fysisk korrekt. Strømmen i en krets er avhengig av batterispenningen og resistansen i de elektriske komponentene i kretsen (Rengman et al., 2010, s. 177). Sammenhengen er gitt ved Ohms lov («Ohms lov», 2019). I tillegg er strømstyrken den samme i et hvert tverrsnitt hos den sluttede kretsen (Rengman et al., 2010, s. 174).

Figur 3: Fysisk korrekt modell, Ohms modell, hentet fra «Den elektriske kretsen - en eksplorativ studie av svenska elevers oppfatninger angående den elektriske kretsen» av Rengman et al., 2010, Nordic Studies in Science Education 6.2 (2010): 173-191.

Sekvenstenkning

I tillegg til dette tar forfatterne opp *sekvenstenkning*. Sekvenstenkning betyr at strømmen kun påvirkes av en komponent, etter at den har gått gjennom den. For kretsen i figur 4 så vil dette bety at strømmen gjennom lyspæra ikke endres selv om motstanden i R_2 endres. Realiteten er derimot at strømmen endrer seg tilnærmet momentant når en av motstandene endres. Denne strømmen er ifølge Ohms lov («Ohms lov», 2019) gitt som $I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_l}$, der R_l er den indre motstanden i lyspæra. Angell (et al., 2011) skriver det på denne måten: «Med andre ord mener disse elevene at forandring på ett sted i kretsen får konsekvenser «nedstrøms», men ikke «oppstrøms»» (s. 292).



Figur 4: Oppgave om sekvenstenkning, hentet fra Angell et al., 2011, s. 293.

Spørreundersøkelsen og validitet

Siden analysen er knyttet til en spesifikk spørreundersøkelse, er det viktig å vurdere kvaliteten til denne spørreundersøkelsen. Med kvaliteten menes det hvorvidt resultatene fra testen er til å stole på, og om denne testen faktisk måler elevenes grunnleggende forståelse for elektriske likestrømskretser. Altså er det nødvendig å drøfte spørreundersøkelsens reliabilitet og validitet (Svartdal, 2020; Grønmo, 2021).

Ifølge Persson (2018, s. 2) karakteriseres reliabiliteten til en test ved to størrelser: konsistens og *discriminating power*. Det sistnevnte begrepet sier noe om hvorvidt en test klarer å skille mellom testdeltakerne med høy forståelse og de med lav forståelse.

En valid test betyr da at høyere poengsum tilsvarer høyere forståelse (Persson, J., 2018, s. 2).

Det eksisterer en rekke statistiske metoder for å undersøke validiteten til en spørreundersøkelse. En av disse er Kuder Richardssons reliability index (Persson, J., 2018, s. 9 – 10). Ved beregning av denne indeksen ender man opp med et tall i intervallet [0, 1]. Ifølge Persson kreves det en indeks på 0,7 for å vurdere en gruppe, eller 0,8 for å vurdere individuelle testdeltakere.

Matematisk er denne indeksen gitt som: $r_{KR} = \frac{M}{M-1} \left(1 - \frac{\sum_i P_i(1-P_i)}{\sigma_x^2}\right)$

De ulike symbolene har følgende betydning:

M = antall spørsmål i spørreundersøkelsen

$$P_i = \frac{\text{antall riktige svar på oppgave } i}{\text{totalt antall svar på oppgave } i}$$

σ_x = standardavvik for hele spørreundersøkelsen

Videre ble det beregnet en størrelse som kalles Fergusons δ . Denne størrelsen brukes for å beskrive i hvilken grad en test kan skille mellom testdeltakere som har god forståelse for det som måles og de som har dårlig forståelse (Persson, J., 2018, s. 4-6). I Perssons artikkel (2018, s. 11) er denne gitt ved uttrykket:

$$\delta = \frac{N^2 - \sum f_i^2}{N^2 - \left(\frac{N^2}{M+1}\right)}$$

N beskriver antall testdeltakere, M er antall spørsmål og f_i er antall besvarelser med samme resultat. I *tabell 5* er Ferguson's δ beregnet for august 2020 og januar 2021.

Engelhardt & Beichner (2004, s. 12) påstår at pålitelighet [reliability] og gyldighet [validity] er nødvendig for at en test skal være nyttig. Ut fra definisjonen deres, betyr pålitelighet at testen måler konsistent over tid. Gyldigheten forteller om testen måler det den er ment til å måle (Engelhardt & Beichner, 2004, s. 12). Dahlum (2020) definerer validitet på følgende måte: «Validitet, gyldighet, betyr i hvilken grad man ut fra resultatene av et forsøk eller en studie kan trekke gyldige slutninger om det man har satt seg som formål å undersøke.» Dette stemmer godt overens med definisjonen til Engelhardt & Beichner, og er den definisjonen som vil bli brukt i denne oppgaven.

Spørsmålene i spørreundersøkelsen er laget etter inspirasjon fra en test som Engelhardt & Beichner (2004, s. 28 - 38) laget. DIRECT, som er en forkortelse for «The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test» (Engelhardt & Beichner, 2003, s. 1), ble først testet ut på totalt 1135 elever ved high school og universiteter i USA. Deretter ble enkelte utydelige spørsmål endret, og antall svaralternativer ble økt til fem (Engelhardt & Beichner, 2004, s. 8-9). Engelhardt & Beichner (2004, s. 22-24) konkluderte med at flervalgstesten DIRECT er både pålitelig og gyldig. Blant annet hadde testens første og andre versjon en Kuder Richardson reliability index på henholdsvis 0,71 og 0,70. Som tidligere nevnt indikerer dette at testen kan brukes for å undersøke en gruppe (Persson, J., 2018, s. 9-19).

Innholdsvaliditeten ble målt ut fra tilbakemeldingene fra en uavhengig ekspertgruppe. Denne typen validitet sier noe om i hvor stor grad spørsmålene i spørreundersøkelsen «(...) dekker alle dimensjoner av det fenomenet vi ønsker å måle» (Pripp, A. H., 2018).

Denne ekspertgruppen vurderte overensstemmelsen mellom oppgavene i DIRECT og læringsmålene. Altså læringsmålene som Engelhardt & Beichner ønsket å måle om studentene behersket. For enkelte oppgaver mente ekspertgruppen at det var liten overensstemmelse mellom oppgaven og læringsmålene, og i de tilfellene ble oppgaven omskrevet. På toppen av dette gjennomførte Engelhardt & Beichner også oppfølgingsintervjuer med et utvalg av testdeltakerne (2003, s. 6). Målet med oppfølgingsintervjuene var å sjekke om intervjudeltakerne tolket spørsmålene korrekt.

Til sammen innebærer dette at DIRECT kan fortelle en del om studenters/elevers forståelse av likestrømskretser. Den første versjonen av DIRECT ble utprøvd ut på 1135 studenter og high school-elever i USA, og versjon to ble utprøvd på 692 high school-elever og studenter i Canada. I tillegg er artikkelen publisert i American Association of Physics

Teachers. Dette er et anerkjent fagfellevurdert tidsskrift. Summen av alle disse aspektene gjør at DIRECT anses som en kilde til pålitelige og gode spørsmål for å undersøke elever og studenters grunnleggende elektrisitetsforståelse i denne studien.

Spørreundersøkelsen som er brukt er derimot oversatt til norsk. I tillegg er det brukt andre symboler for kretselementene enn de som er brukt i DIRECT-testen, og det er et ulikt antall oppgaver på testene. DIRECT har 29 flervalgsoppgaver, spørreundersøkelsen hadde 31 flervalgsoppgaver høsten 2020 og 40 flervalgsoppgaver våren 2021. 19 av disse flervalgsoppgavene var identiske på høstversjonen og vårversjonen. I tillegg inkluderte vårversjonen av flervalgstesten 18 deloppgaver med kondensatorer og spoler, noe som ikke var til stede i DIRECT. Ordlyden i de to testene er også forskjellig, så verken oppgavene eller kretstegningene er identiske. Derfor vurderes validiteten og reliabiliteten til spørreundersøkelsen i metodedelens på side 29 og 30.

Målet med spørreundersøkelsen var å lage en rekke spørsmål som skulle teste studentenes konseptuelle forståelse av grunnleggende konsepter relatert til elektriske kretser. Dermed valgte Rossing, Gajic og Lundheim å velge ut enkelte konsepter som skulle være med. Dette er konseptene som ble valg ut i 2019:

- 1) Energikilde
- 2) Sluttet krets
- 3) Rekkefølgen på komponenter
- 4) Sammenheng mellom fysisk krets og kretsskjema
- 5) Seriekobling av spenningskilder
- 6) Ohms lov
 - Parallellkobling
 - Seriekobling
 - Kortslutning
- 7) Ladningsbevaring
- 8) Energibevaring
- 9) Energi og effektforbruk

I tillegg ble det bestemt noen grunnleggende forutsetninger som skulle gjelde for alle oppgavene:

- Ideelle ledere uten motstand
- Batteriene
 - leverte konstant spenning

- var identiske
- hadde endelig mengde energi
- Lyspærene
 - hadde konstant motstand
 - lyste når det gikk strøm gjennom dem
 - lysstyrken var avhengig av strømstyrken
 - var alle identiske

For å kvalitetssikre spørreundersøkelsen ble den utprøvd på fire sivilingeniørstudenter i juli 2019. Tre av studentene hadde bakgrunn fra studieprogrammet produktutvikling og produksjon, og en av dem hadde bakgrunn fra kybernetikk og robotikk. Disse studentene mente at oppgavene var enkle å forstå, men vanskelige å løse.

Kort sagt er det en del betydelige forskjeller mellom de to testene, noe som gjør at det er viktig å være kritisk til resultatene. Riktignok er spørreundersøkelsen i denne studien utprøvd i forkant og basert på en anerkjent test i et fagfelleverdert tidsskrift (Engelhardt & Beichner, 2004). Allikevel kan man ikke automatisk anta at denne testen måler forståelsen til studentene på en like god måte, siden den er endret og oversatt og brukt på norske studenter. Derfor drøftes validiteten grundigere i metodekapittelet.

Metode

Generell fremgangsmåte

Da jeg begynte på studien i januar, var jeg fremdeles ganske usikker på hvordan jeg skulle gå frem. Forskningsspørsmålene og problemstillingen min var ikke ferdig enda, og jeg var usikker på om jeg skulle gå for en ren kvalitativ tilnærming eller en ren kvantitativ tilnærming.

Etter som tiden gikk og forskningsspørsmål ble drøftet, ble det klart at studien skulle kombinere kvalitative metoder med kvantitative. Dette er det som Robson & McCartan (2016, s. 174) kaller for *multi strategy design*.

I følge Robsson & McCartan (2016, s. 175) har det vært uglesett å kombinere kvalitativ forskning med kvantitativ. Allikevel peker de på en studie som ble gjennomført i 1999 av Newgent & Newman, der de to forskerne gikk i sømmene på 300 tilfeldig utvalgte studier, og fant ut at 40% kombinerte kvalitative og kvantitative metoder. Dette på tross av at

samtligte studier var merket som rene kvalitative studier (Robson & McCartan, 2016, s. 176). Dette tyder på at multi strategy designs er relativt utbredt.

Blant fordelene ved dette forskningsdesignet nevnes *kompletthet*, som betyr at temaet blir behandlet mer omfattende og er bedre egnet til å svare på ulike typer forskningsspørsmål. En annen viktig fordel er at den ene metoden kan utfylle den andre. Dette kan gjøres ved å supplere en kvantitativ spørreundersøkelse med utdypende intervjuer (Robson & McCartan, 2016, s. 179). Det er nettopp dette som er gjort i denne studien.

Her er det tatt utgangspunkt i to spørreundersøkelser gjennomført i august 2020 og januar 2021 blant førsteårs-sivilingeniørstudenter ved to studieprogram ved NTNU. I tillegg er det gjennomført semi-strukturerte intervjuer fra den samme populasjonen (Robson & McCartan, 2016, s. 285).

Kvantitativ metode

Felles for all kvantitativ forskning er at den baseres på en problemstilling. Denne problemstillingen danner grunnlaget for studien, og den undersøkes ved hjelp av statistiske metoder (Thrane, 2018, s. 31). Metoden som er valgt i denne studien er spørreundersøkelse. Dersom man skal kunne stole på resultatene fra en spørreundersøkelse er man avhengig av at undersøkelsen måler det vi ønsker at den skal måle, og at den måler konsistent. Med fagbegreper vil dette si at spørreundersøkelsen er valid og reliabel (Dahlum, 2020; Svartdal, 2020; Persson, 2018).

Innledningsvis ble resultatene fra august 2020 og januar 2021 gjennomgått. Systematiseringen av resultatene som var utført av Gajic, ga en rask oversikt. Excel ble brukt som verktøy for å lage grunnleggende deskriptiv statistikk av datamaterialet

Resultatene ble gjennomgått for å finne oppgavene som færrest studenter besvarte korrekt. Fem oppgaver skilte seg ut, fordi studentene scoret betydelig lavere på disse enn på de resterende spørsmålene. Det ble laget en oversikt over andel korrekte svar, de hyppigst valgte svaralternativene og faglig innhold i oppgavene. Deretter ble fokuset rettet mot å se etter sammenhenger mellom svarene på disse oppgavene og utbredte misoppfatninger i elektrisitetens læren.

Videre ble statistikkprogrammet Minitab tatt i bruk for statistiske analyser. T-tester ble gjennomført og programmet ble også brukt til å lage mer deskriptiv statistikk. Hovedsakelig ble t-testene gjennomført for å undersøke hvorvidt det fantes statistisk signifikante forskjeller i gjennomsnittscoren til de to studieprogrammene. Generelt sett er t-test en form for hypotesetesting. Hypotesetesting kan beskrives som '(...) en metode for empirisk testing av

hypoteser, som er antakelser eller påstander om fenomener eller sammenhenger mellom fenomener' (Dahlum, 2021). En alternativ beskrivelse er at 'Hypotesetesting er en metode i statistikk for testing av hypoteser (teorier) om ukjente størrelser på bakgrunn av innsamlet datamateriale' (Bjørnstad, 2018). Kort fortalt går t-testingen vanligvis ut på følgende:

- 1) Man lager en nullhypotese H_0 , en påstand om at gjennomsnittet i to ulike datasett er helt like. Man lager seg også en alternativ hypotese: H_1 som vil si at det er forskjell mellom gjennomsnittene i de to datasettene. I tillegg bestemmes et signifikansnivå. Dette signifikansnivået beskriver sannsynligheten for at for at vi forkaster nullhypotesen, selv om denne hypotesen er gyldig.
- 2) I selve t-testen så blir nullhypotesen testet, og det blir beregnet en t-verdi og en p-verdi. Dersom denne p-verdien er mindre enn signifikansnivået, forkastes nullhypotesen. Dette betyr at det er en statistisk signifikant forskjell mellom de to gjennomsnittene. Er derimot p-verdien større enn signifikansnivået, beholdes nullhypotesen. Det er vanlig at signifikansnivået er eksempelvis 0,05 eller 0,01, som innebærer en sannsynlighet på henholdsvis 5% og 1% for å forkaste nullhypotesen, selv om denne er gyldig. Det samme gjelder for t-verdien. Dersom t-verdien er større enn en *kritisk* verdi, vil nullhypotesen forkastes, og man går for den alternative hypotesen.

Datainnsamling

Studien omhandler resultatene fra spørreundersøkelsen som ble gjennomført i august 2020 og januar 2021. Dette innebar at datamaterialet fra august allerede var tilgjengelig fra studiens oppstart i januar. I slutten av januar ble studentene igjen oppfordret til å gjennomføre den samme spørreundersøkelsen.

Dette foregikk i en digital Zoom-forelesning for studenter fra elektronisk systemdesign og innovasjon, der studentene ble sterkt oppfordret av faglærer til å gjennomføre testen. Før de tok den, fikk de informasjon om kretssymbolene og forutsetningene som lå til grunn. I tillegg ble det presisert hva som var hensikten med denne undersøkelsen.

Jeg holdt også en kort presentasjon, der jeg spurte om noen enkeltstudenter kunne tenke seg å delta på et digitalt intervju. Informasjon om behandling av personopplysninger og digital gjennomføring av intervjuene ble også tatt opp. I tillegg til dette opplyste jeg hvordan

de kunne ta kontakt dersom de var interessert. Denne informasjonen ble også lagt ut på emnesiden til faget, slik at studentene som ikke hadde møtt opp, også kunne melde seg.

Den samme prosedyren ble gjentatt for studentene fra kybernetikk og robotikk. Denne gangen foregikk forelesningen på den digitale plattformen BlackBoard Collaborate Ultra. Prosedyren var identisk.

Ganske umiddelbart etter forelesningens slutt, tok en interessert student kontakt. Studenten ønsket å delta på intervju, og dette ble gjennomført 1. mars. Etter dette tok ingen flere studenter kontakt. Deretter ble det sendt en mail til en av faglærerne i TTT4260, Lundheim, med forespørsel om han kunne hjelpe til med å rekruttere intervjudeltakere. Han sendte studentene en forespørsel på e-post, som førte til at ytterligere fire studenter meldte seg til intervju.

Utvalg

I utgangspunktet var målet at samtlige studenter skulle gjennomføre undersøkelsen, men i praksis var ikke dette mulig. Samtlige studenter var heller ikke til stede i de digitale forelesningene i januar.

Valget av studieprogram ble gjort som følge av at studenter fra disse studieprogrammene har gjennomført spørreundersøkelsen siden 2019. Altså kan resultatene sammenlignes med førsteårsstudentene for skoleåret 2019/2020. Et ytterligere argument for å sammenligne disse studieprogrammene ble gjort fordi de har svært ulik undervisning i grunnleggende elektronikk i første semester.

Utvalget av intervjudeltakere bar mer preg av tilfeldigheter. Det endte opp med at det kun var studenter som meldte seg frivilling, som faktisk deltok. Dette kan selvsagt ha påvirket de kvalitative resultatene, noe som drøftes ytterligere i metoddelen under *etiske vurderinger*.

Kvalitativ metode

Kvalitativ forskning er ikke definert entydig (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 11). Men *kvalitativ* er en motpol til *kvantitativ*. I praksis betyr dette at kvalitativ forskning kretser rundt '(...) den menneskelige erfarings *kvaliteter*' (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 11). Den kvalitative forskningen forsøker gjerne å beskrive '(...) *hvordan* noe gjøres, sies, oppleves, framstår eller utvikles' (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 11). Ifølge Brinkmann & Tanggaard (2012, s. 14) er det som nevnt vanlig å kombinere kvalitative og kvantitative metoder i et forskningsprosjekt.

I tillegg påstår forfatterne at den kvalitative metoden som benyttes mest, er forskningsintervjuet (Tanggaard & Brinkmann, 2012, s. 14). Et forskningsintervju vil også gi et annet innblikk i studentenes forståelse, fordi studentene må svare med egne ord, og begrunne egne svar. I spørreundersøkelsen kan man velge svaralternativ, men trenger ikke begrunne dette ytterligere. Dette dannet bakteppe for valget av forskningsmetode i denne studien.

Forholdsvis tidlig ble det bestemt at det skulle gjennomføres personlige intervjuer med enkeltstudenter. Utvalget skulle hentes blant studentene som hadde gjennomført spørreundersøkelsen i august 2020 eller januar 2021. Dessverre viste det seg at rekruttering av intervjudeltakere var mer tidkrevende enn først antatt.

Grunnen til at den kvantitative analysen ble gjennomført før den kvalitative, var for å ha bakgrunnskunnskap for å lage intervju spørsmål. Den kvantitative analysen viste hvilke oppgaver studentene mestret dårligst. Dermed ble disse oppgavene utgangspunktet for intervju spørsmålene. Hensikten med intervjuet var å få frem studentenes misoppfatninger, og hvordan de tenkte da de svarte feil.

Målet var at intervju spørsmålene skulle få frem hva studentene strevde med, og deres misoppfatninger, dersom de hadde noen. I tillegg ville disse intervjuene forhåpentligvis gi et nyttig innblikk i hvordan studentene resonnerer da de besvarte spørreundersøkelsen.

De fem oppgavene som færrest studenter besvarte korrekt, ble identifisert. Tre av disse ble intervju spørsmål. I tillegg ble noen innledende spørsmål lagt til, samt et spørsmål om *sekvenstenkning* (Angell et al., 2011, s. 292- 293). De innledende spørsmålene dreide seg om å definere strøm, spenning og resistans. Intervjuene ble justert gradvis ut fra respons på tidligere intervjuer. Intervjuguiden med intervju spørsmålene ligger i vedlegg 3.

Koding

Like etter hvert enkelt intervju, ble det transkribert ned. Etter transkriberingen ble datamaterialet *kodet*. For å forenkle analysen av materiale, ble det satt merkelapper, nøkkelord, på enkelte setninger og korte tekstutdrag (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 39; Christoffersen & Johannesen, 2012, s. 101).

Inspirert av grounded theory (Robson & McCartan, 2016, s. 161), ble kodingen inndelt i tre deler. Vanligvis anvendes grounded theory i rendyrkede kvalitative studier, men ifølge Robson & McCartan (2016, s. 161) egner den seg også i *multi strategy designs*, der også kvantitative data er med. Under er kodingen punktvis beskrevet:

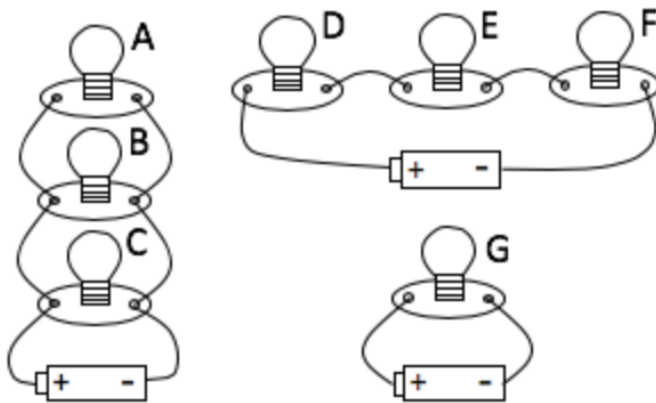
I første omgang foregikk kodingen manuelt.

- 1) Først ble det laget beskrivende koder for svarene på spørsmålene.
Fokuset var å forenkle, slik at det ble lettere å holde oversikt.
- 2) Trinn to var å lete etter beskrivende koder som lignet hverandre, og samle disse. Dette var for å slippe å ha mange ulike koder som egentlig beskrev det samme.

Tabell 1 viser et eksempel på den manuelle kodeprosessen. Oppgaven det spørres om er vist i figur 5.

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Figur 5: Intervjuspørsmål 2

Tabell 1: Manuell koding

Sitat	Åpen kode	Aksial kode
<p>P: (...) er det sånn at alle de tre lyspærene A, B og C vil lyse like sterkt, eller er det noen av dem som vil lyse sterkere enn andre? <i>A: De vil lysa like sterkt</i></p> <p>P: De vil lyse like sterkt. Hvorfor vil de det? <i>A: Eg rekne med at motstanden i lyspærene e den samme. Og då vil spenningen og være lik øve alle tri, og då vil de lysa like sterkt.</i></p>	<p>A, B og C lyser likt</p> <p>Lik spenning over lyspærene gir lik lysstyrke</p>	<p>Korrekt fysisk forståelse</p>

Etter å ha holdt på med disse to første trinnene, ble det tydelig at dette var en tidkrevende prosess. Etter anbefaling fra en medstudent ble derfor programmet NVivo tatt i bruk (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2021). I dette programmet er det enklere å holde oversikt over koder, og det gjorde at mye tid ble spart og frustrasjon unngått.

- 1) Innledningsvis ble fila med det transkriberte datamaterialet lastet inn, og det første steget i kodeprosessen begynte. Det ble totalt 135 innledende koder. Noen av disse var tilnærmet identiske og dermed slått sammen, dermed var det i overkant av 100 innledende koder.
- 2) Steg nummer to var å lage noen overordnede kategorier for å bedre oversikten over de innledende kodene. Mange koder ble derfor slått sammen. Etter sammenslåingen stod det igjen 17 koder:
 - 1) Korrekte svar
 - 2) Gale svar
 - 3) Antagelser
 - 4) Kortslutning
 - 5) Utladningstid

- 6) Strømforbrukstenkning
- 7) Sekvenstenkning
- 8) Vannstrømsanalogien
- 9) Strøm definisjon
- 10) Spenning definisjon
- 11) Resistans definisjon
- 12) Oppgaver vanskelighetsgrad
- 13) Usikkerhet
- 14) Ohms lov
- 15) Lysstyrke
- 16) Gjennomført spørreundersøkelse
- 17) Åpen, lukket krets

Fortsatt var kodene forholdsvis spesifikke, men oversikten ble betydelig bedre.

- 3) Siden disse 17 kodene var såpass spesifikke, var det nødvendig å spisse de mer inn og lage litt bredere kategorier. Da endte det opp som disse åtte kategoriene:

- Korrekte svar
- Gale svar
- Antagelser
- Definisjoner
- Vanskelighetsgrad spørreundersøkelse
- Strømforbrukstenkning
- Vannstrømsanalogien
- Utladningstid

Målet med kodeprosessen er jo å forenkle materialet og kategorisere det slik at det er mulig å belyse forskningsspørsmålene. På grunn av dette var det nødvendig med et trinn til. Det ble laget en egen kode for *andre funn*. Under denne koden havnet interessante funn som ikke var relevant for forskningsspørsmålene. Allikevel ble disse funnene beholdt, fordi de kunne vise seg å være nyttige senere.

Avslutningsvis ble det totalt fire endelige koder:

- Strømforbrukstenkning
- Endret forståelse
- Tydelighet spørsmål
- Andre funn

Som man kan se, er disse kodene mer abstrakte og tettere knyttet opp mot forskningsspørsmålene enn de første innledende kodene. Tre av kodene matcher hvert sitt forskningsspørsmål.

Underveis i transkriberingen ble det tydelig at oppfølgingsspørsmålene skulle vært mer tydelige, og at noen spørsmål burde vært annerledes. Som en følge av dette ble oppfølgingsspørsmålene endret, de ble endret fortløpende etter hvert intervju. I tillegg ble det lagt til en ekstra oppgave, for å sette fokus på *sekvenstenkning*, en annen viktig misoppfatning innen elektrisitetslære (Angell et al., 2011, s. 292 – 293). Men siden antallet intervjuer var såpass lavt, bærer intervjuene preg av at det er en førstegangs-intervjuer. Men intervjuene ble gradvis bedre. I det siste intervjuet ble spørsmålsstillingen mer konsis og konkret, og oppfølgingsspørsmålene var mer gjennomtenkt. Det kan dermed tenkes at intervjuene ikke har hentet ut all nyttig informasjon fra intervjudeltakerne.

En annen svakhet ved intervjuene er at kun studenter fra elektronisk systemdesign og innovasjon er intervjuet, men ingen fra kybernetikk og robotikk. Men dersom man kan anta at studentene fra de to studieprogrammene er ganske like, noe resultatene fra januar 2021 tyder på, kan man også bruke det kvalitative materiale til å si noe om den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til kybernetikkstudentene. Andre faktum som støtter dette, er blant annet:

- Tilnærmet like opptakskrav for de to studieprogrammene (selv om poengkravet er noe høyere for kybernetikk og robotikk)
- To av fire emner var identiske for de to studieprogrammene høsten 2020. I tillegg har de et emne der faginnholdet er tilnærmet likt, men undervisningsmetoden er forskjellig.
- Bortimot lik gjennomssnittscore på spørreundersøkelsen fra januar 2021

Men det bør påpekes at kybernetikkstudentene scoret signifikant bedre i gjennomsnitt i august 2020. Ut fra min kvantitative analyse, virker det som at studentene fra begge grupper

strever med mange av de samme oppgavene på spørreundersøkelsen. Dette er ytterligere et argument for at de kvalitative resultatene kan generaliseres til å gjelde begge studieprogram.

Spørreundersøkelsen

Testen som ble utviklet ved NTNU sommeren 2019 ble laget i samarbeid mellom Gajic og Lundheim fra Institutt for elektroniske systemer, og Nils Kristian Rossing ved Skolelaboratoriet. Undersøkelsen er basert på spørreundersøkelsen DIRECT som Engelhardt & Beichner publiserte i American Journal of Physics (2003). Testen ble utprøvd på fire sivilingeniørstudenter sommeren 2019, og disse studentene mente at testen var vanskelig, men at spørsmålene var enkle å forstå. Etter at de første studentgruppene tok testen høsten 2019, har de enkleste oppgavene blitt erstattet med nye, og det er gjort noen mindre endringer. I 2021 ble det også lagt til tre oppgaver som inkluderte spoler og kondensatorer. Oppgavene ble formulert på norsk, og inneholder mellom tre og fem svaralternativer.

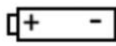


2021-versjonen av spørreundersøkelsen består av 8 oppgaver med totalt 40 deloppgaver. 2020-versjonen hadde derimot 6 oppgaver og totalt 31 deloppgaver. I tillegg til disse hadde 2020-versjonen tre innledende spørsmål om:

- 1) Studieprogram på NTNU
- 2) Utdanningsprogram i videregående skole
- 3) Praktisk erfaring med elektriske kretser

I 2021 ble det lagt til et spørsmål der studentene selv skulle rangere sin egen grunnleggende forståelse for elektriske kretser. Skalaen gikk fra 1 – 5, der 1 stod for *i veldig liten grad* og 5 stod for *i veldig stor grad*. Helt i begynnelsen av undersøkelsen er disse forutsetningene oppgitt, her vist i *tabell 2*.

Tabell 2: Forutsetninger i spørreundersøkelsen

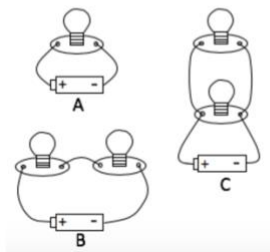
Symboler og forutsetninger for kretskomponentene

Komponent	Forutsetninger
Batteri 	<ul style="list-style-type: none"> • gir konstant spenning • har endelig energi • alle batteriene er like
Lyspære 	<ul style="list-style-type: none"> • har konstant motstand • lyser hvis det går strøm gjennom den • lysstyrken øker med strømstyrken • alle lyspærene er like
Ledning 	<ul style="list-style-type: none"> • har ingen motstand (ingen energitap)

Disse forutsetningene har vært like helt siden undersøkelsen ble laget i 2019. Som vist i figur 6 legger jeg også ved et skjermbilde av oppgave 6 fra spørreundersøkelsen høst 2020.

Oppgave 6

Hvilket batteri vil lades ut raskest?



	Begge vil lades ut like raskt	Det første vil lades ut raskere	Det andre vil lades ut raskere	Vet ikke
A eller B *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur 6: Oppgave 6 fra spørreundersøkelse høst 2020

Etiske vurderinger

Det ble søkt om godkjenning fra Norsk senter for forskningsdata (NSD) i januar, og prosjektet ble godkjent den 26. januar. Alle personopplysninger er behandlet i henhold til

føringer fra Norsk senter for forskningsdata, som også har godkjent studien. I vedlegg 2 er denne godkjenningen vedlagt.

Godkjenningen ble søkt fordi studentenes personopplysninger ble oppgitt i intervjuene som det ble gjort digitale opptak av. Det formelle kravet er at opplysningene ikke skal kunne identifisere enkeltpersoner eller en liten gruppe deltakere (Maren Urheim, rådgiver for Norsk senter for forskningsdata, 26. mai 2021).

Samtlige intervjuer ble tatt opp ved hjelp av en digital lydopptaker tilhørende Skolelaboratoriet ved NTNU. Opptakene ble transkribert ordrett like i etterkant av intervjuet. Intervjudeltakerne ble opplyst om at de når som helst kunne trekke seg fra intervjuet uten konsekvenser, at intervjuet ville bli tatt opp, og at de ville anonymiseres og at opptakene og personopplysningene skulle slettes før juli 2021. De fikk også et informasjonsskriv der det stod hva som var formålet med prosjektet, hvem som var ansvarlige og hvordan personopplysningene skulle behandles og slettes.

Personopplysningene ble selvsagt slettet innen juli, i tillegg til mailkorrespondansen med intervjudeltakerne. Lydopptakene ble også slettet innen juli.

Reliabilitet

Store norske leksikon (Svartdal, 2020) definerer reliabilitet som «(...) konsistens eller stabilitet i målinger». I denne studien er det viktig at spørreundersøkelsen gir omtrent de samme resultatene dersom man hadde gjort et annet utvalg fra samme populasjon. Et synonym for reliabilitet er pålitelighet.

Her er det viktig å vurdere påliteligheten til spørreundersøkelsen, men også påliteligheten til studien i sin helhet.

I resultatdelens *tabell 6* kan vi se at spørreundersøkelsen hadde tilfredsstillende Kuder Richardson index, som innebærer at den er godt egnet til å vurdere enkeltstudenter og studentgrupper. I tillegg var Fergusons δ mer enn 0,9, som ifølge Persson (2018) tyder på at spørreundersøkelsen skiller mellom studentene med høy grunnleggende elektrisitetsforståelse og studentene med lav grunnleggende elektrisitetsforståelse.

Studien omfatter de fem intervjuene også. Påliteligheten til intervjuresultatene avhenger av om hvorvidt intervjudeltakerne er representative for førsteårsstudentene på studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon, og kybernetikk og robotikk. Ut fra svarene deres, kan det virke som at intervjudeltakerne hadde en bedre elektrisitetsforståelse enn gjennomsnittet i populasjonen. Populasjonen betyr her alle studentene som gjennomførte spørreundersøkelsen i januar 2021. Dette baseres på det faktum

at disse studentene i snitt svarte bedre på spørsmålene som var hentet fra spørreundersøkelsen. Fordi intervju spørsmålene endret noe form fra intervju til intervju, ble også intervjuene litt ulike. Dette kan ha medvirket til at studentene har svart forskjellig. Utvalget av intervjudeltakere var heller ikke tilfeldig, men de meldte seg på selv, dette kan bety at de studentene som var aller mest usikre på spørreundersøkelsen vegret seg for å melde seg på intervju.

Siden påliteligheten til spørreundersøkelsen regnes som høy, påvirker det også studien positivt. Ut fra argumentene i forrige avsnitt trekker intervjuene noe ned, som gjør at studien vurderes å ha middels god pålitelighet. Dette må anses for å være en skjønnsmessig vurdering.

Validitet

For at det kan trekkes noen gyldige konklusjoner, er man avhengig av at en studie er valid. Med dette menes at studien måler det den skal måle, som i dette tilfellet; at spørreundersøkelsen kan si noe om studentenes grunnleggende elektrisitetsforståelse (Dahlum, 2021). For at en studie skal være valid, er man helt avhengig av at studien er reliabel. Men i tillegg til dette settes det også krav til to typer validitet. Store norske leksikon har kalt disse for *indre validitet* og *ytre validitet*.

Ytre validitet innebærer at resultatene fra en studie kan generaliseres. I denne studien er dette viktig fordi samtlige studenter ikke har gjennomført spørreundersøkelsen, men allikevel er det interessant å generalisere resultatene for hele populasjonen.

Indre validitet dreier seg om hvorvidt funnene i studien er til å stole på. Dette impliserer at forskeren har oversikt over mulige feil i gjennomføring av studien, eller andre forhold som påvirker resultatene (Dahlum, 2021; Grønmo, 2021). Med en fellesbetegnelse kalles slike systematiske feil for bias (Grønmo, 2021).

I denne studien er det et mål å kunne generalisere resultatene, for å kunne peke på den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til studentene som deltar. I tillegg er man selvsagt avhengig av at spørreundersøkelsen er reliabel og den har intern validitet. Når det gjelder den kvalitative delen av studien, er det ikke like lett å måle reliabiliteten og validiteten.

Siden utvalget av studenter er omtrent 1,9 % av populasjonen, og samtlige studenter er hentet fra studieprogrammet elektronisk systemdesign og innovasjon har vi et mulig bias (Grønmo, 2021). I tillegg ble ikke intervjudeltakerne trukket ut tilfeldig, men det var studentene som hadde lyst, som endte opp som deltakere. Dette kan medføre at disse fem studentene ikke representerer 'tverrsnittet av populasjonen'. I tillegg var ikke intervjuene identiske, og oppfølgingsspørsmålene varierte. Dette er en ytterligere faktor som kan svekke

reliabiliteten, fordi intervjuet endrer seg, og det ikke er identiske spørsmål til hver student. Det blir derfor vanskelig å generalisere intervjuresultatene på samme måte som de kvantitative resultatene.

Oppsummert tyder resultatene på at studentene fra de to studieprogrammene har relativt lik grunnleggende elektrisitetsforståelse etter første semester. Dette fordi det ikke var noen signifikant forskjell i gjennomsnittlig score på spørreundersøkelsen i januar. Men det var en signifikant forskjell i gjennomsnittlig score i august 2020. Det samme var også tilfelle for markør oppgavene. I januar var det ingen signifikant forskjell mellom de to studieprogrammene. Allikevel scorer kybernetikkstudentene litt høyere, men denne forskjellen er altså så liten at den ikke er signifikant. Spørreundersøkelsen anses som valid fordi den er gjennomarbeidet av fagpersoner og forbedret flere ganger. I tillegg viser Kuder beregningene Richardssons index og Fergussons δ at den er reliabel.

Siden studiens pålitelighet er en funksjon av både spørreundersøkelsens pålitelighet og intervjuenes pålitelighet, opp helt middels. Ved tilfeldig utvalg av intervjudeltakere og et større utvalg, vil denne påliteligheten øke. Siden resultatene viser at det ikke er noen signifikante forskjeller mellom studieprogrammene i januar 2021, kan dette tolkes som at intervjuene av studentene i elektronisk systemdesign og innovasjon, kanskje også kan gi noe informasjon om den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til studentene fra kybernetikk og robotikk.

Resultater og analyse

I dette kapitlet presenteres kvalitative og kvantitative resultater. Resultatene blir presentert i form av søylediagram, tabeller og sitater, men også kommentert underveis. En del av figurene blir også brukt senere i studien, spesielt i diskusjonsdelen.

Som følge av tidsbegrensningen på oppgaven, ble hovedfokuset lagt på fem utvalgte spørsmål. De øvrige spørsmålene beskrives også i *statistikk over hele undersøkelsen*. For å øke påliteligheten på studien, generelt sett, kunne det blitt gjennomført krysskorrelasjon mellom ulike spørsmål. Dette ble heller ikke gjennomført, noe grunnet dårlig planlegging og tidspress. Derimot ses resultatene på de fem oppgavene opp mot hverandre og disse drøftes opp mot intervjuresultatene og tidligere litteratur på området.

Kortfattet beskrivelse og analyse av oppgaver i spørreundersøkelsen

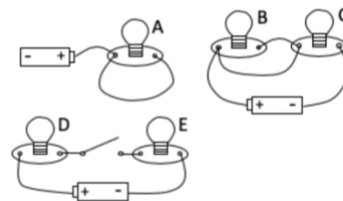
I denne delen finnes oppgavene fra spørreundersøkelsen, som resultatene er hentet fra. Svaralternativene på oppgavene er også med. Deloppgavene er bevisst ikke tatt med, men hvert av spørsmålene består av tre til seks deloppgaver. Det er kommentert kort hva som kreves for å besvare oppgaven og hvilke misoppfatninger som oppgaven eventuelt kan avdekke.

Oppgave 1

- Studentene må kjenne igjen en kortslutning. I tillegg må de kunne se hvilke kretser som er åpne, og hvilke som er lukkede.

Oppgave 1

Hvilke lyspærer vil lyse?



Lyser Lyser ikke Vet ikke

Figur 7: Oppgave 1 fra spørreundersøkelse i januar 2021

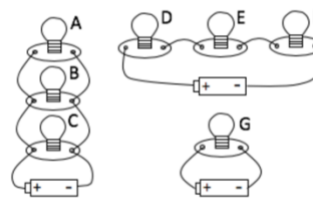
- Kan avdekke *en-pols-modellen* (Rengman, 2010) presentert i 3.3.

Oppgave 2

- Studentene må kjenne til Ohms lov, parallellkoblinger og seriekoblinger. I tillegg bør de vite hva som avgjør lysstyrken.
- Egner seg til å sjekke om studentene tenker i tråd med *forbruksmodellen*. Kan også vise om studentene ser på batteriet som en konstant strømkilde.
- Dersom studentene tenker i tråd med *forbruksmodellen*, vil lyspære D lyse sterkere enn E og E vil lyse sterkere enn F. Tilsvarende vil C lyse sterkere enn B som vil lyse sterkere enn A.

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Begge vil lyse like sterkt Den første vil lyse sterkere Den andre vil lyse sterkere Vet ikke

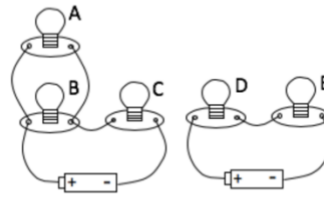
Figur 8: Oppgave to fra spørreundersøkelsen i januar 2021

Oppgave 3

- Denne oppgaven krever det samme som oppgave 2
- Kan også gi en pekepinn på om studentene innehar misoppfatningen sekvenstenkning i tillegg til forbrukstenkning. Som et eksempel vil lyspære B lyse sterkere enn C, dersom man

Oppgave 3

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



- | | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------|
| Begge vil lyse like sterkt | Den første vil lyse sterkere | Den andre vil lyse sterkere | Vet ikke |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------|

Figur 9: Oppgave tre fra spørreundersøkelsen i januar 2021

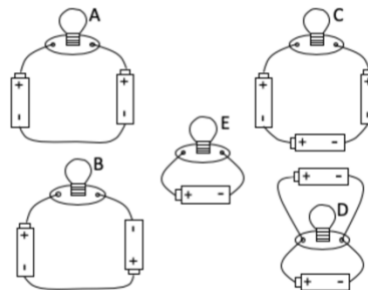
innehar misoppfatningen forbrukstenkning. Hvis studenten tenker at strømmen går fra den negative polen til den positive polen, vil lyspære C og E lyse like sterkt ifølge sekvenstankegang. I realiteten vil lyspære C lyse sterkere enn B. I tillegg vil lyspære C lyse sterkere enn lyspære E, siden totalresistansen i krets ABC er mindre enn totalresistansen i krets DE.

Oppgave 4

- Krever at man kjenner til serie- og parallellkobling av batterier.

Oppgave 4

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



- | | | | |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------|
| Begge vil lyse like sterkt | Den første vil lyse sterkere | Den andre (E) vil lyse sterkere | Vet ikke |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------|

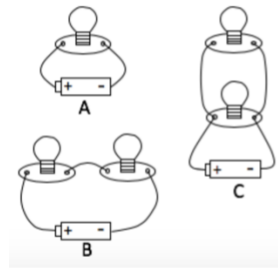
Figur 10: Oppgave fire fra spørreundersøkelsen i januar 2021

Oppgave 5

- Må kjenne til elektrisk energi. I tillegg til serie- og parallellkoblinger.
- Kan vise om studentene ser på batteriet som en *konstant strømkilde*. Dersom batteriet var en konstant strømkilde, hadde de tre batteriene blitt ladd ut like raskt.

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?

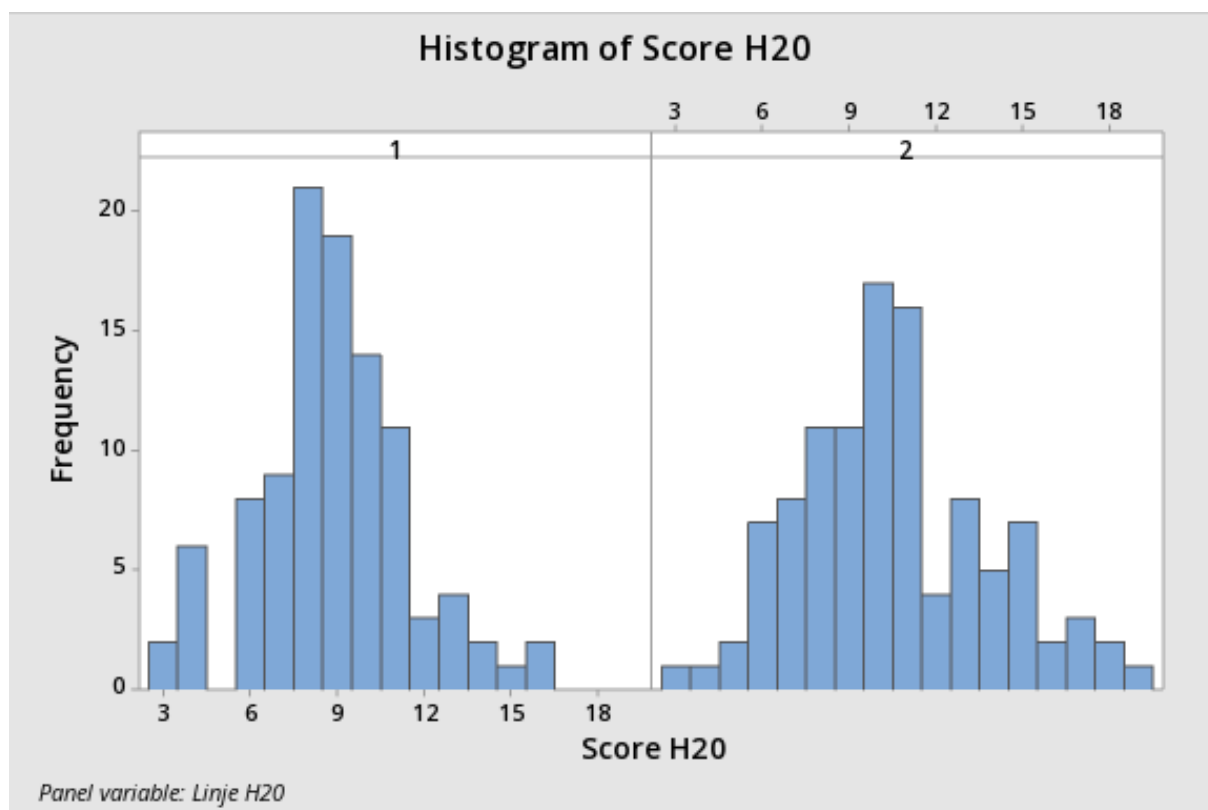


Begge vil lades ut like raskt	Det første vil lades ut raskere	Det andre vil lades ut raskere	Vet ikke
-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	----------

Figur 11: Oppgave fem fra spørreundersøkelsen i januar 2021

Statistikk over hele undersøkelsen

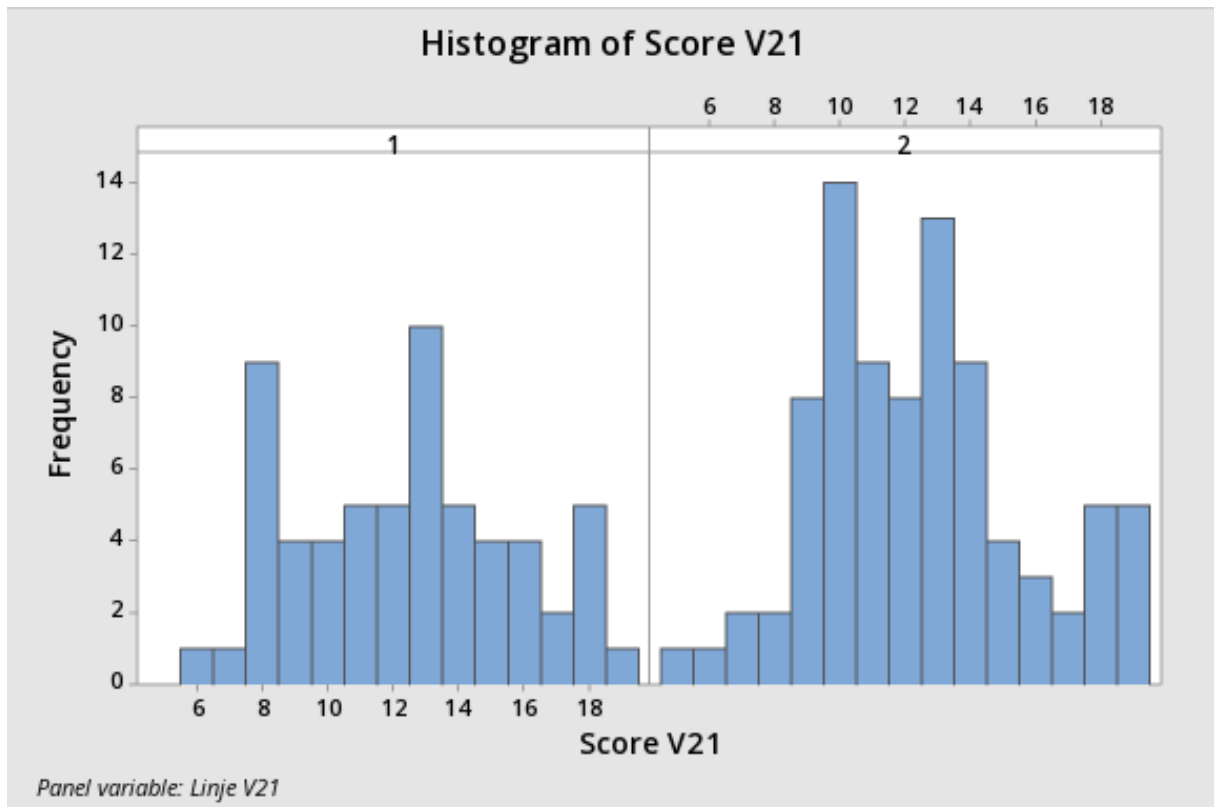
Som nevnt i metodekapittelet, ble det innledningsvis laget statistikk for å få et overblikk over resultatene. I første omgang var fokuset å betrakte gjennomsnittresultatene til de to studieprogrammene. Under hver enkelt figur er det en beskrivende figurtekst, og hver av figurene og tabellene etterfølges av et avsnitt med kommentarer og utfyllende informasjon.



Figur 12: Resultater for august 2020, laget i Minitab. Histogrammet til venstre viser resultatene til elektronisk systemdesign og innovasjon. Til høyre er histogrammet som viser resultatene til kybernetikk og robotikk.

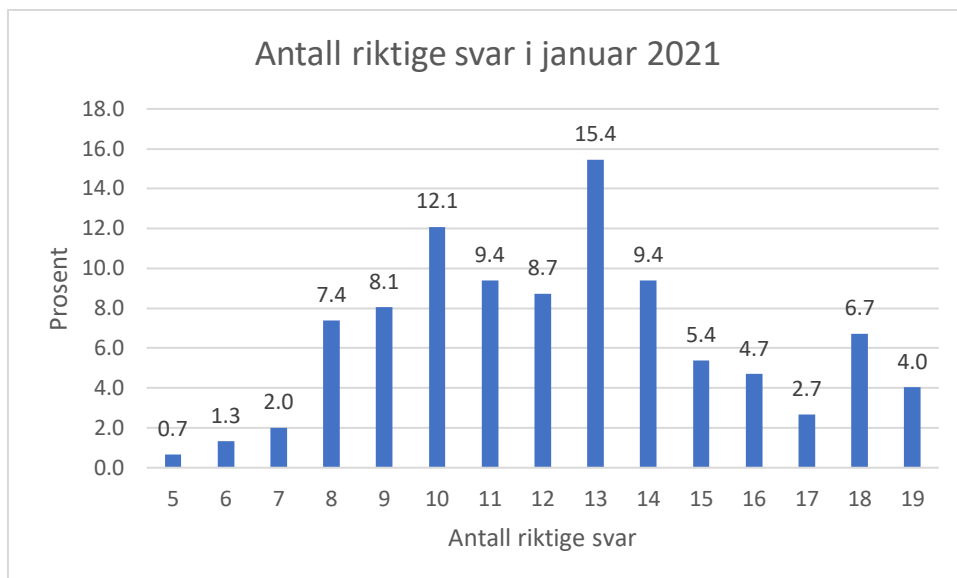
Som vist i figur 12, scorer kybernetikkstudentene bedre enn elektronisk systemdesignstudentene. Disse histogrammene ble laget for å få et raskt overblikk, men gjennomsnittsscoren kommer ikke tydelig frem. Et tilsvarende histogram ble laget for resultatene i januar 2021, vist i figur 13. Ved hjelp av Excel ble standardavvikene for august beregnet; 3,29 for kybernetikk og robotikk, 2,60 for elektronisk systemdesign og innovasjon og 3,07 for alle testdeltakerne totalt sett.

Ved det blotte øye ser man at gjennomsnittet har økt fra august til januar, for begge grupper. Ved hjelp av Excel ble standardavvikene for januar beregnet; 3,25 for kybernetikk og robotikk, 3,68 for elektronisk systemdesign og innovasjon og 3,42 for alle testdeltakerne totalt sett. Standardavviket er et spredningsmål som forteller «(...) hvor langt de enkelte verdiene i gjennomsnitt ligger fra gjennomsnittsverdien» (Aanesen & Kristensen, 2019).

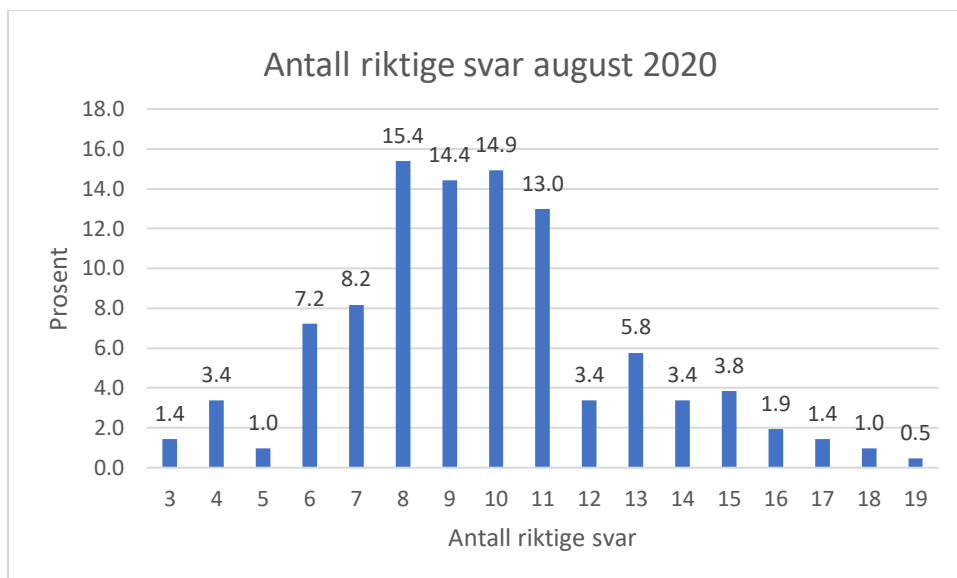


Figur 13: Resultater for januar 2021, laget i Minitab. Histogrammet til venstre viser resultatene til elektronisk systemdesign og innovasjon, og det til høyre viser resultatene til kybernetikk og robotikk.

I *figur 14* og *figur 15* er resultatene fremstilt i søylediagrammer for januar og august-resultatene. Her er resultatene samlet sett, fra begge studieprogram. Her kommer forbedringen forholdsvis tydelig frem, ved at det er synlig at andelen studenter som får 12 eller flere riktige svar, har økt.

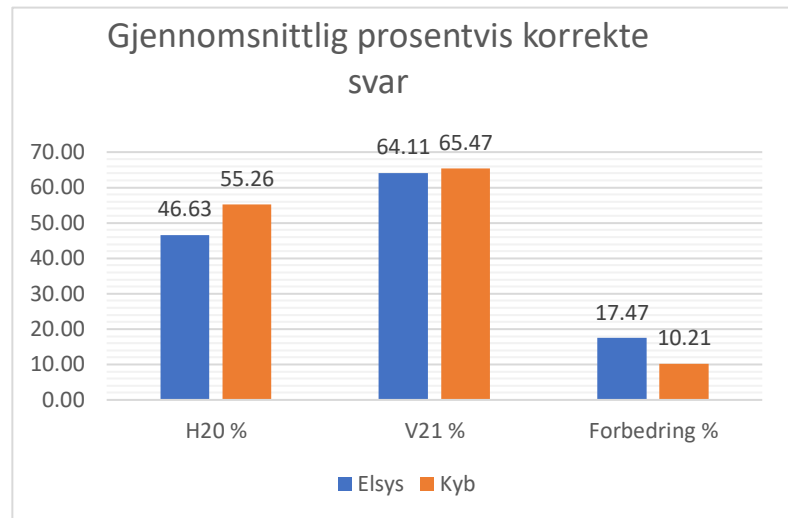


Figur 14: Totalscore januar 2021, laget i Excel. Søylediagrammet viser det samlede resultatet for begge studieprogrammene



Figur 15: Totalscore august 2020, laget i Excel. Søylediagrammet viser det samlede resultatet fra begge studieprogrammene.

I figur 16 er den gjennomsnittlige scoren vist for de to studieprogrammene. Denne scoren er angitt i prosent, og viser at kybernetikkstudentene scoret 55,26% korrekt i august, og elektronisk systemdesign-studentene scoret 46,63%. Andelen korrekte svar økte i januar, her scoret de to gruppene 65,47% og 64,11%. Forbedringen var 17,47 prosentpoeng for elektronisk systemdesign og innovasjon, og 10,21 prosentpoeng for kybernetikk og robotikk.

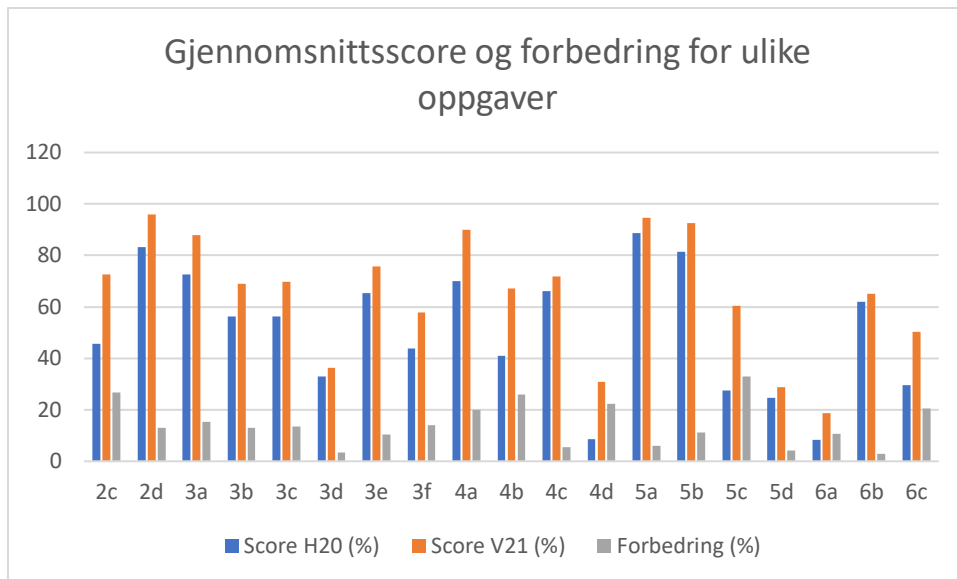


Figur 16: Gjennomsnittlig prosentvis korrekte svar for begge studieprogram. Forbedringen til høyre er angitt i prosentpoeng.

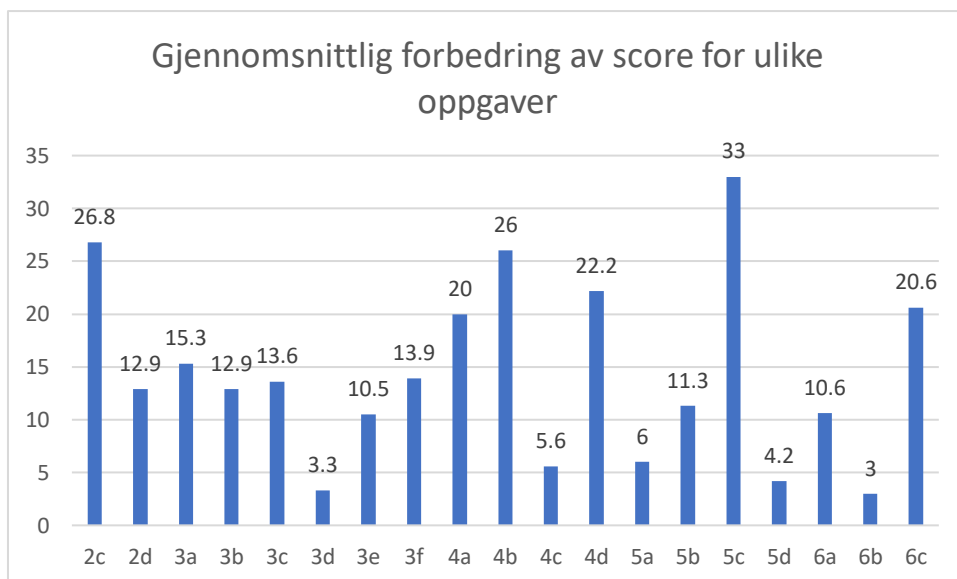
I figur 17 er den gjennomsnittlige prosentvise score for hver enkelt deloppgave presentert. Forkortelsene H20 står for *høst 2020* og tilsvarer testen i august, og V21 betyr *vår 2021*.

Det er ganske stor variasjon blant de ulike deloppgave, men det er enkelte oppgaver som peker seg ut. Dette er oppgavene 3d, 4d, 5d, 6a og 6c. På disse fem oppgavene scorer studentene betydelig lavere enn på de andre oppgavene i spørreundersøkelsen.

Ved nærmere undersøkelser viste det seg at oppsiktsvekkende mange studenter svarte feil på alle disse fem oppgavene. I august 2020 var det 48% av studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon, og 34% av studentene fra kybernetikk og robotikk som svarte feil på fem av fem oppgaver, dette er vist i figur 19 og figur 20. I gjennomsnitt var det 11 prosentpoeng forbedring totalt på disse oppgavene. Dette er en mindre forbedring enn forbedringen på spørreundersøkelsen i sin helhet. I diskusjonsdelen blir disse fem oppgavene, kalt markøroppgaver, trukket frem og diskutert mer grundig.



Figur 17: Gjennomsnittlig prosentvis poengscore på ulike deloppgaver for august 2020 og januar 2021. Forbedringen er angitt i prosentpoeng.



Figur 18: Gjennomsnittlig forbedring på de ulike deloppgavene august 2020 og januar 2021, angitt i prosentpoeng.

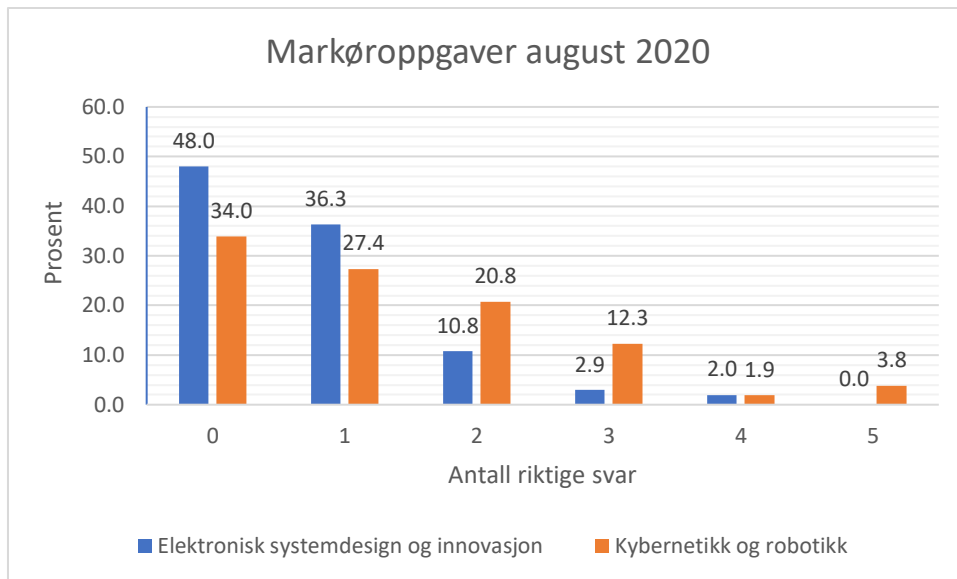
Tabell 3: Svarprosent og gjennomsnittlig prosentvis score i august og januar. I tillegg er forbedringen i prosentpoeng tatt med i kolonnen til høyre.

	Svarprosent august 2020	Svarprosent januar 2021	Score august 2020	Score januar 2021	Forbedring i prosentpoeng
Elektronisk systemdesign og innovasjon	77,04%	50,83%	46,63%	64,11%	17,48
Kybernetikk og robotikk	85,00%	57,33%	55,26%	65,47%	10,21
Totalt	70,67%	54,44%	51,04%	64,89%	13,85

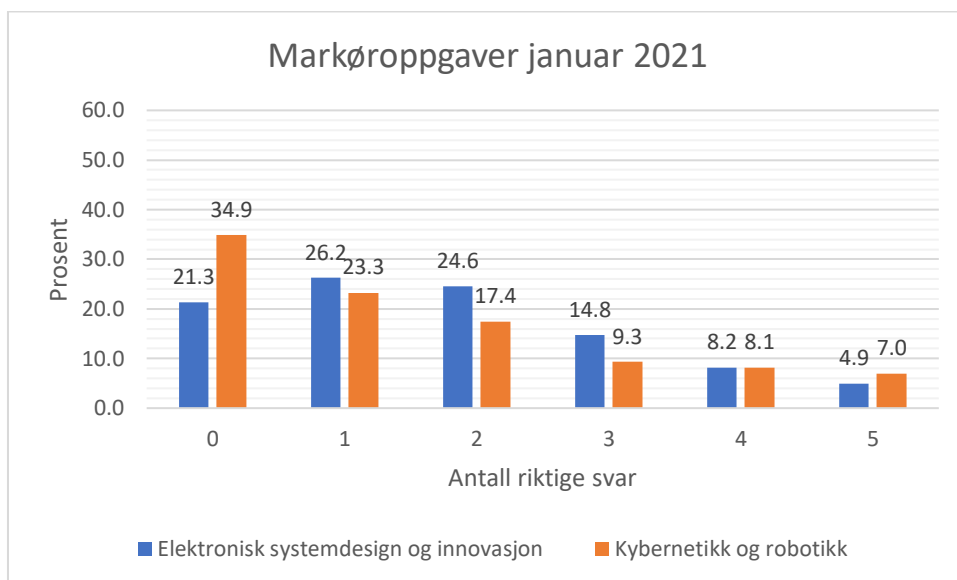
Tabell 3 viser resultatene fra figur 16, bare i tabellform. I tillegg er svarprosenten tatt med. I tabell 4 er resultatene for markøroppgavene vist. Her ser man at i snitt score studentene rett på omtrent en femtedel av disse oppgavene i august, og en tredjedel i januar. Forbedringen i prosentpoeng er også tatt med. Det er en ganske stor forbedring, 11 prosentpoeng tilsvarer i dette tilfellet 50,9% forbedring.

Tabell 4: Statistikk over markøroppgavene. Her er den gjennomsnittlige prosentvise scoren på disse fem utvalgte oppgavene presentert for både august og januar-resultatene. Forbedring i prosentpoeng er også med.

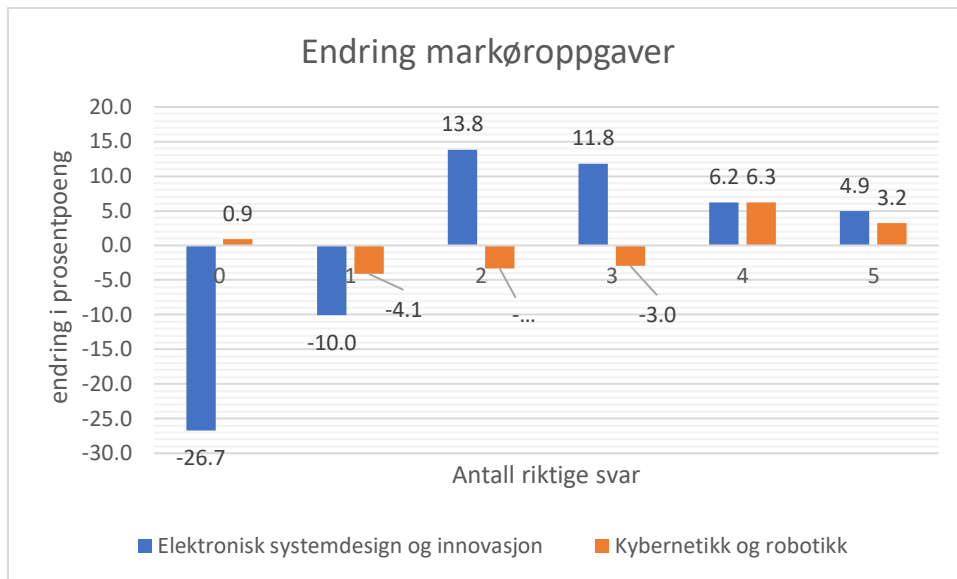
	Gjennomsnittsscore august 2020	Gjennomssnittsscore januar 2021	Forbedring i prosentpoeng
Elektronisk systemdesign og innovasjon	15%	35,4%	20,4
Kybernetikk og robotikk	26,6%	30,6%	4,0
Totalt	21,6%	32,6%	11,0



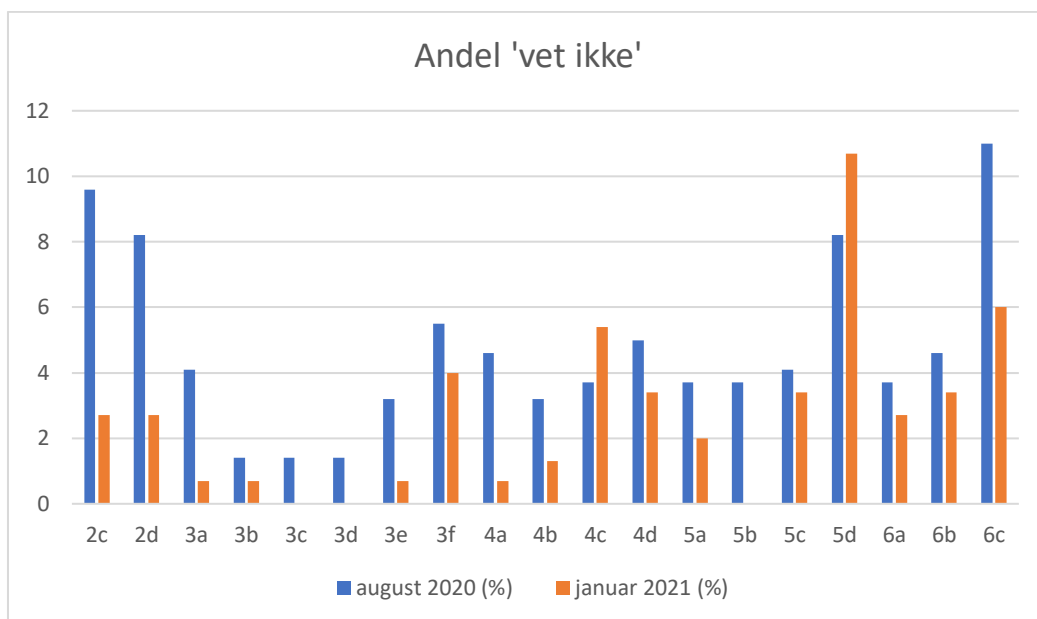
Figur 19: Andel riktige svar på markørøppgaver i august 2020, angitt i prosent



Figur 20: Andel riktige svar på markørøppgaver i januar 2021, angitt i prosent



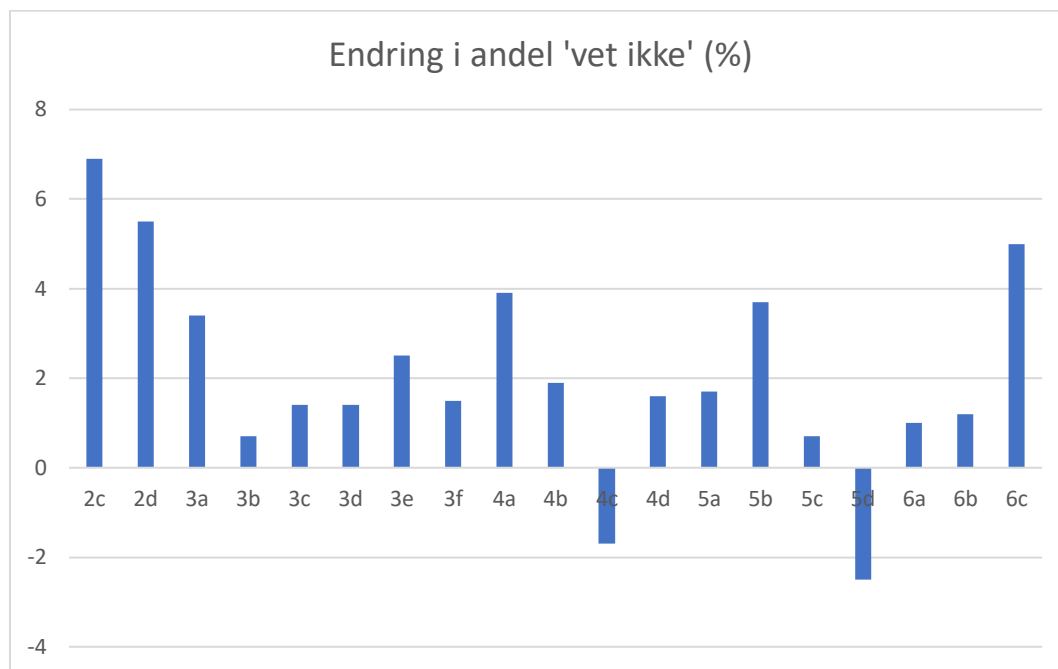
Figur 21: Endring i antall riktige svar på markøroppgavene. Negative verdier betyr at det er færre studenter som har et visst antall korrekte svar. Endringen er oppgitt i prosentpoeng



Figur 22: Prosentvis andel 'vet ikke' for ulike deloppgaver

Et av svaralternativene på spørreundersøkelsen var 'vet ikke', dette alternativet er ment for studentene som vet at de ikke kan svare på en oppgave. Generelt sett er denne andelen stort sett mindre enn 6 %, som vi ser i figur 22. To av de fire oppgavene med lavest poengscore: 5d og 6c er også de to av markøroppgavene. Dette kan tyde på at studentene

synes at disse oppgavene er krevende. I *figur 23* kan vi se at denne andelen har minket for samtlige oppgaver med unntak av oppgave 4c og 5d.



Figur 23: Endring i andelen 'vet ikke' på ulike deloppgaver. Negative verdier vil si at andelen har økt

Beregning av reliabilitet

Som nevnt i teoridelen er Fergusons δ et mål på en undersøkelses reliabilitet. I *tabell 5* er Ferguson's δ beregnet for august 2020 og januar 2021.

Tabell 5: Ferguson's δ

August	0,943
Januar	0,957

Siden Ferguson's δ har en verdi som er større enn 0,9 tyder dette på at spørreundersøkelsen skiller mellom testdeltakerne som har god forståelse og de som ikke har det (Persson, J., 2018, s. 11). Derimot konkluderer Terluin (et al., 2009,) med at Ferguson's δ ikke kan fortelle noe om egenskapene til et måleinstrument som en spørreundersøkelse. Men den kan derimot karakterisere en populasjon (Terluin et al., 2009, s. 7).

Tabell 6: Kuder Richardson reliability index

August 2020	0,873
Januar 2021	0,874

For denne spørreundersøkelsen endte indeksen opp på 0,873 og 0,874 for august og januar, som man ser i tabell 6. Dette impliserer at spørreundersøkelsen kan brukes til å vurdere både enkeltindivider og en gruppe.

T-testing med Minitab

Siden studien omhandler studenter fra to ulike studieprogram, var det interessant å undersøke forskjellen i resultater mellom de to ulike gruppene. For å gjøre en statistisk sammenligning, ble det gjennomført en form for hypotesetesting, kalt t-test.

I denne studien ble det undersøkt hvorvidt det var statistisk signifikante forskjeller i gjennomsnittlig poengsum for de to studieprogrammene, og på utvalgte oppgavene. Nedenfor er disse resultatene oppsummert. Gruppe A er studentene fra studieprogrammet elektronisk systemdesign og innovasjon. Tilsvarende er gruppe B studentene fra studieprogrammet kybernetikk og robotikk.

Det ble gjennomført en uavhengig t-test for å sammenligne gjennomsnittscoren mellom de to ulike studentgruppene høsten 2020. Det var en signifikant forskjell i gjennomsnittscore for gruppe A ($M = 8.86$, $SD = 2.60$) og gruppe B ($M = 10.50$, $SD = 3.29$) gitt $t(198) = -3.99$, $p < 0.001$. Her betyr M middelerdien og SD står for standardavviket. $t(n)$ forteller oss hvorvidt nullhypotesen skal forkastes eller ikke. «P-verdien er sannsynligheten for at resultatene i en vitenskapelig studie skal ha blitt slik de er ved slump dersom nullhypotesen er sann» (Braut, 2019). P-verdien i denne studien er satt til 0,05. Ut fra dette har Minitab, et statistikkprogram, beregnet tilhørende t-verdier.

Deretter ble det gjennomført enda en uavhengig t-test for å sammenligne gjennomsnittsscoren mellom de to gruppene våren 2021. Gruppe B ($M = 12.44$, $SD = 3.25$) hadde en høyere gjennomsnittsscore enn gruppe A ($M = 12.38$, $SD = 3.35$), og denne forskjellen var ikke signifikant; $t(124) = -0,11$, $p = 0.916$.

En uavhengig t-test ble også gjennomført for å sammenligne gjennomsnittsscoren på fem markør oppgaver blant de to studentgruppene som besvarte oppgavene i august 2020. Gruppe B ($M = 1.32$, $SD = 1.31$) hadde en høyere gjennomsnittsscore enn gruppe A ($M = 0.745$, $SD = 0.909$), og denne forskjellen var signifikant; $t(187) = -3.69$, $p < 0.001$.

En uavhengig t-test ble også gjennomført for å sammenligne gjennomsnittsscoren på fem utvalgte oppgaver blant de to studentgruppene i januar 2021. Gruppe B ($M = 1.53$, $SD = 1.58$) hadde en høyere gjennomsnittsscore enn Gruppe A ($M = 1.78$, $SD = 1.43$), men denne forskjellen var ikke signifikant; $t(134) = 0.99$, $p = 0.324$.

En uavhengig t-test ble også gjennomført for å sammenligne den selvrapporterte praktiske erfaringen blant de to studentgruppene høst 2020. Gruppe B ($M = 1.972$, $SD = 0.856$) hadde en høyere gjennomsnittsscore enn gruppe A ($M = 1.961$, $SD = 0.954$), men denne forskjellen var ikke signifikant; $t(201) = -0.09$, $p = 0.931$.

Som en oppsummering bestod de signifikante forskjellene i:

- 1) Kybernetikk og robotikk-studentene hadde best gjennomsnittsscore i august 2020
- 2) Kybernetikk og robotikk-studentene hadde best gjennomsnittlig score på de fem markørøppgavene i august 2020.

Kvalitative resultater

I dette underkapittelet blir de kvalitative funnene presentert. Funnene blir presentert under hvert sitt hovedtema, som er basert på de endelige kodene. Den siste underoverskriften i har jeg med en kategori som omhandler *andre funn*, med dette menes funn som ikke matcher forskningsspørsmålene eller problemstillingen, men som allikevel fortjener å nevnes. Siden disse funnene er basert på det transkriberte materialet, er det sannsynlig at noe informasjon har forsvunnet underveis. Brinkmann & Tanggaard (2012, s.11) peker på at informasjonen kan gå tapt når man *oversetter* fra muntlig til skriftlig, og at mye informasjon tapes i transkribering. En av årsakene de trekker frem, er at det muntlige språket bærer preg av usammenhengende setninger (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 11).

Ettersom intervjuene var i en semi-strukturert form, var hverken antall spørsmål eller ordlyden i hvert spørsmål identisk for alle intervjudeltakerne. Allikevel ble de fem intervjudeltakerne i all hovedsak spurt om det samme. Oppfølgingsspørsmålene var delvis planlagt, og kom delvis spontant, noe som gjorde at disse selvsagt varierte fra person til person.

Gale svar og mulige misoppfatninger

Underveis i intervjuene svarte samtlige intervjudeltakere galt ved en eller flere anledninger. Med dette menes at de avslørte misoppfatninger eller svarte feil på faktaopplysninger. Et eksempel er at ingen av studentene behersket å definere spenning på en tilfredsstillende måte. To av fem deltakere hadde veldig god oversikt over temaet, men også

disse resonnerte galt ved enkelte anledninger. Det var heller ikke enkelt å kategorisere de gale svarene, fordi svarene var inkonsekvente og studentene endret argumentasjon underveis.

For å belyse disse mulige misoppfatningene har jeg tatt med noen utdrag som viser lignende gal argumentasjon fra flere studenter.

Studentene ble spurt om lyspære D eller lyspære F på *figur 24* ville lyse sterkest.

«D vil lyse sterkere enn F. (...) fordi, det vil være mer spenning over D enn F.» (Student B)

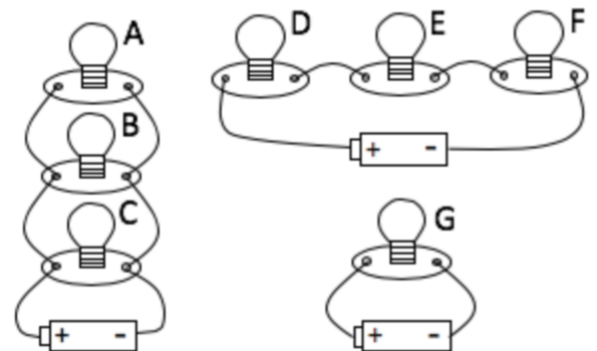
«D lyser (...) så lyser E litt svakere og F svakest. (...) mest spenningsfall over den første lyspæra» (Student A)

«(...) lyspære F lyser svakest» Student C)

«(...) vi har et spenningsfall over D, så spenningen over E vil være lavere. Derav så vil D lyse sterkere enn E. Men strømmen vil være lik da» (Student D)

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Figur 24: Intervjuspørsmål 2

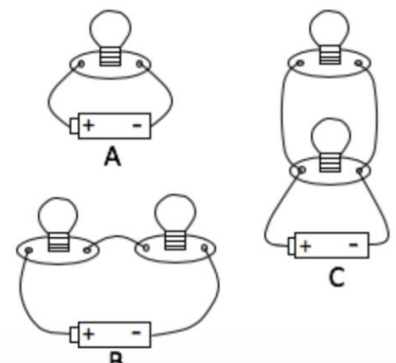
Fire av fem studenter mente altså at lyspære D ville lyse sterkere enn lyspære F. I realiteten vil lyspære D., E og F lyse like sterkt. Grunnen til dette er at lyspærene er identiske og strømmen gjennom alle pærene vil være den samme («Ohms lov», 2019; Andersen, 2018).

Senere i intervjuet blir studentene spurt følgende spørsmål, basert på oppgave 5 i *figur 25*:
Vi kobler inn en tredje lyspære, i serie med de to andre, i krets B. Hvordan påvirker dette utladningstiden til batteri B?

Student A svarte følgende på dette spørsmålet.

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?



Figur 25: Intervjuspørsmål 5

«Batteriet lades ut raskere (...) fordi motstanden i kretsen øker»

Dette var den eneste studenten som mente at utladningstiden økte som følge av flere lyspærer i serie.

På det første intervju spørsmålet ble studentene spurt om lyspære C eller G ville lyse sterkest. Student D mente at lyspære G lyste sterkest, og dette var begrunnelsen:

«Spenningsfallet over A, B, og C er like stort, og G forsåvidt. Men effekten levert til A, B og C vil bli en tredjedel av [effekten til] G det»

Dette kan tyde på at student D tror at batteriet leverer konstant effekt. Dette minner om den misoppfatningen som var mest utbredt blant studentene og elevene som Engelhardt & Beichner (2004, s. 104) undersøkte. Siden det er oppgitt at batteriene har konstant spenning, impliserer dette at batteriet må være en konstant strømkilde, dersom effekten er konstant (Hofstad, 2020). Her er det altså forutsatt at student D kjenner definisjonen på elektrisk effekt, og er bevisst på at batteriet har konstant spenning.

Endring av forståelse

Et av forskningsspørsmålene dreier seg om hvorvidt den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til studentene har endret seg etter første semester på NTNU. For å undersøke dette ble studentene bedt om å svare på oppfølgingsspørsmål på e-post, og en av studentene ble også spurt om å karakterisere vanskelighetsgraden på oppgaver i spørreundersøkelsen.

Tre av fem intervjudeltakere svarte at de hadde fått bedre grunnleggende elektrisitetsforståelse etter første semester. De to siste studentene svarte ikke på dette oppfølgingsspørsmålet. Allikevel tyder helhetsinntrykket fra disse intervjuene på at de også hadde forbedret den grunnleggende forståelsen, selv om de ikke ga eksplisitt uttrykk for det.

I det siste intervjuet ble student E bedt om å kommentere vanskelighetsgraden på hver enkelt oppgave i spørreundersøkelsen. I tillegg skulle student E sammenligne vanskelighetsgraden på oppgaven i august og i januar.

«[oppgave 1] synes jeg var vanskelig, vi tok en lik test akkurat når vi starta, da synes jeg den var vanskelig, men nå var den veldig lett»

P: Er det noe spesielt du har lært i høst siden du synes at det var lett nå?

«Prøving og feiling, har bare fått sett mye på det»

Om oppgave 2 svarte studenten at:

«jeg har ikke endra oppfatning, men det har blitt mye lettere»

Som student C sier:

«Jeg synes våren 2021 var lettere, men tror dette skyldes bedre kompetanse og ikke av vanskelighetsnivået egentlig er endret»

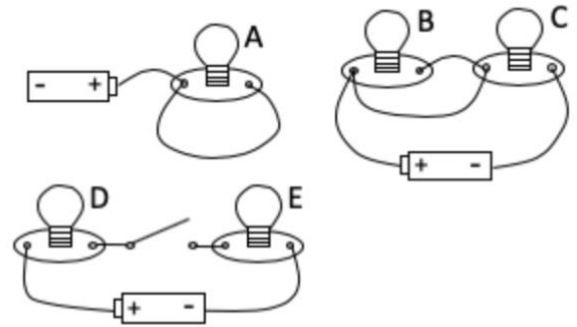
Om vanskelighetsgraden nevnte studentene blant annet:

«Jeg synes spørsmålene var enkle å forstå hvis man har litt forståelse av elektronikk»

«Jeg vil si at min forståelse av grunnleggende elektrisitet er betydelig forbedret, hadde en liten anelse før, men hjelper mye å jobbe med det på en praktisk måte og å manipulere det og se hva som skjer»

Oppgave 1

Hvilke lyspærer vil lyse?



Figur 26: Intervjuspørsmål 1

Vurdering av språk og vanskelighetsgrad i spørreundersøkelsen

Alle fem studenter svarte at språket var klart og tydelig og at oppgavene i spørreundersøkelsen var forståelige. Når det gjelder vanskelighetsgraden har det vært større forskjeller innad blant intervjudeltakerne. Svarene varierte fra lett, middels, en som ikke husker vanskelighetsgraden og en som sa at spørsmålene varierte fra lette til vanskelige.

Men ut fra svarene på intervju spørsmålene, som i hovedsak var hentet fra selve spørreundersøkelsen, var det jo ikke alle spørsmålene studentene var sikre på. Så det tyder på at de husker selv at de synes at testen var litt enklere enn den kanskje egentlig var.

Usikkerhet blant studentene

Ut fra det kvantitative materialet var det vanskelig å vurdere om studentene var sikre på egne svar. Men i intervjuene var de nødt til å begrunne svarene sine, og ble stilt oppfølgingsspørsmål. Det ble derfor svært tydelig om de følte seg trygge på svarene sine, eller om de var usikre. Enkelte ganger ombestemte studentene seg underveis, og vekslet mellom ulike svaralternativer. Sitatene her kan virke tatt ut av kontekst, men fokuset er på usikkerheten, i stedet for selve oppgaven. Derfor er ikke oppgaveteksten tatt med.

«Jeg tenker bare at eeh, der er det to lyspærer ... egentlig. Eller jeg vet ikke helt hva jeg tenker, da er det to lyspærer og da er det sikkert vanskeligere på en måte. Eller mer resistans liksom, jeg vet ikke» (Student A)

«Ehm, raskere, eller nei kanskje ikke. Kanskje, jeg vet faktisk ikke. Eeh, kanskje raskere» (Student A)

«Ja. Det er ikke noe som tvinge batteriet til å levere mer effekt per tid enn de egenskapene, så tenker jeg at ... nei nei, men det stemmer ikke det heller, vet ikke hva som er riktig. Men enten B eller C så vil pæra lyse halvparten av det den gjør i A. Og hvis det er tilfelle i B, så vil batteri A og B lades ut like raskt. Og C lades ut raskest» (Student D)

«Jeg må skrive opp URI [$U = R \cdot I$, Ohms lov]. Visualisere det ... så liker jeg å ha formelen oppe. For resistansen blir mindre så da blir det jo ... den vil lyse sterkere den G-en, Nei, jeg trodde jo, nei ååå. Jeg tror de vil lyse like sterkt. Det er tidlig på

morgenen kjenner jeg. Jeg tror de vil lyse like sterkt, men ut fra formelen så sliter jeg med å forklare det akkurat nå» (Student E)

Her kunne det vært med mange flere eksempler, men det viser at tre av fem studenter var ganske usikre på egne svar. Dette impliserer ikke at de to siste studentene svarte rett på samtlige oppgaver, men de var mer trygge på egne svar.

Andre funn

Sammenfallende antagelser

I spørreundersøkelsen var det oppgitt et sett med antagelser. Disse var oppgitt helt øverst, før spørsmålene. I Intervjuene, var det derimot et bevisst valg å ikke oppgi disse antagelsene, for å undersøke om studentenes antakelser samsvarte med antakelsene i spørreundersøkelsen. I stedet ble de spurt om hvilke antagelser de hadde gjort da de svarte på de ulike oppgavene. Under er et utvalg av svarene på dette spørsmålet.

«Jeg har antatt at spenningskilden er like stor i alle kretsene. Og at lyspærene er like. (...) ikke er motstand i ledningene» (Student C)

«Jeg tenker at alle batteriene i alle kretsene er like, at de er like store (...) og at alle lyspærene er like store og kobla rett. Også er det ideelle ledere da, sånn forresten.: Altså, null, at det ikke er noe motstand i ledningene. For det pleier det alltid å være liksom, men» (Student A)

«Jeg har antatt at alle ledningene er ideelle og ikke har motstand i seg. Og at alle lyspærene er identiske og alle strømkilder/spenningskilder er identiske» (Student D)

«(...) at batteriet er en ideell spenningskilde, det er det fort mest sannsynlig ikke. At det kan gi ut, at det kan gi ut en spesifikk spenningsverdi. Så i den parallellkoblinga da, at uansett hvor mange paralleller det hadde vært, så ville den gitt ut samme spenning som G. Og resistansen er lik i alle pærene, null resistans i ledningene og at de er ish samme størrelsesorden så de kan faktisk brukes på hverandre» (Student E)

«Det jeg har gått ut fra er at batterier leverer nok strøm og at ledningene er uten motstand, men det er sånne standardantagelser. Og at batteriene leverer nok spenning da til at pærene skal kunne lyse. Det er de antagelsene jeg har gjort» (Student B)

Antakelsene som går igjen er at ledningene ikke har motstand, at lyspærene er like og at batteriene er like.

Definisjon strøm, spenning og resistans

Et av de innledende spørsmålene som studentene fikk, var å definere de tre størrelsene: strøm, spenning og resistans. Samtlige fem studenter kunne definere størrelsen *strøm* på en tilfredsstillende måte. Eksempler på sitater er blant annet:

«Strøm er ladning per sekund»

«Strøm er elektroner i bevegelse»

«Det er spenning delt på motstand som er strøm»

De kunne også definere resistans på en grei måte:

«Resistans er hvor vanskelig det er for strømmen å gå gjennom noe»

«Resistans gjør det vanskeligere for ladningen å passere»

Derimot strevde intervjudeltakerne mer med å definere spenning. En av studentene sa at «Spenning er det som gjør at strømmen kan gå på en måte, eller at elektronene kan bevege seg», denne definisjonen er ikke direkte feil, men veldig upresis. Andre nevnte påstander som at «Spenninga er (...) hvor mye potensiale en ladning har». Spenning er per definisjon en potensialforskjell («Elektrisk spenning», 2018), så heller ikke dette blir helt rett. Dette kan tyde på at studentene ikke har en like intuitiv forståelse av spenning, på samme måte som de forstår strøm eller resistans. Det virket på studentene som de synes at spenning var betydelig mer abstrakt enn de to andre størrelsene.

Kommentarer på spørreundersøkelsen fra studentene

I den siste versjonen av spørreundersøkelsen, januarversjonen, ble det lagt til et ekstra avsluttende spørsmål. Dette spørsmålet lød: har du noen kommentarer til spørreundersøkelsen. De fleste kommentarene var mest generelle tilbakemeldinger på formen

«Gode spørsmål som går på forståelse av faget og ikke bare formlene»

Men det var også enkelte mer spesifikke tilbakemeldinger og kommentarer:

«Valgte svaralternativene jeg trodde var rett uten å tenke for mye over det»

«Generelt usikker på om lysstyrke avhenger av strøm eller spenning»

«Grei undersøkelse den»

«Vanskelig»

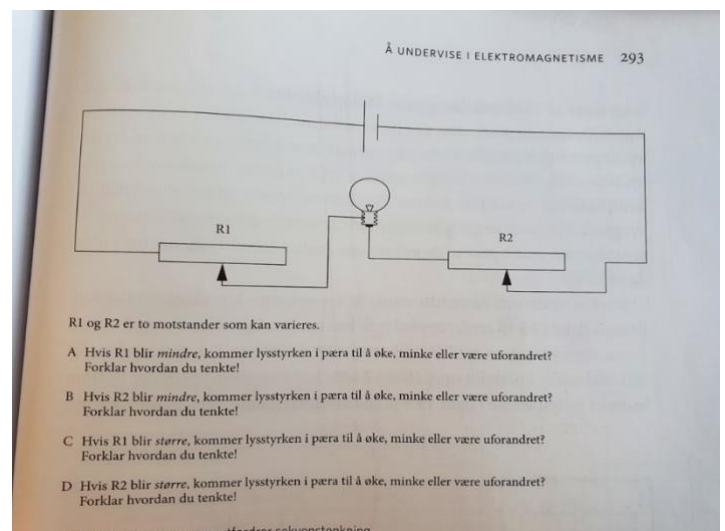
«Vi fikk et kvarter til undersøkelsen av foreleser. Denne tok en halv time på grunn av vanskelige oppgaver»

«Kjekt å gjøre litt intuitive oppgaver»

Det var 23 av studentene som hadde lagt igjen en kommentar. Det er ikke lett å trekke noen slutninger på bakgrunn av disse kommentarene, men man kan registrere at det er uenighet om vanskelighetsgraden. Dette stemmer godt overens med resultatene fra intervjuet, siden intervjudeltakerne heller ikke var enige om hvor vanskelig de synes spørreundersøkelsen var. Det er logisk ettersom de ulike studentene har ulike grunnleggende elektrisitetsforståelse.

Ingen tegn til sekvenstenkning

Etter det første intervjuet ble det lagt til en ekstra oppgave om sekvenstenkning. Oppgaven er vist på *figur 27*. Alle de fem studentene som ble intervjuet, svarte korrekt på denne oppgaven. Altså kan dette tyde på at sekvenstenkning ikke er utbredt blant studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon eller kybernetikk og robotikk.



Figur 27: Intervjuoppgave om sekvenstenkning. Oppgaven er hentet fra Angell et al. (2011, s. 293)

Diskusjon

Ut fra konsensusen på fagfeltet (Angell et al., 2011; Goris, 2016; O'Dwyer 2009), og resultatene fra den statistiske analysen av spørreundersøkelsen, var det forventet å se tydelige misoppfatninger i intervjuene av studentene. Overraskende nok var det vanskelig å få øye på disse misoppfatningene. Som nevnt i resultatdelen, bar intervjuene preg av at studentene var usikre på egen forståelse. Enkelte misoppfatninger kom allikevel frem, som *batteri som konstant strømkilde* og en misoppfatning som minnet litt om *forbrukstenkning*. Det faktum at de kvantitative og de kvalitative resultatene ikke stemte så godt overens, kan skyldes at intervjudeltakerne ikke representerer tverrsnittet av studentgruppene, og at intervju spørsmålene kan bli bedre.

Noe av dette kan skyldes det smale utvalget på kun fem studenter. Uavhengig av dette kan funnene gi et innblikk i den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til intervjudeltakerne, og studentene som har gjennomført spørreundersøkelsen.

Resultatene fra spørreundersøkelsen tyder på at en betydelig andel studenter resonnerer i tråd med forbruksmodellen. Men det er vanskelig å konkludere sikkert, siden det ikke har vært gjennomført noen krysskorrelasjon.

Derimot var det ingen av intervjudeltakerne som fulgte denne modellen slavisk. Enkelte nevnte at den første lyspæren i en seriekobling ville lyse sterkest, men begrunnelsen var da at spenningsfallet over denne lyspæren ville være størst, ikke at strømmen gjennom denne komponenten var større enn gjennom de andre lyspærene. Men ser man på Ohms lov («Ohms lov», 2019), en lov som intervjuobjektene kjente til, ser man at stort spenningsfall enten tilsier stor resistans eller stor strøm gjennom lyspæren. Siden samtlige intervjuobjekter antok at lyspærene var like, antok de sannsynligvis også at resistansen i hver lyspære var identisk.

Kanskje burde noen studenter blitt intervjuet allerede i august 2020. Da kunne de samme studentene blitt intervjuet i januar, for å sammenligne resultatene. Dette ville gitt et mer konkret innblikk i forståelsen til enkeltstudenter. På samme måte hadde det vært en fordel dersom det var mulig å sammenligne testresultatene for enkeltstudenter. Det kunne man selvsagt bare gjort dersom studentene gjennomførte spørreundersøkelsen i august og januar.

Resultatene fra spørreundersøkelsen viser tydelig at mange studenter scorer forholdsvis lavt, som vist i *figur 14*, *figur 15* og *figur 16*.

Forskningsspørsmål 1:

Hvilke misoppfatninger om grunnleggende elektriske kretser har studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk?

Ut fra de kvantitative resultatene er det fem oppgaver som utpeker seg.

Hovedspørsmålet står øverst, og den aktuelle deloppgaven står under. Dette er oppgavene:

- 1) Hvilken lyspære vil lyse sterkest?
 - C eller G?
- 2) Hvilken lyspære vil lyse sterkest?
 - C eller E?
- 3) Hvilken lyspære vil lyse sterkest?
 - D eller E?
- 4) Hvilket batteri vil lades ut raskest?
 - A eller B?
 - B eller C?

I *figur 19* og *figur 20* kan vi se at store deler av studentene besvarte alle disse oppgavene feil. I gjennomsnitt scoret studentene rett på omtrent en femtedel av disse oppgavene i august, og omtrent en tredjedel av de samme oppgavene i januar, som vist i *tabell 4*. Selv om det var en forbedring, betyr dette at i snitt svarer studentene galt på to tredjedeler av disse oppgavene i januar.

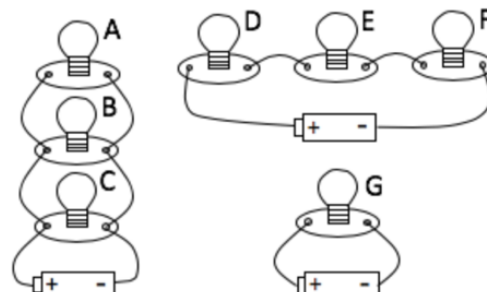
For å undersøke om det var noen fellestrekk mellom disse oppgavene var det nødvendig å gå dypere inn på hver enkelt oppgave. Her er en kortfattet punktvis oversikt over disse fem oppgavene, og svaralternativene som var mest utbredt blant studentene. I tillegg kommenteres det hvorvidt noen av svaralternativene korrelerer med noen av misoppfatningene presentert i teoridelen. Prosentandelen som er angitt for det mest brukte svaralternativet, er andelen fra januar 2021. Dette er valgt fordi det er den siste testen som studentene tok.

Hvilken lyspære vil lyse sterkest? – C eller G?

- **Fasit:** lyspære C og G lyser like sterkt, fordi de har samme indre motstand, og det er lik spenning over begge lyspærene. Ifølge Ohms lov («Ohms lov», 2019) vil da strømmen gjennom C være lik strømmen gjennom G og lyspærene vil lyse like sterkt.
- **Mest utbredt svaralternativ:** 61,1% svarte at G ville lyse sterkere enn C
- **Mulig misoppfatning:** dersom man tenker at batteriet leverer en konstant strøm, impliserer dette at det går større strøm gjennom G enn C, fordi strømmen deles på tre lyspærer i parallellkoblingen.

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Figur 28: Oppgave 2 fra spørreundersøkelsen

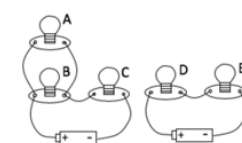
Som en tilleggsopplysning bør det nevnes at 28,9% svarte at D lyser sterkere enn E, og 29,5% svarte at D lyser sterkere enn F. Dette tyder på at forbrukstenkning også er utbredt på denne oppgaven.

Hvilken lyspære vil lyse sterkest? – C eller E?

- **Fasit:** Totalresistansen i strømkrets DE er større enn totalresistansen i strømkrets ABC. Dermed blir strømmen gjennom C større enn strømmen gjennom E som følge av Ohms lov («Ohms lov», 2019)
- **Mest utbredt svaralternativ:** 43,6% svarte at lyspære C og E lyser like sterkt
- **Mulig misoppfatning:** Dersom man regner strømetningen fra minus til pluss på batteriet, som er retningen elektronene beveger seg, rimer det mest utbredte svaralternativet med *sekvenstenkning*. Dette er fordi lyspære C og E er de komponentene som strømmen *møter først*. Altså har det ikke noe å si hva som skjer *nedstrøms* disse komponentene.

Oppgave 3

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



	Begge vil lyse like sterkt	Den første vil lyse sterkere	Den andre vil lyse sterkere	Vet ikke
A eller B *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller D *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur 29: Oppgave 3 fra spørreundersøkelsen

At C og E lyser like sterkt stemmer også overens med at batteriet er en konstant strømkilde. Dersom batteriet leverer en bestemt strøm I , uansett hvordan kretsen ser ut, er denne strømmen nødt til å gå gjennom lyspære C i krets ABC, og E i krets DE. Uansett vil strømmen være lik, som vil gjøre at de to lyspærene vil lyse like sterkt.

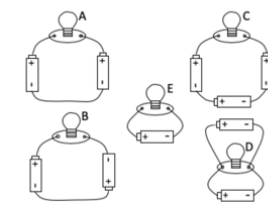
Dersom man tenker i tråd med forbruksmodellen og tenker at strømretningen er fra pluss til minus, gir det mening at E vil lyse sterkere enn C. Dette er fordi strømmen passerer to lyspærer i krets ABC, før den går gjennom C, mens i krets DE er det kun D som *forbruker strøm* før strømmen møter E. Det var 22, 1% som mente at lyspære E lyste sterkest.

Hvilken lyspære lyser sterkest – D eller E?

- **Fasit:** I krets D er batteriene parallellkoblet, og derfor er spenningen over D og E lik. Siden lyspærene har lik resistans, vil strømmen gjennom D og E være lik. Da avgir D og E lik effekt og dermed lyser de like sterkt (Hofstad, 2020).
- **Mest utbredt svaralternativ:** 53 % mente at lyspære D lyste sterkest
- **Mulig misoppfatning:** Denne oppgaven skiller seg litt fra de andre, og er mer krevende å knytte opp mot en misoppfatning. En mulighet er at studentene adderer strømmene fra hver av batteriene i krets D, slik at de tenker at strømmen gjennom D er dobbelt så stor som strømmen gjennom E, som kan tyde på manglende forståelse av parallellkoblinger.

Oppgave 4

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



	Begge vil lyse like sterkt	Den første vil lyse sterkere	Den andre (E) vil lyse sterkere	Vet ikke
A eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur 30: Oppgave 4 fra spørreundersøkelsen

Hvilket batteri vil lades ut raskest – A eller B?

- **Fasit:** Det er endelig energi i batteriene og disse gir konstant spenning. Tiden t et batteri bruker på å lades ut blir dermed $t = \frac{E}{U \cdot I}$, der E er batteriets energi, U er spenningen og I er totalstrømmen i kretsen. Dette uttrykket kan skrives ved hjelp av Ohms lov til $t = \frac{R \cdot E}{U^2}$ (Hofstad, 2017; Hofstad, 2021). Altså gir større totalresistans i kretsen lenger utladningstid for batteriet. Dermed vil batteri A lades ut raskest, siden resistansen i krets A er halvparten av resistansen i krets B («Seriekobling», 2019).

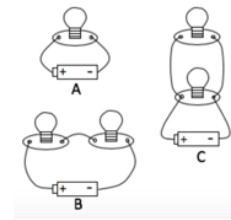
- **Mest utbredt svaralternativ:** 51,7% svarte at batteri B ville lades ut raskest.
- **Mulig misoppfatning:** Forbrukstenkning, at flere lyspærer *bruker* mer strøm og *tapper* batteriet raskere. Ut fra tankegangen om at batteriet er en konstant strømkilde, vil A og B lades ut like raskt. 26,8% av studentene svarte at de to batteriene ville lades ut like raskt, noe som kan tyde på at disse studentene har denne misoppfatningen.

Hvilket batteri vil lades ut raskest – B eller C?

- **Fasit:** Samme argument som i oppgaven over: utladningstid $t = \frac{R \cdot E}{U^2}$ gir at batteri C vil lades ut fire ganger raskere enn batteri B, fordi $R_C = \frac{R}{2}$, $R_B = 2R$, dersom den indre motstanden i hver lyspære er R («Seriekobling», 2019; «Parallellkobling», 2021).
- **Mest utbredt svaralternativ:** 50,3% svarte korrekt. Det vanligste gale alternativet var at batteri B lades ut raskest, og dette valgte 31,5% av studentene.
- **Mulig misoppfatning:** manglende forståelse av parallell- og seriekobling. 12,1% av studentene mente at batteriene ble ladd ut like raskt, noe som tyder på at de tenker på batteriet som en konstant strømkilde.

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?



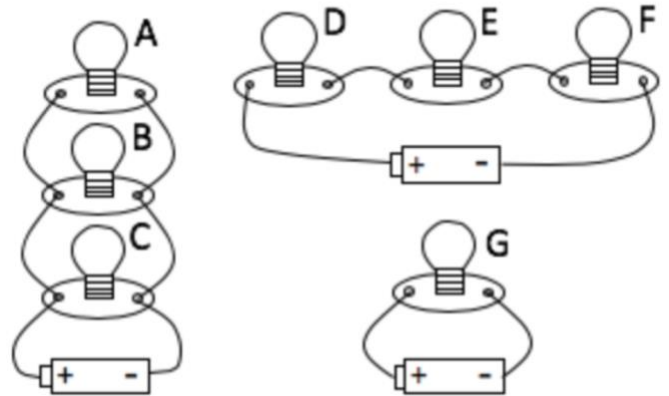
	Begge vil lades ut like raskt	Det første vil lades ut raskere	Det andre vil lades ut raskere	Vet ikke
A eller B*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A eller C*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller C*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figur 31: Oppgave 5 fra spørreundersøkelsen

Ut fra de kvantitative resultatene, var det forventet å se tydelige tegn på misoppfatninger i intervjuene. Men i realiteten var det kun noen få tegn på misoppfatninger som kom frem. Enkelte av utsagnene kunne minne om forbrukstenkning (Angell et al., 2011, s. 290-292), men allikevel var argumentasjonen litt annerledes. To av de fem intervjudeltakerne påstod at lyspære D ville lyse sterkere enn lyspære E og F på figur 32 under.

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Figur 32: Oppgave 2 fra spørreundersøkelsen

«Der vil vi ha et spenningsfall over D, så spenningen over E vil være lavere. Derav så vil D lyse sterkere enn E. Men strømmen vil være lik da» (Student B)

«D vil lyse sterkere enn F»

Hvorfor mener du at D vil lyse sterkere enn F da?

«Fordi, eeh det vil være mer spenning over D enn F» (Student C)

Intervjudeltaker B argumenterer med at spenningen over D vil være større enn spenningen over E. Senere i intervjuet går denne studenten ut fra at alle lyspærer er identiske, ergo at de har like stor resistans. Ut fra Ohms lov vet vi at spenningsfallet over en lyspære er produktet av resistansen i lyspæra og strømmen gjennom lyspæra. Men denne studenten argumenterer med at resistansen er lik, strømmen er lik, men spenningsfallet er ulikt. Ergo har ikke studenten full kontroll på Ohms lov. Grunnen til at dette knyttes sammen med forbrukstenkningen, er at spenningsfallet minker for hver lyspære. Et større spenningsfall indikerer større strøm gjennom lyspære D men student B mener likevel at strømmen gjennom lyspærene er lik. Her har vi altså en logisk brist i resonnementet.

I realiteten vil spenningsfallet over D, E og F være helt identisk. Student C resonnerer på en lignende måte. Også her påstås det at spenningen over D vil være større enn spenningen over F. Siden denne studenten også sier at lyspærene er identiske, har hen en manglende forståelse for Ohms lov. Den klassiske forbrukstenkningen går ut på at strømmen 'brukes' av komponentene i kretsen (Angell et al., 2011, s. 290-292), derfor korrelerer ikke tankegangen

deres med denne misoppfatningen fullt ut Allikevel er resultatet det samme: lyspære D lyser sterkere enn E og F. Student C ble dessverre ikke spurt et oppfølgingsspørsmål om strømmen, noe som er synd, sett i ettertid. Dermed blir det vanskelig å konkludere om student C tenker i tråd med forbruksmodellen.

Forskningsspørsmål 2

I hvilken grad har forståelsen til studentene endret seg etter et halvt år med undervisning? Rent statistisk hadde studentene en tydelig forbedring fra høst- til januar testen. Elektronisk systemdesign og innovasjon-studentene hadde klart størst forbedring, med 17,47 prosentpoeng. Kybernetikk og robotikk-studentene hadde en forbedring på 10,21 prosentpoeng. Dette tyder på at studentene har fått bedre forståelse, gitt at spørreundersøkelsen er valid og reliabel, se teoridel avsnitt 4.6 og 4.7 Ved å ta i bruk Excel får man enkelt opp en oversikt over gjennomsnittlig prosentvis score på de ulike oppgavene, og den gjennomsnittlige forbedringen. Her er det tatt et gjennomsnitt for de to linjene.

I figur 21 kan vi se at det har vært en endring i resultatene på de fem markøroppgavene. Ett spesielt funn finner vi om vi betrakter andelen som har null riktige svar. For elektronisk systemdesign og innovasjon er det 26,7 prosentpoeng færre som har svart feil på samtlige fem oppgaver. Derimot er det en ørliten økning blant kybernetikk og robotikk-studentene på 0,9 prosentpoeng. Som nevnt i resultatdelen var det en signifikant forskjell mellom de to studieprogrammene i scoren på markøroppgavene i august 2020, men denne forskjellen var ikke lenger signifikant i januar 2021. Begge studieprogram har altså forbedret resultatene på disse fem oppgavene, men elektronisk systemdesign og innovasjon har hatt størst endring.

I løpet av de fem intervjuene var totalinntrykket at studentene synes oppgavene var enklere i januar enn august, til tross for at oppgavene var identiske. Dette tyder på at intervjudeltakerne har fått økt sin grunnleggende elektrisitetsforståelse.

I oppfølgingsspørsmålene som ble sendt til studentene som hadde deltatt på intervju ble studentene bedt om å rangere vanskelighetsgraden på spørreundersøkelsen, og om vanskelighetsgraden hadde endret seg fra august til januar. En student svarte «

(...) tror ikke det var så mye forskjell» på dette spørsmålet. Det kan tyde på at denne studenten ikke hadde endret forståelsen sin nevneverdig. Et av de andre spørsmålene ba studenten om å fortelle hvorvidt den grunnleggende elektrisitetsforståelsen hans hadde endret seg. På dette spørsmålet svarte denne studenten at denne forståelsen hadde blitt «litt bedre». En annen student skrev at «Jeg vil si at min forståelse av grunnleggende elektrisitet er

betydelig forbedret, hadde en liten anelse før, men hjelper mye å jobbe med det på en praktisk måte og å manipulere det og se hva som skjer». I tillegg nevnte denne studenten at testen var betydelig enklere i januar, noe som tyder på at forståelsen har økt.

Student E mente at oppgave 1 hadde blitt enklere fordi de hadde hatt mye «prøving og feiling» i løpet av høstsemesteret. Totalt fikk studentene spørsmål om fire ulike oppgaver hentet fra testen. Tre av disse fire oppgavene var hentet fra de oppgavene som studentene svarte dårligst på. Den respektive studenten mente at alle disse fire oppgavene var blitt lettere nå. Så i intervjudeltakernes egne øyne har de økt kompetanse og spørreundersøkelsen har blitt enklere etter ett semester på Gløshaugen. Fire av fem studenter besvarte disse oppfølgingsspørsmålene.

Som presentert i resultatdelen nevnte flere av intervjudeltakerne at de opplevde spørreundersøkelsen enklere i januar enn i august. Men siden andelen studenter som deltok sank fra omtrent 71% til 54%, kan dette tilsi en større feilmargin på undersøkelsen i januar. Morton (et al., 2012, s. 106) påpeker at lavere svarprosent ikke impliserer lavere validitet. Allikevel er det sånn at potensielt er sannsynligheten for at validiteten er lavere i disse studiene. I seg selv er ikke svarprosenten en god indikator for validitet (Morton et al., 2012, s. 107).

Forskningsspørsmål 3

På hvilken måte kan gale svar på spørreundersøkelsen skyldes uklare spørsmål? Den første gangen spørreundersøkelsen ble utprøvd, sommeren 2019, sa de fire studentene som gjennomførte den at den var tydelig og konkret. Spørreundersøkelsen var basert på det anerkjente analyse- og testverktøyet DIRECT (Engelhardt & Beichner, 2004, s). Allikevel er den oversatt, spørsmålene er endret og de to testene fremstår ganske ulike. Derfor må man skille klart mellom disse testene: tydelige spørsmål i DIRECT impliserer ikke tydelige spørsmål i undersøkelsen brukt i denne studien.

I løpet av de fem intervjuene, forstod samtlige studenter spørsmålene som var hentet fra testen, uten tegn til forvirring. To av studentene svarte også at de synes testen var forståelig. Intervjudeltaker D svarte «Jeg synes de er greie å forstå» da han ble spurt om oppgavene var tydelige. Dette kan tyde på at oppgavene i spørreundersøkelsen oppleves tydelige og letteste for studentene.

De fem intervjudeltakerne fikk ettersendt en mail med oppfølgingsspørsmål til intervjuene.

Her fikk de blant annet spørsmål om hvorvidt oppgavene i spørreundersøkelsen var enkle å forstå. Ytterligere en student svarte da «helt greit» på spørsmål om hvor forståelig språket i spørreundersøkelsen var. Allikevel bør ikke dette tolkes som en garanti, det er jo kun utsagnet til en enkeltperson. Til sammen svarte fire av fem intervjudeltakere at spørsmålene var enkle å forstå, den siste studenten svarte ikke direkte på spørsmålet, men ga uttrykk for at hen forstod spørsmålene.

Ut fra det studentene svarte, er det ingenting som tyder på at spørsmålene i spørreundersøkelsen var vanskelige å forstå. Dette ga grunn til å tro at gale svar skyldtes manglende forståelse, i stedet for uklare spørsmål.

Problemstillingen

Problemstillingen i studien er: *Hva kjennetegner den grunnleggende elektrisitetsforståelsen til førsteårsstudentene ved studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon, og kybernetikk og robotikk ved NTNU?*

Dette spørsmålet ble splittet opp i tre forskningsspørsmål, og disse er alle drøftet tidligere.

Problemstillingen er av forholdsvis generell karakter, og dermed avhenger den sterkt av definisjonen på *grunnleggende elektrisitetsforståelse* som er definert i teoridelen. Definisjonen gjengis av praktiske hensyn her:

Grunnleggende elektrisitetsforståelse menes i denne studien forståelse for strøm, spenning, resistans, elektrisk energi og elektrisk effekt. I tillegg regnes forståelse av parallell- og seriekoblinger, kortslutning og utladning av batterier. Her inngår Ohms lov, og evnen til å anvende denne på enkle og forgrenede likestrømskretser.

Gjennom denne studien er problemstilling forsøkt belyst gjennom både kvalitativ og kvantitativ analyse. Påliteligheten til resultatene avhenger sterkt av metoden som er brukt, og dette er tidligere drøftet gjennom blant annet validiteten og reliabiliteten til spørreundersøkelsen som er brukt. Et annet aspekt er selvsagt utvalget og svarprosenten på spørreundersøkelse og intervjudeltakere. Med omtrent 77% svarandel i august 2020, er det grunn til å tro at disse resultatene beskriver populasjonen på en god måte. På den andre siden var den gjennomsnittlige oppslutningen omtrent 54% i januar 2021, noe som er en betydelig svekking av svarprosenten. Allikevel er det mer enn halvparten av populasjonen som har besvart. Som nevnt tidligere er ikke svarprosenten en god indikator på validitet, men høyere svarprosent kan øke sannsynligheten for at studien har god validitet.

Dersom man går ut fra at spørreundersøkelsen måler den grunnleggende elektrisitetsforståelsen på en god måte, noe beregningene av reliabilitet tyder på, kan man si at studenter fra begge studieprogram hadde en relativt svak grunnleggende elektrisitetsforståelse ved starten av sitt studium (august 2020). Dette med bakgrunn i tallene presentert i *tabell 3*. De gjennomsnittlige scorene var henholdsvis 46% og 55% i august 2020. Det interessante er at i januar 2021 scorer de to studieprogrammene omtrent likt, med 64,11% og 65,47%. Kybernetikkstudentene scoret høyest i januar, men differansen var ikke signifikant. Altså har elektronisk systemdesign og innovasjon hatt større fremgang og forbedring enn studentene fra kybernetikk og robotikk.

Enkelte resultater kan også tyde på at disse sivilingeniørstudentene tenker i tråd med vanlige misoppfatninger innen elektrisitetslæren. I intervjuene var det flere av studentene som mente at lyspærer i en seriekobling ikke vil lyse like sterkt. Selv om argumentene her dreide seg om spenning i stedet for strøm, gir det samme svar som en tradisjonell forbrukstenkning ville gi (Angell et al., 2011, s. 290-292). I tillegg scorer studentene veldig svakt på fem av oppgavene i spørreundersøkelsen. Faktisk svarte 48 % av studentene ved elektronisk systemdesign og innovasjon feil på samtlige av disse oppgavene i august 2020. Det tilsvarende tallet for kybernetikk og robotikk-studentene var 34% (*figur 19*). I januar 2021 var denne fordelingen bedre, med henholdsvis 21,3 % og 34,9%. Det var altså en betydelig forbedring for elektronisk systemdesign-studentene, og en knapp forverring for kybernetikkstudentene.

I en av disse oppgavene (oppgave 2.4) er det 61,1% av studentene som har svart at en enkelt lyspære vil lyse sterkere enn en lyspære som er parallellkoblet med to andre lyspærer. Dette tyder på manglende forståelse for parallellkoblinger, manglende forståelse for hva som avgjør lysstyrken i en lyspære (elektrisk effekt) og manglende evne til å bruke Ohms lov i praksis. Kort fortalt vitner dette om en veldig svak grunnleggende elektrisitetsforståelse.

Intervjuene kan tolkes som at studentene har en grei oversikt over strøm og resistans, men de sliter med å definere spenning, Dette kan kanskje forklare noe av usikkerheten og vanskeligheten med å forklare enkelte oppgaver også. Ut fra usikkerheten og ubesluttsomheten til flere av intervjudeltakerne, kan man også slutte at de ikke er særlig trygge på egen kunnskap. Fire av fem intervjudeltakere behersket også kortslutningen i oppgave 1. I tillegg til dette svarte flere intervjudeltakere inkonsekvent, og behersket ikke Ohms lov.

Samsvar med tidligere forskning

Misoppfatningene som er avdekket i denne studien stemmer godt overens med misoppfatningene som Engelhardt & Beichner (2004) og O'Dwyer (2009) samt også Angell (et al., 2011) trekker frem. Både *forbruksmodellen* og *batteri som konstant strømkilde* er to misoppfatningene som ofte trekkes frem i litteraturen (Engelhardt & Beichner, 2004; O'Dwyer, 2009; Angell et al., 2011; Goris, 2016). De kvantitative resultatene viser at i underkant av en tredjedel av studentene svarte i tråd med forbruksmodellen på oppgave 2. Allikevel kom ingen av intervjudeltakerne med utsagn som stemte 100% overens med denne tankegangen. Det var ganske varierende i hvilken grad studentene svarte som om *batteriet var en konstant strømkilde*, denne andelen varierer mellom omtrent 12% og 44%. Det kan også være andre årsaker til at studentene har svart på denne måten. Kort fortalt samsvarer resultatene delvis med tidligere forskning. Dersom det hadde vært gjennomført flere intervjuer, eller svarprosenten hadde vært høyere, er det mulig at resultatene hadde vært annerledes.

Andre funn

Noe av det som kom tydeligst frem underveis i intervjuene, var at studentene ombestemte seg og endret svar. De fremstod tidvis veldig usikre, og resonnererte ikke konsekvent. Et godt eksempel er på oppgave 5. Her fikk intervjudeltakerne beskjed å bestemme hvilket batteri som lades ut raskest og begrunne hvorfor:

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?

«Jeg tror det er hvor stor motstanden er.

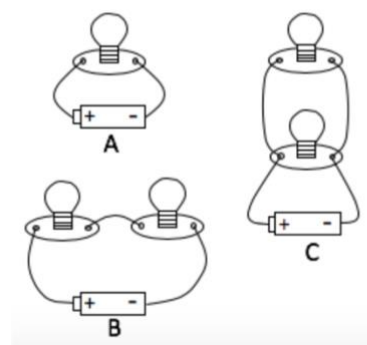
P: Er det flere faktorer, eller tror du det er motstanden først og fremst som avgjør?

«[tenkepause] Strøm og motstand kanskje» (Student A)

I første omgang kommer student A frem til at det er motstanden, eller strømmen og

motstanden som bestemmer utladningstiden til batteriet. Dette fører til denne konklusjonen:

P: (...) hvis jeg nå hadde koblet inn enda en lyspære i serie med de to lyspærene i krets B, ville det påvirket utladningstiden til batteri B?



«Ehm, [batteriet ville ha lades ut] raskere, eller nei kanskje ikke. Kanskje, jeg veit faktisk ikke ... eeh, kanskje raskere»

Så, ifølge studenten vil en ekstra lyspære i serie gir større resistans, men likevel raskere utladningstid. Men når det er snakk om krets C, endrer den samme studenten resonnement fullstendig.

P: Hvis vi ser på krets nummer C (...) vi kobler inn en ekstra lyspære i parallell, så det blir tre parallellkoblede lyspærer. Blir utladningstiden til batteri C endret?

«Batteriet lades ut raskere. Jeg tror det.

P: Hvorfor det da?

«Fordi då bli strømmen enda større. Totalstrømmen liksom»

Plutselig er det strømstyrken som avgjør utladningstiden. Dersom studenten hadde resonnert i tråd med ohms lov («Ohms lov», 2019) ville hen sett at resistansen hadde minket, og dermed burde utladningstiden økt ut fra tidligere resonnement. Her er det altså flere brister i argumentasjonen, og studenten fremstod usikker på egne utsagn underveis. To av de andre studentene var også periodevis usikre på egne svar. Siden enda flere sitater ikke bringer noe nytt, er det et bevisst valg at det kun er svarene til student A som er tatt med her.

Videre arbeid

Å undersøke studentene videre i 2. studieår og senere i studieløpet ville vært interessant for å se om den grunnleggende elektrisitetsforståelsen endrer seg ytterligere. Eventuelt hatt en intervjurunde med de samme studentene i første semester, andre semester, tredje semester og fjerde semester. For å finne ut om det er andre fordeler ved aktivitetsbasert (ERT-undervisning) undervisning i forhold til klassisk undervisning, kan man utarbeide enda en spørreundersøkelse som tar for seg de mer matematiske og kompliserte delene av faget. Samtidig vil det være interessant å se utviklingen av forskjellen mellom de to populasjonene over tid. Dersom det blir lagt til et spørsmål der studentene kan forklare hvilke læringsformer de synes er mest effektive og nyttige, kan dette også brukes som en pekepinn på hvordan undervisningen i enkelte emner kan legges opp.

Forbedringen fra høsten 2019 til våren 2020 kan undersøkes for å sammenlignes med forbedringen fra høsten 2020 til våren 2021. Dette fordi høsten 2019 hadde studentene fra de

to studieprogrammene lik undervisning i emnet TFE4101, som tar for seg elektriske kretser og elektronikk, og dermed kan man se om ERT-undervisningen har påvirket resultatene.

En intervjurunde der både studenter fra elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk deltar, er også nyttig for å kartlegge forståelsen bedre. En idé kan være at intervjudeltakerne blir trukket tilfeldig, dersom det er praktisk gjennomførbart. På denne måten unngår man problematikken med at det er de mest interesserte studentene som stiller på et intervju. Intervjustørrelsen bør også gjerne økes betraktelig, for å få et mer representativt utvalg. Dersom man intervjuer et utvalg studenter ved studiestart, og de samme studentene i januar, kan man kanskje få frem endringen i forståelse enda tydeligere.

Dersom det er gjennomførbart i praksis, ville det vært spennende å kunne foreta et utvalg av intervjudeltakere, basert på prestasjonen på spørreundersøkelsen. Dette forutsetter at man får godkjenning av NSD, og at alt det formelle er i orden.

Når det gjelder resultatene fra spørreundersøkelsen, kan man også krysskorellere resultatene, for å undersøke om studentene svarer konsekvent. Dette er noe som kunne blitt gjort i denne studien, men jeg var ikke oppmerksom på mulighetene det kunne gi. I den avsluttende fasen var det dessverre ikke nok tid til å gjennomføre dette.

Det ville vært interessant om enkelte av oppgavene i spørreundersøkelsen krevde at studentene var nødt til å begrunne egne svar. Dette krever antakelig et stort merarbeid i analysen i etterkant.

Konklusjon

Denne studien hadde som formål å besvare hva som kjennetegnet førsteårsstudentene ved studieprogrammene elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk ved NTNU sin grunnleggende elektrisitetsforståelse.

Denne forståelsen ble definert til å være: Hvordan studentene forstår sammenhengen mellom strøm, spenning og resistans, og hvordan de kan anvende forståelsen når de vurderer enkle likestrømskretser. I tillegg handler det om forståelse av elektrisk energi og effekt. Serie og parallellkoblinger, kortslutninger og utladning av batterier.

Problemstillingen ble forsøkt besvart gjennom et multistrategisk forskningsdesign. Tanken var at kvalitativ analyse av intervjuer skulle utfylle den kvantitative analysen. Den kvantitative analysen gikk ut på å beskrive resultatene på spørreundersøken, presentere datamateriale statistisk og gjennomføre hypotesetesting for å sammenligne de to studieprogrammene.

Siden problemstillingen var såpass bred, ble det laget tre forskningsspørsmål på bakgrunn av denne. Her er konklusjonen på de ulike forskningsspørsmålene, i kronologisk rekkefølge:

- 1) Hvilke misoppfatninger om grunnleggende elektriske kretser har studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon og kybernetikk og robotikk?

De kvantitative resultatene tyder på at studentene fra de to studieprogrammene innehar flere ulike misoppfatninger. En av disse misoppfatningene er å anse batteriet som en konstant strømkilde. På de fem markør oppgavene svarte 43,6% i tråd med denne misoppfatningen på oppgave 3, på oppgave 5.1 var det 26,8%, og på oppgave 5.3 var det 12,1% som svarte i tråd med denne modellen.

Det ble ikke gjennomført noen analyse for å se hvilken andel av studentene som svarte i tråd med denne modellen på samtlige fem oppgaver. I intervjuene kom ikke denne misoppfatningen frem. Det betyr ikke nødvendigvis at ingen av intervjudeltakerne innehadde denne misoppfatningen, men kanskje bidro usikkerheten til å kamuflere den.

Sekvenstenkning dukker også opp som en mulig misoppfatning, ut fra resultatene på oppgave 3 i *figur 29*. 43,6% av studentene svarte på en måte som kunne tolkes som sekvenstenkning på denne oppgaven. Som nevnt i diskusjonsdelen om *figur 29*, krever dette også at studentene tenker på strømretningen som den retningen elektronene beveger seg.

Derimot svarte ingen av intervjudeltakerne i tråd med denne misoppfatningen. Dette kan tyde på at utvalget av intervjudeltakere var skjevt, eller at sekvenstenkning er lite utbredt i denne gruppen. Når det gjelder oppgave 3 på *figur 29*, så kan den som sagt i 6.1 også tyde på at studentene ser på batteriet som en konstant strømkilde. Ingen av de fem intervjudeltakerne behersket heller å definere spenning, på en fullstendig måte. Dette kan tyde på at forståelsen for spenning er svak, men dette er ikke noe som måles direkte i spørreundersøkelsen.

Den siste misoppfatningen som kom til synes i spørreundersøkelsen var forbrukstenkning. 22,1% av studentene svarte i tråd med denne modellen på oppgave 3, og hele 51,7% svarte i tråd med denne modellen på oppgave 5. På oppgave 2 var det to spørsmål som dreide seg om seriekoblingen DEF på *figur 28*. Her svarte nesten en tredjedel, 28,9% og 29,5% i tråd med forbruksmodellen. I intervjuene kom heller ikke denne misoppfatningen så tydelig frem, men to av fem intervjudeltakere mente at lypære D ville lyse sterkere enn lypære F, eller at D ville lyse sterkere enn E. Argumentasjon var ulik, da disse studentene mente at spenningsfallet over D ville gi lavere spenning og dermed svakere lysstyrke fra E og F. Resultatet var altså det samme, men argumentasjonen matchet ikke forbrukstenkningen.

- 2) I hvilken grad har forståelsen til studentene endret seg etter et halvt år med undervisning?

Studentene som ble intervjuet vurderte selv at spørreundersøkelsen hadde blitt enklere. I tillegg var det en generell forbedring på 13,85 prosentpoeng som vist i *tabell 5*. Elektronisk systemdesign og innovasjon hadde en forbedring på 17,47 prosentpoeng og kybernetikk og robotikk hadde en forbedring på 10,21 prosentpoeng. Allikevel var ikke denne forskjellen signifikant. Forbedringen på markøroppgavene var noe mindre totalt, med 11 prosentpoeng.

På markøroppgavene forbedret elektronisk systemdesign-studentene seg med 20,4 prosentpoeng, mye mer enn kybernetikkstudentene som hadde en forbedring på 4 prosentpoeng. Dette tyder til sammen på at forståelsen til studentene har endret seg etter første semester, men det er de samme oppgavene studentene sliter mest med i januar, som det er i august. Ut fra svaret på det første forskningsspørsmålet, virker det også som at en betydelig andel av studentene fremdeles innehar ulike misoppfatninger om elektrisitet, så dermed har ikke undervisningen luket vekk alle misoppfatningene.

Selv om studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon hadde størst forbedring fra august til januar, er ikke dette nok for å konkludere med at ERT-undervisningen har gitt disse studentene bedre forståelse. Det er også andre forskjeller

mellom de to studentgruppene, og det kan tenkes at en del av studentene som ikke gjennomførte spørreundersøkelsen i august, deltok i januar. Men det er mulig at ERT-undervisningen er årsaken til at studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon, hadde størst forbedring på spørreundersøkelsen. Men for å finne ut hvorvidt dette stemmer, er det behov for flere undersøkelser.

3) På hvilken måte kan gale svar på spørreundersøkelsen skyldes uklare spørsmål?

Det var ingenting som tydet på at spørsmålene var utydelige. Samtlige studenter som ble intervjuet mente at spørsmålene var lettfattelige og enkle å forstå. Ingen av studentene nølte eller spurte hva oppgavene egentlig gikk ut på, det var ikke noe som tydet på at det var uklart språk heller. Dette ble heller ikke påpekt av elevene som la igjen en kommentar til spørreundersøkelsen i august 2020, som vist i 5.5.3. Dette gjør det nærliggende å tro at de gale svarene på spørreundersøkelsen skyldes manglende forståelse hos studentene.

Når det gjelder problemstillingen, kjennetegner det studentene at en betydelig andel tenker i tråd med forbruksmodellen og antar at batteriet er en konstant strømkilde. Ved å se på intervjuene under ett, kan disse også tyde på at studentene er usikre på sin egen grunnleggende elektrisitetsforståelse, og føler seg ikke trygge på egne oppfatninger. Kybernetikkstudentene hadde signifikant bedre resultater på spørreundersøkelsen i august 2020, men i januar 2021 var denne forskjellen liten, og heller ikke signifikant. Dette kan tyde på at kybernetikkstudentene har bedre grunnleggende elektrisitetsforståelse ved inngangen til studiet enn studentene fra elektronisk systemdesign og innovasjon. Ut fra resultatene på spørreundersøkelsen, kan man se forbedringspotensiale i studentgruppene.

Denne studien er kun basert på resultatene fra august 2020 og januar 2021, og det er dermed ikke sikkert at konklusjonen er representativ for andre studentkull.

Som en anbefaling håper jeg at noen ønsker å intervju de samme studentene i august og etter et halvt år. Kanskje kan det også være aktuelt å gjennomføre intervjuer med de samme studentene etter første studieår, dersom det er praktisk gjennomførbart.

Det er også anbefalt å sjekke korrelasjonen mellom ulike svar, for å øke påliteligheten til resultatene. En mulighet er også at studentene blir nødt til å begrunne enkelte av svarene i spørreundersøkelsen. Dette vil medføre mer arbeid i analysen av resultatene, men kan også gi nyttig innsikt i studentenes forståelse. Dersom det er praktisk mulig, ville det vært fordelaktig om man kunne sammenligne svarene til en student i august, og svarene til den samme studenten i januar. Dette forutsetter at det lar seg gjøre med tanke på personvern.

Referanseliste

- Aanensen, S., Kristensen, O. (2019, 12. mai). *Standardavvik*. Nasjonal digital læringsarena.
<https://ndla.no/nb/subject:1:b0a79538-d211-4254-852a-5aa2c4b89db7/topic:2:164958/resource:1:192814/3176>
- Aarnes, Halvor. (2011, 3. februar). *Student t-test*. Universitet i Oslo.
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/matematikk/stat.html#student>
- American Association of Physics Teachers. (2021, 20. April). *Publications*.
<https://www.aapt.org/Publications/generalinfo.cfm>
- Andersen, P. B. (2018, 25. juni). *Kirchoffs lover*. Store norske leksikon.
https://snl.no/Kirchhoffs_lover
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). *Fysikkdidaktikk* (1. utg). Cappelen Damm.
- Braut, G. S. (2019, 13. februar). *p-verdier*. Store norske leksikon.
<https://snl.no/p-verdier>
- Brinkmann, S., & Tanggaard, L. (2019). *Kvalitative metoder: empiri og teoriutvikling* (1. utg). Gyldendal
- Britannica (2020, 27. mai). *Student's t-test*. *Encyclopedia Britannica*.
<https://www.britannica.com/science/Students-t-test>
- Bjørnstad, J. (2018, 26. juni). *hypotesetesting*. Store norske leksikon.
https://snl.no/hypotesetesting_-_statistikk
- Christoffersen, L. & Johannessen, A. (2012). *Forskningsmetode for lærerutdanningene*.
Abstrakt.
- Dahlum, S. (2020, 8. juli). *Validitet*. Store norske leksikon. <https://snl.no/validitet>
- Dahlum, S. & Grønmo, S. (2021, 4. mars). Store norske leksikon.
<https://snl.no/hypotesetesting>
- Engelhardt, P. V., & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115.
- Elektrisk spenning. (2018, 31. desember). I *Store norske leksikon*.
https://snl.no/elektrisk_spenning
- Foss, B. H. (2019). *Elevers forståelse av elektrisitet* [Masteroppgave].
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Goris, T. V. (2016). Common Misunderstandings of Electricity: Analysis of Interview Responses of Electrical Engineering Technology Students. *iJEP*, 6(1), 4-10.
- Grønmo, S. (2020, 7. oktober). *bias i forskning*. Store norske leksikon.

- https://snl.no/bias_i_forskning
- Grøn, Ø. (2019, 30. november). *Elektrisk strøm*. Store norske leksikon.
https://snl.no/elektrisk_str%C3%B8m
- Hofstad, K. (2017, 10. november). *Elektrisk energi*. Store norske leksikon.
https://snl.no/elektrisk_energi
- Hofstad, K. (2021, 17. februar). *elektrisk effekt*. Store norske leksikon.
https://snl.no/elektrisk_effekt
- Lefsaker, P. (2020). *Misoppfatninger om elektriske kretser blant elever fra tre videregåendeklasser i Trøndelag*. Upublisert
- Lundheim, L., Bolstad, T., Gajic, B., Zimmermann, P. H., & Tybell, T. (2021). Aktivitetsbasert emneorganisering: Et verktøy for utvikling av tankesett for studentaktiv læring hos undervisere og studenter. *Nordic Journal of STEM Education*, 5(1).
- Morton, S. M., Bandara, D. K., Robinson, E. M., & Carr, P. E. A. (2012). In the 21st Century, what is an acceptable response rate? *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 36(2). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1753-6405.2012.00854.x>
- Naturfagsenteret. (2013). *Elevers hverdagsforestillinger og elektrisitet*. Naturfag.no.
<https://www.naturfag.no/artikkel/vis.html?tid=2013050>
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. (2021). *TFE4101 – Krets- og digitalteknikk*.
<https://www.ntnu.no/studier/emner/TFE4101#tab=omEmnet>
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. (2021). *TTT4203 – Innføring i analog og digital elektronikk*. <https://www.ntnu.no/studier/emner/TTT4203#tab=omEmnet>
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. (2021, 12. juni). *NVivo*.
<https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/nvivo>
- O'Dwyer, A. (2009, September). Prior understanding of basic electrical circuit concepts by first year engineering students. *AISHE-C 2009: Valuing Complexity*.
- Olsen, M. A. (2018). Elektriske kretser, hva er nå det? En enkeltcasestudie som undersøker elevers forståelse for elektriske kretser [Masteroppgave]. NTNU
- Ohms lov. (2019, 25. november). I *Store norske leksikon*.
https://snl.no/Ohms_lov
- Parallellkobling. (2021, 8. mars). I *Store norske leksikon*.
https://snl.no/parallellkobling_-_fysikk

- Persson, J. R. (2015). Evaluating the Force Concept Inventory for different student groups at the Norwegian University of Science and Technology. *arXiv preprint arXiv:1504.06099*.
- Pripp, A. H. (2018). *Validitet*. Tidsskrift for den norske legeforening.
<https://tidsskriftet.no/2018/09/medisin-og-tall/validitet>
- Rengman, H., Johansson, H., & Jeppsson, F. (2010). Den elektriska kretsen—En explorativ studie av svenska elevers uppfattningar angående den elektriska kretsen. *Nordic Studies in Science Education*, 6(2), 173-191.
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research* (4. utg). John Wiley & Sons.
- Seriekobling (2019, 11. mars). I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/seriekobling>
- Svartdal, Frode: *reliabilitet* i *Store norske leksikon* på snl.no. Hentet 27. mai 2021 fra
<https://snl.no/reliabilitet>
- Sandstad, J. (2019, 4. juni). Resistans. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/resistans>
- Suma, K., Sadia, I. W., & Pujani, N. M. (2018). The identification of the 11th grade students' prior knowledge of electricity concepts. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* (Vol. 1040, p. 012038
- Terluin, B., Knol, D. L., Terwee, C. B., & de Vet, H. C. (2009). Understanding Ferguson's δ : time to say good-bye?. *Health and Quality of Life Outcomes*, 7(1), 1-7.
- Thrane, C. (2018). *Kvalitativ metode – en praktisk tilnærming*. Cappelen Damm.

Vedlegg 1: spørreundersøkelsen

Hjelp oss forbedre undervisningen! (V2021, 1. år) kopi

Side 1

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *






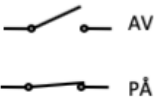
Viktig informasjon

Vi ber deg svare på noen oppgaver knyttet til enkle elektriske kretser. Dataene vil bli brukt til forskning og utvikling av nye læringsaktiviteter.

Det er viktig at du svarer etter egen overbevisning og fullfører testen uavhengig av dine kunnskaper innen temaet. Evt. feil svar vil bidra til å avdekke vanlige misoppfatninger, og dermed hjelpe oss forbedre undervisningen. Bruk svaralternativ "Vet ikke" hvis du ikke har preferanser for noen av de andre svaralternativene.

For å få troverdige forskningsdata, er det viktig at testen utføres **INDIVIDUELT**. Testen er frivillig og anonym.

Symboler og forutsetninger for kretskomponentene

Komponent	Forutsetninger
Batteri 	<ul style="list-style-type: none">• gir konstant spenning• har endelig energi• alle batteriene er like
Lyspære 	<ul style="list-style-type: none">• har konstant motstand• lyser hvis det går strøm gjennom den• lysstyrken øker med strømstyrken• alle lyspærene er like
Kondensator 	<ul style="list-style-type: none">• ideell
Spole 	<ul style="list-style-type: none">• ideell
Ledning 	<ul style="list-style-type: none">• ingen motstand (ingen energitap)
Bryter 	<ul style="list-style-type: none">• ideell

Obligatoriske felt er merket med denne stjernen *

Bakgrunnsopplysninger

Studieprogram *

- Elektronisk systemdesign og innovasjon (5-årig master)
- Kybernetikk og robotikk (5-årig master)
- Elektroingeniør (3-årig Bachelor)
- Annet

Utdanningsprogram på videregående skole *

- Studieforberevende program
- Yrkesfaglig program innen elektrofag
- Annen type videregående opplæring

Praktisk erfaring med elektriske/elektroniske kretser *

- 1 Ingen erfaring
- 2
- 3
- 4
- 5 Mye erfaring

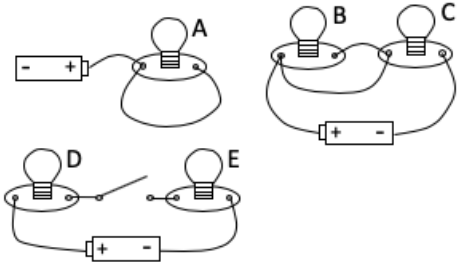
I hvilken grad mener du at du har grunnleggende forståelse av elektriske kretser? *

- 1 I veldig liten grad
- 2
- 3
- 4
- 5 I veldig stor grad

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *

Oppgave 1

Hvilke lyspærer vil lyse?

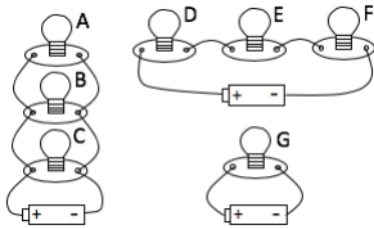


	Lyser	Lyser ikke	Vet ikke
A *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B *	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

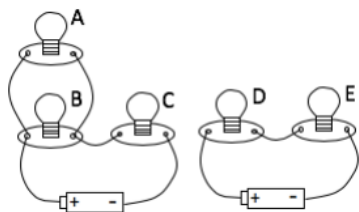


	Begge vil lyse like sterkt	Den første vil lyse sterkere	Den andre vil lyse sterkere	Vet ikke
A eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D eller F *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller G *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D eller G *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller D *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *

Oppgave 3

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

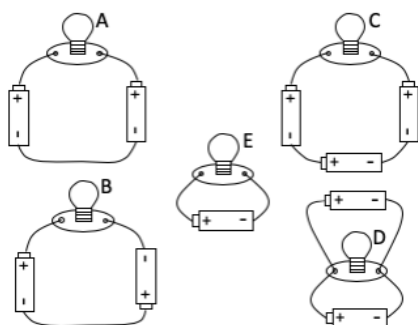


	Begge vil lyse like sterkt	Den første vil lyse sterkere	Den andre vil lyse sterkere	Vet ikke
A eller B *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller D *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *

Oppgave 4

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

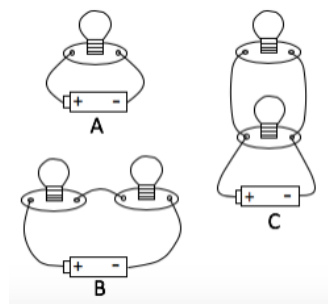


	Begge vil lyse like sterkt	Den første vil lyse sterkere	Den andre (E) vil lyse sterkere	Vet ikke
A eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D eller E *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Obligatoriske felter er merket med denne stjernen *

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?



	Begge vil lades ut like raskt	Det første vil lades ut raskere	Det andre vil lades ut raskere	Vet ikke
A eller B *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B eller C *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vedlegg 2 – godkjenning av NSD

20210727 10:50

Behandlingen av personopplysninger er vurdert av NSD. Vurderingen er:

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 26.01.2021, samt i meldingsdialogen mellom innmelder og NSD. Behandlingen kan starte.

DEL PROSJEKTET MED PROSJEKTANSVARLIG

Det er obligatorisk for studenter å dele meldeskjemaet med prosjektansvarlig (veileder). Det gjøres ved å trykke på "Del prosjekt" i meldeskjemaet.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde:

nsd.no/personverntjenester/fylle-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema

Du må vente på svar fra NSD før endringen gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 15.07.2021.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1 f) og sikkerhet (art. 32).

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg 3 - intervju spørsmål

Innledende spørsmål:

1. Gjennomførte du spørreundersøkelsen 'Hjelp oss å forbedre undervisningen' i august?
2. Dersom du gjennomførte spørreundersøkelsen: hva synes du om vanskelighetsgraden på denne i august?
3. Kan du definere følgende tre begreper: strøm, spenning og resistans?

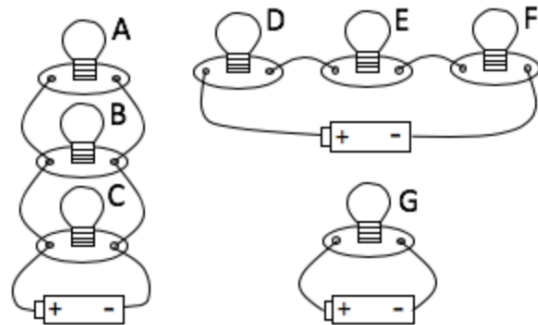
Hovedspørsmål

Oppgave 2:

- Vil lyspære C eller G lyse sterkest? Begrunn svaret.
- Vil lyspære D, E eller F lyse sterkest? Forklar hvordan du tenker.
- Har du gjort noen antagelser da du besvarte oppgaven? Forklar hvilke antagelser du eventuelt har brukt.

Oppgave 2

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?



Oppgave 5

- Vil batteri A eller B lades ut raskest?
Forklar hvordan du tenker.
- Hvilke faktorer er det som bestemmer utladningstiden til et batteri? Utdyp svaret
- I hvilken av de tre kretsene går det størst strøm? Forklar hvordan du har tenkt.

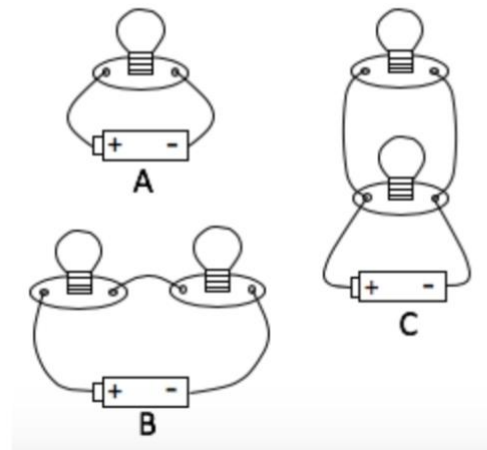
- Vi kobler inn en ekstra lyspære, i serie med de to andre lyspærene, i krets B. Vil utladningstiden til batteri B endres? Utdyp svaret ditt.
- Vi kobler inn en ekstra lyspære, i parallell med de to andre

lyspærene, i krets C. Vil dette endre utladningstiden til batteri C? Hvordan har du tenkt?

- Har du gjort noen antagelser da du besvarte denne oppgaven? Forklar i såfall hvilke antagelser du har gjort.

Oppgave 5

Hvilket batteri vil lades ut raskest?

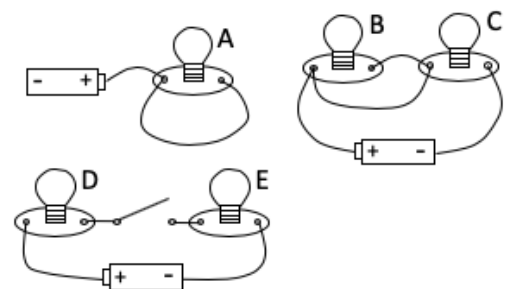


Oppgave 1

- Kan du gå gjennom alle lyspærene fra A til E, og forklare om disse lyspærene lyser eller ikke?
Begrunn svarene dine underveis.

Oppgave 1

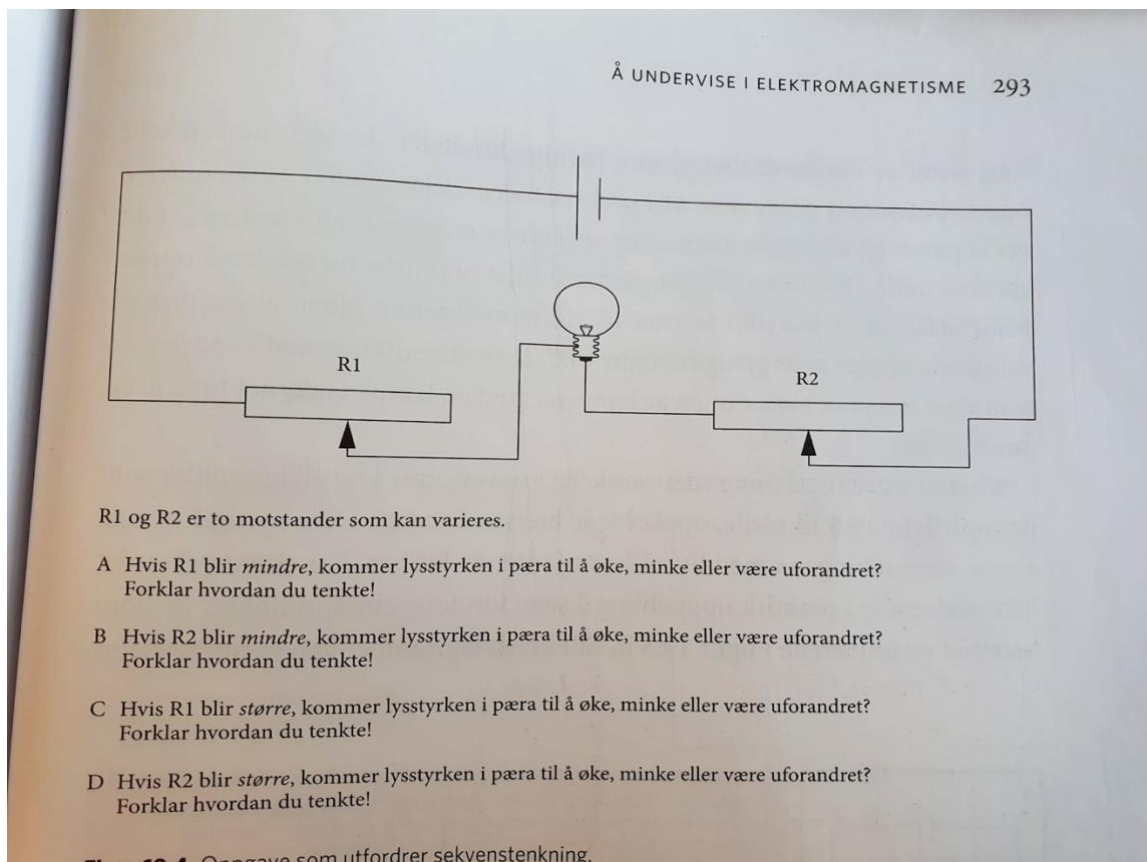
Hvilke lyspærer vil lyse?



Sekvenstenkningsoppgave

R1 og R2 er to regulerbare motstander.

1. Hvis R1 blir mindre, kommer lysstyrken i pæra til å øke, minke eller være uforandret?
2. Hvis R2 blir mindre, kommer lysstyrken i pæra til å øke, minke eller være uforandret?
3. Hvis R1 blir større, kommer lysstyrken i pæra til å øke, minke eller være uforandret?
4. Hvis R2 blir større, kommer lysstyrken i pæra til å øke, minke eller være uforandret?



Ekstraspørsmål om vanskelighetsgrad (kun gitt til siste intervjuedtaker)

- Nå skal vi gå gjennom alle oppgavene i spørreundersøkelsen, du skal fortelle om du synes oppgaven er enkel, middels eller vanskelig. Begrunn svarene
- Er det noen av oppgavene som du har endret oppfatning på nå, sammenlignet med i august? Begrunn svaret
- Var oppgavene i spørreundersøkelsen enkle å forstå? Hva synes du om språket?

