

Forord

Takk til min veileder, Nils Kristian Rossing, som svarte på e-poster ved midnatt så vel som ved morgengry. Din veiledning og entusiasme for masteroppgaven ble satt pris på!

Takk til min far, som ikke kan fordrar teknologi han ikke kan å bruke, men likevel fikk gitt korrektur. Man må prøve alt en gang! Nå kan jeg krysse av for å ha lest korrektur over telefonen.

Takk til sensorene som gir meg ståkarakter på første forsøk. Uten lektorlønningen hadde jeg ikke hatt råd til å betale ned huslånet som jeg opparbeidet meg etter et spontankjøp i transkriberingspausen.

Takk til Erin Lindsay og Jorn de Vlieger, som i siste liten hjalp meg å lese korrektur. Takk til elever og lærere som uten å mukke ble med på prosjektet, og som gjorde innsamlingen av data til en drøm. Og takk til familie og venner som har måtte hørt på bablingen min om master her og master der, og som støttet meg hele veien i mål.

Og til slutt min kjære lesesalgjeng. Stine, Kevin, Kristian, Ragnhild og Sondre. Uten noen å dele sene kvelder, utallige pauser, flyvende prosjektiler og mang en latter, hadde dette året vært noe å putte i glemmeboka. Isteden har jeg et år jeg vil minnes med et smil! Gleder meg til å se dere igjen i årene fremover, om det så er i Lofoten, Trondheim, Stavanger, Oslo eller på Sunnmøre (Kevin).

Abstract

This master thesis is a study of students' understanding of electrical circuits. Pupils often find that the concepts are unclear and seem abstract. This causes the students to use alternative conceptions than the scientific ones. Internationally, several surveys have been conducted to map the students' understanding of electricity, but very few have been done in Norway. Knowledge of student's conceptions is critical for planning classes of electricity. This survey is written with the hope of providing this knowledge, thus serving as a tool in teaching development in the topic of electricity.

Main research question: *What understanding do students have of simple electrical circuits and how does student's understanding develop with age?*

Research questions:

1. What models do students use to solve simple electrical circuits?
2. Does the student use one model to solve a variety of problems, or change the model with the task they receive?
3. In what way do the students change their understanding of electricity circuits as they grow older?
4. How can the students' understanding change?

The data material is based on quantitative and qualitative methods in the form of a multiple-choice test and interviews. A triangulation method is used to gain a broad understanding of the student's perceptions of electricity. The selection consists of students from the ages of 10, 12, 14 and 17 years. The results show that students use the "no current in return path" model, the "clashing currents" model, the "less current in the return path" model and the "scientific" model. The students do not stay faithful to one model, but change as they face new challenges. The students stop using the "no current in return path" model as they grow older. Otherwise, there are only moderate changes. After graduating from high school, more than half of the students still have extensive alternate conceptions.

Sammendrag

Denne masteroppgaven er en studie av elevers forståelse for elektriske kretser. Bakgrunnen for studien er at temaet elektrisitet ofte virker abstrakt og begrepene uklare. Dette fører til at svært mange hverdagsforestillinger oppstår. Internasjonalt har flere undersøkelser blitt gjennomført for å kartlegge elevenes forståelse for elektrisitet, men svært få har blitt gjort i Norge. Kunnskap om hverdagsforestillingene elevene kommer inn i klasserommet med helt avgjørende for hvordan undervisningen bør legges opp. Denne undersøkelsen er skrevet med håp om å kunne gi denne kunnskapen, og dermed fungere som et verktøy i undervisningsutviklingen innenfor temaet elektrisitet.

Problemstillingen: *Hvilken forståelse har elever for enkle elektriske kretser, og hvordan utvikles denne med alderen?*

Forskningsspørsmål:

1. Hvilke modeller bruker elevene for å løse oppgaver om enkle elektriske kretser?
2. Bruker elevene én modell for å løse en rekke problemer, eller bytter de modell ettersom hvilken oppgave de får?
3. På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?
4. Hvordan kan elevenes forståelse endres?

Datamaterialet er basert på kvantitative og kvalitative metoder i form av en fagprøve og intervju. Det brukes altså en metodetriangulering for å få bred forståelse av elevenes forestillinger om elektrisitet. Utvalget består elever fra 5. trinn, 7. trinn, 9. trinn og vg1, dette for å presentere utviklingen av forståelse.

Resultatene viser at elevene bruker modellene «ingen strøm i retur», «kolliderende strømmer», «mindre strøm i retur» og den vitenskapelige korrekte modellen. Elevene holder seg ikke konsekvent til en modell, men bytter ettersom de møter nye utfordringer. Ettersom de blir eldre går de så å si helt bort ifra «ingen strøm i retur» modellen. Ellers er det moderate endringer. Etter endt videregående utdanning har over halvparten av elevene fortsatt omfattende hverdagsforestillinger.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
2. Teori	3
2.1 Forestillinger om elektrisitet	3
2.2 Tidligere forskning	5
2.3 Hva er læring?	6
2.3.1 Konstruktivistisk læringsteori	6
2.3.2 Alternative forestillinger	8
2.3.3 Praktisk arbeid.....	9
2.4 Konseptuell forståelse	10
2.4.1 Endring av konseptuell forståelsen.....	10
3. Metode.....	15
3.1 Forskningsdesign.....	15
3.2 Metodetriangulering.....	15
3.3 Utvalg.....	16
3.4 Spørreskjema	18
3.5 Intervju	20
3.6 Analyse av datamaterialet	22
3.7 Vurdering av oppgavens kvalitet.....	23
3.7.1 Generalisering og overførbarhet	23
3.7.2 Begrepsvaliditet og troverdighet	24

3.7.3 Reliabilitet	25
4. Resultat og drøfting	27
4.1 Fagprøve	27
4.1.1 Oppgave 1	28
4.1.2 Oppgave 3	30
4.1.3 Oppgave 4	32
4.1.4 Oppgave 5	33
4.1.5 Oppgave 6	34
4.1.6 Oppsummering	35
4.1.6.1 På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?	35
4.1.6.2 Elevers endring av forståelsesmodeller med alder	35
4.1.6.3 Elevers kognitive endring med alder	37
4.2 Intervju	38
4.2.1 Elevenes forståelse for brutte kretser	39
4.2.2 Elevenes forståelse for lyspærer satt i en seriekobling	43
4.2.3 Elevenes forståelse for lyspærer satt i en parallellkobling	49
4.2.4 Elevenes forståelse for kortslutninger	52
4.2.5 Oppsummering	55
5. Konklusjon	63
6. Litteraturliste	67
7. Vedlegg	71

Vedlegg 1 – Fagprøve	72
Vedlegg 2 – Intervjuguide.....	75
Vedlegg 3 – Samtykkeerklæring fra foreldre	76
Vedlegg 4 – Resultater fra fagprøven	77

1. Innledning

Elektrisitetsforståelse virker ofte abstrakt for elever i alle aldre. Begrepene virker uklare, og mange typer hverdagsoppfatninger rår over elevenes kunnskap (Driver, Rushworth, Squires & Wood-Robinson, 1994; Joshua & Dupin, 1987; Maloney, O’Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen, 2001; Monk, 1990; Shipstone, 1985; Tallant, 1993). Internasjonalt har flere undersøkelser blitt gjennomført for å kartlegge elevenes forståelse for elektrisitet, men svært få har blitt gjort i Norge. TIMSS undersøkelsene har undersøkt hvilke kunnskaper elevene har innenfor temaet elektrisitet, men de har ikke fokusert på hverdagsforståelser og kartlagt disse slik denne undersøkelsen gjør. Mange mener at kunnskap om de forestillinger elevene møter et fag med er helt avgjørende for hvordan undervisningen bør legges opp, derfor er det kritisk å vite hvilke forestillinger elevene har (Angell et al., 2011). Denne undersøkelsen er skrevet med håp om å kunne fungere som et verktøy i undervisningsutviklingen innenfor temaet elektrisitet.

Problemstillingen er som følger:

Hvilken forståelse har elever for enkle elektriske kretser, og hvordan utvikles denne med alderen?

Forskningsspørsmål:

- Hvilke modeller bruker elevene for å løse oppgaver om enkle elektriske kretser?
- Bruker elevene én modell for å løse en rekke problemer, eller bytter de modell ettersom hvilken oppgave de får?
- På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?

Med «modell» menes forståelsesmodeller. I denne oppgaven vil dette si hvilke hvordan elevene beskriver sin forståelse for elektriske fenomener som strøm, og hvilke egenskaper den har i parallell- og seriekoblinger, samt kortslutninger. Elevenes forståelse av begrepene spenning og motstand blir også til en viss grad undersøkt. Ved enkle elektriske kretser menes det kretser som bruker likestrømskilder og består av kretskomponenter som lyspærer, brytere og ledningsmoduler.

Studien omfatter elever i 5., 7., og 9. trinn, samt, samt en 1. klasse fra videregående med studiespesialiserende som linje, og går ut ifra et konstruktivistisk læringssyn for å beskrive elevenes forståelse. Av de 79 elever som deltok i undersøkelsen, var 37 var gutter, 40 jenter og 2 uten oppgitt kjønn. Spennet i alder gir et bilde av hvordan forståelsen endrer seg ettersom elevene blir eldre.

Denne undersøkelsen er en enkeltcasestudie som bruker på kvalitative og kvantitative metoder. De kvalitative dataene kommer fra intervjuer, denne dataen blir brukt for å belyse de tallmessige resultatene som kommer fra en fagprøve. Intervjuene gir et overblikk over hvilke forståelsesmodeller elevene har. Tallene fra fagprøven gir et bilde av utbredelsen av elevenes forståelsesmodeller.

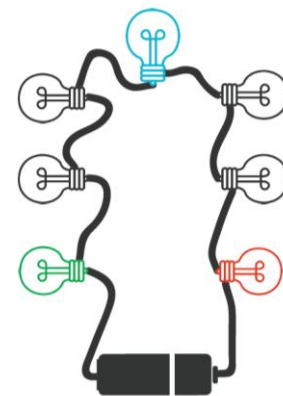
Under intervjuet blir byggesettet snap-circuits brukt (Elenco Electronics, 2018). Dette er et byggesett som er intuitivt i bruk, og settes raskt sammen til den kretsen man måtte ønske. Under intervjuet blir eleven plassert i rollen som forsker, hvor han/hun må bygge hypoteser, teste dem ut og reflektere over resultatene sine. Intervjuet blir derfor en læringssituasjon for elevene. Når man opplever at nye inntrykk ikke samsvarer med eksisterende kunnskap oppstår en kognitiv konflikt. Det vil ofte være slik at elevens forståelse ikke strekker til for å gripe et nytt fenomen, eller at eksisterende forestillinger strider mot nye sanseintrykk. I denne situasjonen vil elevene konstruere en ny ide, hypotese eller forståelse som så testes mot de nye sanseintrykkene. Dette kalles konseptuell endring (Treagust & Duit, 2008). Treagust og Duit beskriver konseptuell endring fra et epistemologisk, ontologisk og affektivt syn. Denne prosjektoppgaven undersøker konseptuell endring sett fra et epistemologisk syn, som er når man undersøker elevens læring kun gjennom elevens kunnskap.

2. Teori

2.1 Forestillinger om elektrisitet

De aller fleste sliter med å se for seg livet uten bruken av elektrisitet. Vi er avhengig av våre elektriske hjelpemidler for å våkne til riktig tid, holde maten vår frisk til vi skal bruke den, transportere oss dit vi vil og holde kontakt med omverdenen. Fordi disse hjelpemidlene tar så stor del i livet våre blir det naturlig nok et samtaleemne. «Jeg er tom for strøm på mobilen!!», «Vi burde kjøpe inn ved for i vinter blir strømmen dyr», «Den nye Teslaen har fått 800 km rekkevidde!». Til tross for hvor viktig elektrisiteten er, har «folk flest» en forståelse av elektrisitet som ikke stemmer med fysikkens forståelsesmodeller. Fysikkens elektrisitetslære består av språk, tankesett og representasjonsformer som for de fleste elever er ukjent. Ofte virker fysikkens lover langt fra virkelighetsnære fordi de beskriver en verden som foregår i skyggene av vår tilværelse. Hva er nå elektroner? Og hvorfor spiller det en rolle hvilke egenskaper de har i” denne kretsen”? Elevenes observasjoner fra hverdagslivets kan være svært ulike, men til tross for dette er det et mønster i deres hverdagsforestillinger.

En av de enkleste måtene å starte og lære om enkle elektriske kretser med en likespenningskilde er å prøve og få en lyspære til å lyse ved hjelp av ett batteri og en ledning. Evans (1978) rapporterer at omtrent halvparten av elever fra ungdomsskole, videregående opplæring og universitetsstudenter klarer å løse denne oppgaven. Dette forsøket viser at selv de enkleste oppgaver ikke kommer intuitivt. Mange har det synet at strøm blir «brukt opp» eller konsumeres etter hvert som den går igjennom en krets (Osborne, 1983). Med et slikt syn vil man tro at en av lyspærene i Figur 1 vil lyse sterkere enn de andre.



Figur 1: Seriekobling av lyspærer

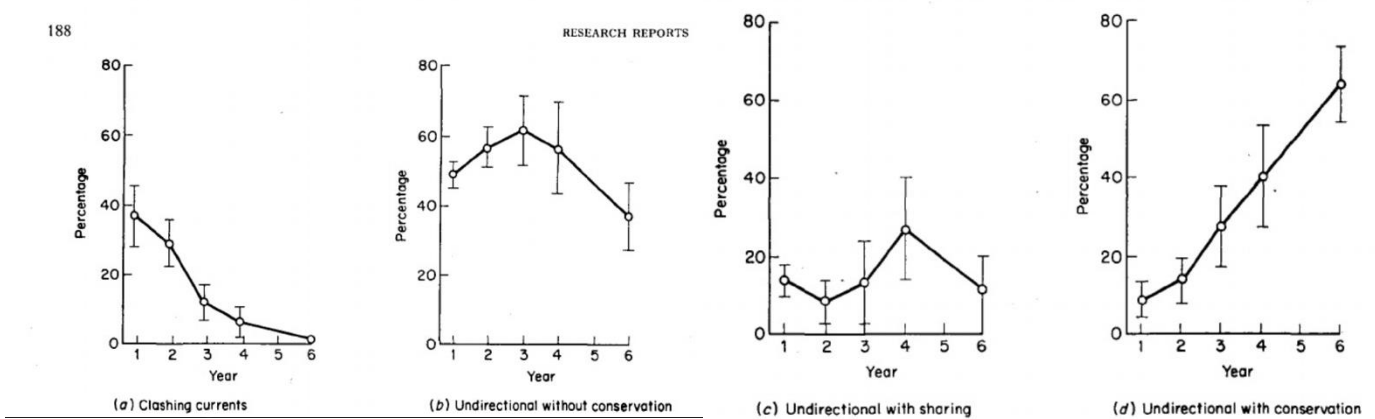
Gjennom Osborne (1983) sine mange forsøk for å kartlegge elevens forståelse og hverdagsforestillinger om elektrisitet har han konstruert fire modeller eller kategorier. Den første kalte han unipolar forståelse eller “ingen strøm i retur” modellen, som er når man tror at strømmen forlater strømkilden fra en av polene, for så å bli brukt opp i kretselementene slik at ingen strøm returnerer til strømkilden. De som tror på denne modellen tror det er tilstrekkelig å få kontakt mellom en av batteriets poler til en av lyspærens poler, og ser på en full krets som unødvendig. Denne modellen er ofte en slags første forsøk på å forstå hvordan strøm blir

«brukt» i en krets. Osbornes andre modell kalles den «kolliderende strømmer»-modellen. Dette er troen på at strøm går ut fra begge poler fra strømkilden og blir brukt opp idet begge strømmene kolliderer i kretselementene. Shipstone (1984) fant at denne modellen blir mindre og mindre brukt ved økende alder, og at mindre enn 10 % bruker denne ved fylte 17 år. Arnold og Millar (1987) fant to versjoner av denne modellen. Den første ser på kollisjonen av strømmene som «energi-kilden», eller grunnen til at en lyspære lyser i Evans sitt forsøk. Den andre beskriver hver elektronstrøm som tilstrekkelig for å få pæren til å lyse. Altså vil den elektronstrømmen som når pæren først få den til å lyse. Shipstone (1984) videreutviklet og fant to versjoner av denne modellen. I versjon én kan strømmen gå begge veier, men blir svakere ettersom den når kretselementene lengere ifra strømkilden. Altså vil den blå lyspæren i Figur 1 lyse svakest. I versjon to kan strømmen gå begge veier, men den vil fordele seg likt over elementene. Altså vil lyspærene i Figur 1 lyse like sterkt. Osborne (1983) finner også at en andel elever tror på det han kaller «mindre strøm i retur» modellen, som er den tredje modellen. Her tror elevene at strømmen går ut fra en av polene til strømkilden. Elementene nærmest batterimodulen «bruker» bare den strømmen den trenger for å fungere, for så å la resten gå til neste kretsmodul, som dermed vil få mindre strøm enn den første modulen. Den strømmen som er igjen etter å ha gått igjennom alle kretsmodulene går tilbake til den andre polen på strømkilden.

Den fjerde og siste modellen til Osborne er den vitenskapelig korrekte modellen.

2.2 Tidligere forskning

188



Figur 2: Oversikt over Shipstone (1984) sine resultater over elevenes forståelse (12-17 år) for elektrisitet. Y-aksen viser prosentandel av elevene, x-aksen viser alder, hvor 1=12 år, 2=13 år, 3=14 år, 4=15 år, 5=ingen data og 6 = 17 år.

Shipstone (1984) gjennomførte en undersøkelse hvor elever mellom 12-17 år skulle beskrive hvilken lysstyrke fem lyspærer i en seriekobling ville ha. Ut fra elevenes svar kategoriserte han elevenes forståelse i fire modeller, som er illustrert i Figur 2. Kategoriene var «clashing currents», som tilsvarer Osborne (1983) sin «kolliderende strømmer» modell. «Unidirectional without conservation» og «unidirectional with sharing», som er to forgrenede versjoner av Osborne sin «mindre strøm i retur». Troen på «unidirectional without conservation» er at hvert kretselement bruker litt strøm hver, slik at den neste får mindre. Troen på «unidirectional with sharing» er at strømmen går i en retning, blir likt fordelt over alle komponentene uansett hvor mye motstand komponentene gir. Batteriet vil etter hvert gi mindre strøm fordi den blir «slitt ut». Og til slutt «unidirectional with conservation», som er den vitenskapelige korrekte modellen.

Tabell 1: resultat fra Joshua og Dupin (1987) viser 12 og 14 år gamle elevers forståelse for elektriske kretser, kategorisert i fire modeller

	12 år	14 år
Single-wire conception	11,2%	5,1%
Clashing currents	69,0%	71,7%
Current wearing out conception	5,6%	17,9%
Vitenskapelig korrekt forståelse	5,6%	2,5%

Joshua og Dupin (1987) har tidligere målt forståelsen til 920 franske elever i alderen 12 (7. trinn) og 14 år (9. trinn). De fant fire modeller for forståelse som tilsvarer de samme modellene Osborne (1983) observerte. Det Joshua og Dupin kaller «single-wire conception», tilsvarer det Osborne kaller «ingen strøm i retur» modellen. Begge har en forståelsesmodell kaldt «kolliderende strømmer» eller «clashing currents». Det Joshua og Dupin

kaller «current wearing out conception», kaller Osborne «mindre strøm i retur» modellen.

2.3 Hva er læring?

2.3.1 Konstruktivistisk læringsteori

Hver enkelt av oss søker å mestre den verden vi lever i, ved å skape forestillinger om hvordan og hvorfor ting skjer rundt oss. Inntrykkene vi får av verden brukes aktivt til å skape eller konstruere en helt personlig virkelighet. På denne måten er ikke verden lenger et kaotisk sammensurium, men fenomener satt i et system som gir mening (for individet). Dette er konstruktivismens læringsteori, hvor grunntanken er at læring ikke er en passiv tilegnelse av kunnskap, men en aktiv konstruksjon av egen kunnskap (Sjøberg, 2014). Piaget (1973) forklarer denne systematiseringen som intelligensens natur, et biologisk fenomen hvor vi organiserer vår viten i skjemaer (dvs. å kombinere, ordne, rekombinere og reorganisere tanker og atferd i strukturer eller kategorier). Nye inntrykk lagres som mentale representasjoner (en personlig tolkning av virkeligheten) som knyttes sammen i kunnskapsstrukturer. Kunnskapsstrukturene/skjemaene er byggeklosser for tenking, og gir oss mulighet til å forestille oss situasjoner og objekter som ikke er tilgjengelige i øyeblikket. Disse endres gjennom samhandling med omgivelsene, altså er det en adaptasjonsprosess. Denne prosessen kan skje på to ulike måter, assimilasjon og akkomodasjon.

Assimilasjon er når nye inntrykk tas opp i den eksisterende strukturen. Assimilasjon vil derfor si å forstå ett nytt inntrykk med allerede eksisterende kunnskap. Man plasserer det nye inntrykket i allerede eksisterende kunnskapsstrukturer. Akkomodasjon er når den gamle

forståelsen må forkastes for å erstattes med en ny. Om nye erfaringer ikke stemmer med de eksisterende skjemaene kan erfaringen enten avvises, eller så må skjemaene endres slik at den nye kunnskapen passer inn (Skaalvik & Skaalvik, 2013). Vår kunnskap er altså basert på vår helt personlige fortolkning av virkeligheten. I prosessen med å tilpasse seg etter omgivelsene skjer det en kontinuerlig fortolkning av nye erfaringer med utgangspunkt i de etablerte skjemaene.

Piagets utviklingspsykologi

Basert på observasjoner av barns eksperimenter satte Piaget opp fire faktorer som har innflytelse på menneskets kognitive utvikling. Evnen til å få verden til å fremstå som meningsfull kaller han *biologisk modning*, og blir sett på som en av de viktigste faktorene. Denne biologiske eller fysiske modningen resulterer i en økende evne til å handle i forhold til det sosiale og fysiske miljøet og ta til seg informasjon fra nye erfaringer. Den andre faktoren er derfor *aktivitet*. Meningsbærende kunnskapsstrukturer vil i økende grad bli dannet ved utforskning, observasjoner og organisering av informasjon. Den tredje faktoren er knyttet til samhandling med andre mennesker, hvor individet kan observere og lære av andre. Hvor mye man kan lære gjennom den sosiale situasjonen er avhengig av modning. Denne faktoren kaller Piaget *sosial erfaring*. *Likevektsprinsippet* er den fjerde faktoren, og er en prosess hvor man søker mot likevekt mellom etablerte skjemaer og nye erfaringer. Når man opplever at nye erfaringer ikke stemmer med etablerte skjemaer opplever man en ubalanse, som fører til en søken etter likevekt, og er det som kalles akkomodasjon (Piaget, 1970).

Piagets stadieteori

Piaget beskriver fire stadier i barns kognitive utvikling, hvor hvert stadium representerer et kognitivt sprang. Jeg vil gå inn på stadienes forskjeller i kognitive evner, men fokuserer ikke på dens betydning for pedagogisk tenking. Det første stadiet kalles det *sensomotoriske stadiet*, som varer frem til ca. to år og har derfor liten betydning for denne undersøkelsen. I løpet av det *preoperasjonelle stadiet* (fra ca. to til syv år) ser barnet ting og situasjoner fra sitt perspektiv og i mindre grad fra andres, altså tenker de hovedsakelig egosentrisk. En egenskap barn på dette stadiet ikke har er *reversibel tenkning*. Et kjent eksperiment som illustrerer dette godt går ut på å tømme vann fra et bredt glass til et smalt glass. Når barn i det preoperasjonelle stadiet blir spurt om hvilket glass som inneholder mest vann svarer de det smale, fordi vannstanden er høyere. Selv når barna ser at vannet blir tømt over fra det brede til det smale glasset svarer de det samme, dette fordi de ikke er i stand til å tenke tilbake til hvor vannet kom fra og reflektere

over dette. Det er også i dette stadiet at de lærer å gi symbolske egenskaper til et objekt, for eksempel ved å late som at en trekloss er en bil under lek i sandkassen. Ved det *konkret-operasjonelle stadiet* (seks-syv år til ca. 11 år) forstår barnet at elementer som kan omformes fortsatt kan inneha mange av de samme egenskapene, og at disse forandringene kan reverseres. Evnen til mer komplisert tenking utvikles, ved at de forstår at objekter kan klassifiseres med flere egenskaper, for eksempel at en ball både er myk og rund. Dette stadiet kjennetegnes også ved at barnet er i stand til å kunne se en situasjon fra andres perspektiv. I det *formal-operasjonelle stadiet* begynner barnet å bli i stand til å tenke hypotetisk-deduktivt, med abstrakte modeller, og blir derfor mindre avhengig av konkrete eksempler og erfaringer (Sjøberg, 2014).

Flere stadieorienterte pedagogiske prosjekt har blitt prøvd uten å fungere godt i praksis. Samtidig har stadieteoriene fått teoretisk kritikk, da spesielt rettet mot selve stadiebegrepet. Piaget hevder at de kognitive stadiene er uavhengig av både innhold og sosial kontekst. Det er verdt å merke seg at Piaget i sine siste år modifiserte teoriene sine på dette punktet. Flere undersøkelser viste at barns kognitive nivå varierte sterkt med innhold og den sosiale sammenhengen (Donaldson, 1978, Sjøberg, 1998). Når slike forhold ble endret kunne problemer som logisk strukturert var identiske vise seg i en situasjon å være umulig for barnet å forstå, mens i en annen situasjon ble oppfattet å være såre enkel.

2.3.2 Alternative forestillinger

Alternative forestillinger kan være ett uttrykk for at eleven har utviklet en annen kognitiv struktur innen et emne enn det vitenskapelige miljøet har blitt enig om. Det kan være et kunnskapselement som mangler i elevens tankestruktur og som trengs for at han skal komme frem til en dypere erkjennelse. Det kan også være at kunnskapen er av lav kvalitet, eller at det mangler koblinger mellom eksisterende skjemaer. Naturfagdidaktikken har tatt til seg konstruktivismens tankegang og gått fra lærerbasert undervisning til elevbasert læring. Med denne tankegangen må man ta hensyn til at elevene kan ha utviklet tanker, holdninger og forestillinger som elevene har konstruert før undervisningen.

Hverdagsforestillinger, hverdagsforståelse, misforståelser, alternative forestillinger, intuitive ideer. Mange begreper blir brukt for å beskrive elevens forståelse av verden. Disse begrepene blir oppfattet svært forskjellig, hvor spesielt begrepet «misforståelse» ofte blir oppfattet som en negativt ladet betegnelse (Driver et al., 1994). Hverdagsforestillinger er en samlebetegnelse på

oppfatninger og holdninger som elevene henter fra dagliglivet: «Når barn (og voksne) konstruerer sine oppfatninger av verden, så er det ofte at disse blir temmelig annerledes enn de vitenskapelige. Ikke desto mindre fungerer de temmelig bra i dagliglivet» (Sjøberg, 2014, s. 43). Hverdagsforestillinger er altså oppfatninger som er «annerledes» enn vitenskapens kunnskaper, men som til tross for dette kan anvendes i det daglige. Hverdagsforestillinger utvikles før eleven får undervisning, og skiller seg fra misoppfatninger som kan defineres som «oppfatninger og ideer som ikke er i samsvar med rådende begreper i faget og som elevene gir uttrykk for etter å ha fått formell undervisning i emnet» (Ringnes, 2000, s. 60). Elever vil i møte med oppgaver kunne spontant assosiere problemstillingen med noe de har sett før, men som fører til feil konklusjon i noen tilfeller og riktig i andre. Angell et al. (2011) kaller dette for intuitive ideer, som altså er ideer som mangler den systematikken som kjennetegner vitenskapelige begreper og teorier. De er ikke konsistente, men har ofte noen riktige elementer i seg.

Kjerneideen av disse forskjellige begrepene er ifølge Hammer (1996) at elvenes tanker, holdninger og forestillinger:

1. er dypt forankret i elevens forestillingsverden. Lojaliteten til deres forkunnskaper er ofte sterkere enn til det læreren prøver å formidle, spesielt i situasjoner hvor kunnskapen skal tas i bruk.
2. skiller seg fra den vitenskapelige forklaringen.
3. påvirker elevens fundamentale forståelse av naturlige fenomener og vitenskapelige forklaringer.
4. må overvinnes, unngås eller elimineres for at eleven skal konstruere ny kunnskap som samsvarer med den vitenskapelige kunnskapen.

2.3.3 Praktisk arbeid

Abrahams og Millar (2008) skiller mellom *first-hand knowledge* fra praktiske aktiviteter og *second-hand knowledge*, som er den etablerte kunnskapen slik den framstilles i lærebøkene. Disse kunnskapsformene kan altså forsterke hverandre; dette kan utnyttes i undervisningen ved bevisst å veksle mellom læringsformer. Tanken er at elevene skal klare å binde sammen *first-hand knowledge* fra den virkelige verden med *second-hand knowledge* som består av tanker og ideer. For å øke sjansen for en overgang mellom praktisk og teoretisk kunnskap må læreren tenke over hvordan undervisningen kan tilrettelegges for nettopp dette.

2.4 Konseptuell forståelse

Svært få kommer seg igjennom livet med forståelse for alle fenomener og problemer som man støter på. Man fordyper seg gjerne i det man interesserer seg for. I andre tilfeller vil man være tilfreds med å memorere en prosedyre. Den dyptgående forståelsen kaller Skemp (1978) for relasjonell forståelse, som karakteriseres av at man vet hva man skal gjøre for å løse et problem og hvorfor man gjør det. Med en slik forståelse kan man i stor grad løse problemer man ikke har sett før ved hjelp av å resonere seg frem til løsningen. Skemp viser også til en annen type forståelse, nemlig den instrumentelle forståelsen. I matematikkundervisningen ser man ofte eksempler på dette: En lærer minner elevene sine på at arealet av et rektangel er gitt ved $A=L*B$. En elev kommer for sent til timen fikk kun med seg dette, og ikke forklaringen på hvorfor denne formelen gir arealet. Eleven regner alle oppgavene korrekt ved å bruke formelen, og i hans øyne har han en forståelse for arealregning, selv om han kun har lært seg prosedyren med å bruke formelen. Matematikken er full av slike eksempel: man «låner» når man subtraherer, «snur opp ned og multipliserer» når man dividerer én brøk med en annen, «flytter den over likhetstegnet og endrer fortegn» i likningsregning. Dette er regler som forenkler forståelsen til memorering av prosedyrer, altså instrumentell forståelse (instrumental understanding), istedenfor en reel forståelse av utregningen, den relasjonelle forståelsen (relational understanding). Hatano og Inagaki (1984) og Piaget (2013) kaller instrumentell forståelse for prosedyrekunnskap. Verdien i denne type kunnskap er at den er lett å lære gjennom observasjon, verbal instruksjon, korrektive tilbakemeldinger annet tilsyn. Med denne kunnskapen kan man løse problemer som man ofte møter, så lenge man kan følge den samme prosedyren. Det Skemp kaller relasjonell forståelse kaller Hatano, Inagaki og Piaget for konseptuell forståelse. Hatano og Inagaki (1984) mener at en konseptuell forståelse krever at man kan forklare hvordan noe fungerer, verbalisere prinsippet som er involvert og tilpasse sine evner ettersom problemets vilkår endres.

2.4.1 Endring av konseptuell forståelsen

Om man opplever at nye inntrykk ikke samsvarer med eksisterende kognitive skjema oppstår en kognitiv konflikt. Det vil ofte være slik at elevers forståelse ikke strekker til for å gripe et nytt fenomen, eller at eksisterende forestillinger strider mot det nye. I denne situasjonen vil elevene konstruere en ny ide, hypotese eller forståelse som så testes mot de nye sanseinntrykkene, det Piaget også kaller akkomodasjon. Så hva er det som skal til for at en konseptuell endring skal skje?

Standardmodellen for konseptuell endring beskriver læring som interaksjonen mellom individets erfaringer og hans eller hennes nåværende forståelse. Denne forståelsen skaper et rammeverk for forståelse og tolking av informasjon som er samlet gjennom erfaringer. Den forståelsen eleven allerede har kan resultere i avvik mellom erfaringer og den opparbeidete forståelsen. Samtidig vil denne forståelsen være individets rammer for å vurdere gyldigheten og tilstrekkeligheten for dette avviket. Altså oppstår et paradoks; på den ene siden kan den nåværende oppfatningen potensielt gi motstand for konseptuell endring, samtidig som det gir et rammeverk som den lærende kan bruke til å tyde og forstå ny, og potensielt motstridende informasjon. Prosessen med å lære med en konseptuell endrings-modell er avhengig av hvor integrert elevens kunnskap er. Om hun eller han vet lite om emnet vil sannsynligvis ny informasjon kombineres lettere med de allerede eksisterende ideene (prosessen kalt assimilasjon). Om individet allerede har standhaftige ideer om emnet vil disse virke som barrierer, og derfor vanskeligere endres (se kapitlet om alternative forestillinger) (Pintrich, Marx & Boyle, 1993). Som Ausubel, Novak og Hanesian sier: "*preconceptions are amazingly tenacious and resistant to extinction. The unlearning of preconceptions might prove to be the most determinative single factor in the acquisition and retention of subject-matter knowledge*" (Ausubel, Novak & Hanesian, 1968s. 372, referert i Driver, 1983). Samtidig sier Angell et al. (2011) at kunnskap lært uten å assimilere eller akkomodere, altså uten forkunnskaper, er mindre meningsfulle og blir mindre brukt. Altså kan tidligere lært kunnskap virke til fordel for ny kunnskap. Derfor fokuserer mye av forskningen på kognitiv endring på nettopp akkomodasjon.

For å forklare hvordan allerede etablert forståelse kan påvirke individets syn på ny informasjon bruker Posner, Strike, Hewson og Gertzog (1982) et begrep de kaller *konseptuell økologi*. De mener at den konseptuelle økologien består av all kunnskap som noen gang er etablert i sinnet. Etterfølgende av ny lærdom kan bli svært komplisert, fordi den nye informasjonen man tar til seg kan påvirke synet på kunnskap som man allerede har. Konseptuell endring vil derfor kunne lede til anomalier i individets konseptuelle økologi. Dette systematiske synet på læring viser at flere viktige faktorer kan påvirke om en konseptuell endring av forståelsen skjer eller ikke. Pintrich et al. (1993) påstår også at elever har en mening om naturen til kunnskap. Dette kaller han den epistemologiske troen, som er med på å bestemme hva individet ser på sant eller ikke sant, eller hva som går som valide forklaringer på et problem i hans eller hennes forsøk på å innlemme ny kunnskap til den konseptuelle økologien. En annen påvirkende faktor er

konkurrerende forklaringer av et fenomen, en idé eller problemstilling, som er spesielt viktig for akkomodasjon. I slike tilfeller vil ideen som vinner mest sannsynlig være den som gir minst anomalier og bekrefter individets fenomenologiske tro.

Posner et al. (1982) foreslår fire betingelser for at en endring av konseptuell forståelse skal skje:

1. Eksisterende begreper må oppfattes som utilstrekkelige. Altså vil de som har større tro på egne kunnskaper i mindre grad vurdere en radikal forandring i sin forståelse.
2. Det nye begrepet må være forståelig.
3. Det nye begrepet må være plausibelt. Selv om den lærende forstår den nye informasjonen betyr det ikke at han eller hun ser nytteverdien av den. Denne informasjonen kan dessuten være inkonsistent med kunnskap individet allerede har.
4. Det nye begrepet må vise seg fruktbart. Altså må det kunne åpne for å forstå nye problemstillinger og slik gi ny kunnskap.

Posner et al. (1982) sine fire betingelser beskriver de lærende som om de var forskere. Når deres forståelse for et fenomen eller begrep ikke lenger er tilfredsstillende, vil en søken etter en ny, forståelig, plausibel og fruktbar forklaring begynne. Dette kan utnyttes i en undervisningssituasjon ved å konstruere situasjoner hvor disse betingelsene finner. Allen (2014) foreslår å rekonstruere situasjoner hvor elevene kan oppleve at sin forståelse/hverdagsforståelse ikke er tilstrekkelig for å forklare et fenomen. De opplever en kognitiv konflikt og begynner en prosess med å endre sin forståelse. Allen ser på koblingen mellom elevenes forkunnskap og prosessen med å konstruere ny som en av de viktigste suksessfaktorene. Dette kan gjøres ved å gå igjennom de mest vanlige hverdagsforståelsene som finnes innenfor det aktuelle temaet. Dette er viktig på grunn av den konstruktivistiske tankegangen: det å assimilere gjør at man memorerer bedre ved å integrere kunnskap man allerede har med ny informasjon. Allen (2014) foreslår å la elevene få et visst handlingsrom til å planlegge og utføre praktiske aktiviteter selv. Han mener at man ikke må undervurdere opplevelsen med å teste om en hypotese holder mål. Dette skaper en situasjon hvor elevene konstruerer sin egen kunnskap, istedenfor at en lærer beskriver fenomener som må memoreres. Det er skjebnesvangert at resultatene er reliable i den form at de vitenskapelige fenomenene reflekterer de resultatene elevene samler inn. Om de ikke gjør det kan de forsterke hverdagsforestillingene elevene allerede har.

Antakelsen om at eleven går inn i klasserommet med ett mål for øye: å forstå den informasjonen som blir tilbudt for så å organisere dette på en fornuftig måte i deres konseptuelle økologi, er naivt. Elevene kan ha mange sosiale mål som også blir prioritert, som å pleie vennskap, øke sin sosiale status, imponere enn gutt eller jente de liker osv. Om disse faktorene tas bort fra regnestykket av faktorer som påvirker elevens læring, står man igjen med det Treagust og Duit (2008) kaller epistemologiske, ontologiske og affektive faktorer. Konseptuell endring sett fra et epistemologisk syn er når forskeren undersøker elevens læring kun gjennom elevens kunnskap. Fra et ontologisk syn ser man hva elevene betrakter som vitenskapelige begrep. Det affektive synet innebærer elevenes interesser og motivasjon. De affektive faktorene blir ofte oversett, men er viktige fordi de spiller en signifikant rolle i å støtte konseptuell endring (Lin, Yen, Liang, Chiu & Guo, 2016).

Treagust og Duit er heller ikke alene i å fremme disse faktorene. En stor del av det samfunnsvitenskapelige forskningssamfunnet er enige om, er at læring ofte ikke skjer gjennom en kald og isolerende prosess, men i situasjoner hvor affektive faktorer i stor grad påvirker læringsprosessen (Pintrich et al., 1993). Det er også en betydelig andel empiriske og teoretiske undersøkelser som viser at individuell læring i klasserommet ikke er isolert, men i stor grad blir påvirket av medelever og lærer (Angell et al., 2011; Danielsen, 2012; Pintrich et al., 1993; Skaalvik & Skaalvik, 2013). Klasseromskonteksten og hvilken type interaksjonen det er mellom lærer og elev vil dramatisk påvirke prosessen med å endre konseptuell forståelse.

3. Metode

3.1 Forskningsdesign

I min undersøkelse av elevers forståelse av elektrisitet og hvordan denne forståelsen utvikler seg er det mange variabler som det er mulig å undersøke. Av den grunn har jeg valgt å bruke casestudie som forskerdesign, da dette blir sett på som et fleksibelt forskerdesign. En casestudie kjennetegnes ved at forskeren innhenter informasjon fra noen få enheter over en bestemt tidsperiode gjennom omfattende og detaljert datainnsamling. Flere ulike datakilder kan brukes, men felles for dem er at kildene er sted- og tidsavhengige. Denne studien klassifiseres som en enkeltcasestudie med et fokus på fire analyseenheter, her representert av 5., 7. og 9. trinn, samt en 1. klasse fra videregående med studiespesialiserende som linje (som heretter blir omtalt som vg1). En enkeltcasedesign samler informasjon fra en eller flere enheter avgrenset ved et system, som i dette tilfellet er ett skolesystem i en by i Midt-Norge. Man er ikke låst til en fast fremgangsmåte ved casedesign, og man skal helst ikke bruke bare én, men flere innsamlingsmetoder for å få den nødvendige forståelsen av et fenomen (Christoffersen & Johannessen, 2012).

Av den grunn har jeg valgt å bruke en metodetriangulering med bruk av både kvalitative og kvantitative teknikker. Det ble utarbeidet et spørreskjema i form av en fagprøve for å måle elevenes forståelse av enkle elektriske kretser. Fagprøven ga kvantitative data. To elever ble så valgt ut fra hvert trinn for å bli intervjuet. Målsettingen var å la dem utdype svarene de hadde gitt på spørsmålene i spørreskjemaene.

3.2 Metodetriangulering

Innenfor samfunnsforskningen framstår kvalitativ og kvantitativ forskning som to vesentlige tenkemåter når det gjelder hvordan man kan generere informasjon om samfunnet. Forskerne fra de to tenkemåtene har tidvis kjempet hardt for å bevise at den ene metoden er bedre enn den andre, og temperamentsfulle diskusjoner har nok fostret utspill som man kan kalle lite respektfulle. Denne konflikten blir ofte referert til som positivismestriden. De fleste samfunnsforskere i den moderne tid erkjenner at begge hovedtilnærminger er nødvendige for en bredt sammensatt forskning, og at forskjellige forskningsspørsmål eller problemstillinger peker i retning av ulike metodiske tilnærminger. I svært mange tilfeller vil en kombinasjon av kvalitative og kvantitative tilnærminger være gunstig (Tjora, 2012). Triangulering av metoder

kombinerer det som er hensiktsmessig i forhold til å svare på problemstillingen som er gitt. Kvalitative og kvantitative metoder kan kombineres på tre forskjellige måter (Johannessen, Tufte & Christoffersen, 2015):

1. Man kan benytte kvalitative og kvantitative teknikker parallelt. De kvalitative dataene belyser de tallmessige resultatene, mens tallene kan si noe om utbredelsen av funnene i de kvalitative delene av undersøkelsen.
2. Man kan bruke kvalitative data for å utforme en kvantitativ undersøkelse.
3. Man kan følge opp spørsmål som oppstår ved kvantitativ datainnsamling mer inngående ved å benytte seg av kvalitative metoder.

Jeg har brukt både den førstnevnte og den sistnevnte trianguleringsmetoden bevisst for å se både i dybden og i bredden av forskningsdataene. Den kvantitative datainnsamlingen gir en oversikt over hvilke begreper og konsepter elevene på overflaten mestrer overflattisk. Det kvalitative intervjuet gir en dypere forståelse av svarene til et lite utvalg av elever, samtidig som det kan antyde hvorfor det større utvalget har svart det de har gjort.

3.3 Utvalg

I kvantitative undersøkelser er formålet at utvalget skal være representativt for populasjonen man interesserer seg for. Ideelt sett skal dette utvalget ha en lik sammensetning av egenskaper som hele populasjonen. Her er det en mengde relevante variabler som spiller inn, og som må være likt fordelt for at utvalget skal kunne representere populasjonen mest mulig korrekt. Det finnes noen utvelgelsesmåter som blir sett på som gode metoder for å få et representativt utvalg, og samtidig gjør det mulig å regne ut sannsynligheten for at resultatet fra utvalget er i nærheten av resultatet for hele populasjonen. Slike utvalgsmetoder kalles sannsynlighetsutvalg. Om man kan påvise at utvalget er i nærheten av populasjonen kan man gjøre statistiske generaliseringer, som vil si at man kan konkludere med at resultatet også gjelder for hele populasjonen. Det finnes flere varianter av sannsynlighetsutvelgelse. For intervjuet ble det brukt en stratifisert utvelgelse for å sikre at en bestemt gruppe i utvalget blir representert. (Johannessen et al., 2015)

Av de 79 elever som deltok i undersøkelsen, var 37 gutter, 40 jenter og 2 uten oppgitt kjønn. Alle elevene gjennomførte fagprøven. I etterkant av fagprøven ble intervju gjennomført for å utdype svarene som ble gitt på den fagprøven. Utvelgelsen av respondenter ble gjort stratifisert

for å sikre en størst mulig spredning i elevenes kunnskaper, og med håp om stor spredning i utsagn. En stratifisert utvelgelse brukes når det er ønskelig å representere spesielle grupper i utvalget (Johannessen et al., 2015).

To elever fra hvert trinn ble valgt ut med vekt på størst mulig spredning i ytelse på fagprøven. Man kan argumentere for at disse ytterkantene av klassenes kompetansenivå ikke reflekterer gruppens forståelse av elektriske kretser, og at gjennomsnittselevne representerer klassen bedre. Hensikten med intervjuene var derimot å dokumentere flest mulige forskjellige forklaringer for elevenes valg under fagprøven, derfor vil jeg påstå at mitt valg av respondenter er. Kontaktlærerne for hver klasse fikk en liste med første og andrevalg av elever for å spørre om de var villig til å bli med på intervjuet. Det var en overraskende stor andel av elever med høy måloppnåelse som takket nei til å bli intervjuet. Det kan være flere grunner til dette. Man kan tenke seg at de med høy måloppnåelse føler et større behov for å forberede seg før en slik test fordi de er vant med å prestere godt, eller kanskje de ikke vil bruke tid på noe de tilsynelatende ikke får noe ut av.

Dette førte til at de med svake resultater på fagprøven ble overrepresentert i forhold til populasjonen, det Johannessen et al. (2015) kaller en disproporsjonal stratifisering. En disproporsjonal stratifisering vil si at en eller flere av gruppene er over eller underrepresentert. Dette var ikke ønskelig og er med på å svekke validiteten i denne studien. Om jeg hadde valgt å bruke elever som representerte gjennomsnittet i klassen ville ikke konsekvensene vært så store dersom en valgte å trekke seg, fordi de gjenværende respondentene med større sannsynlighet ville ha hatt lignende synspunkter. Kun dataene fra den ene eleven fra 7. trinn er representert i denne oppgaven. Dette fordi den andre elevens uttalelser ble vurdert som lite fruktbar for drøfting, da eleven for det meste kom med korte kommentarer som «ja» og «nei». Det ble vanskelig å tolke elevens mening ut fra de korte frasene.

Vg1 og 9. trinn hadde sist hatt undervisning om elektrisitet ett og to år tidligere, altså når de gikk i 10. og 7. trinn. 5. og 7. trinn hadde enda ikke hatt noen undervisning. Dette kan gi et mer realistisk bilde av respondentenes konseptuelle forståelse, da elevene sannsynligvis ikke baserer svarene sine på memorert kunnskap, men heller på relasjonell/konseptuell forståelse (Skemp, 1978). Med ønske om å få noe avstand mellom elevenes undervisning om elektrisitet og målingen av deres kunnskap, samt et ønske om å kunne sammenligne mitt utvalg med Nilsen,

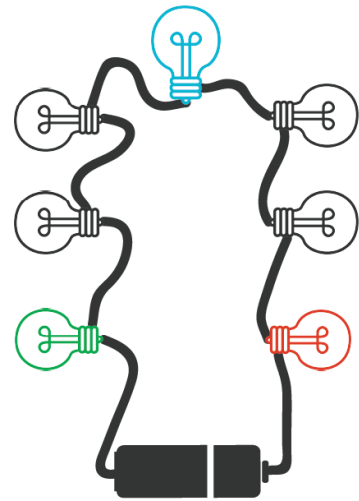
Bergem og Kaarstein (2016), Shipstone (1984) og Joshua og Dupin (1987) undersøkelser, ble valget av 7. trinn, 9. trinn og vg1 naturlig, da lignende utvalg ble brukt i disse undersøkelsene.

3.4 Spørreskjema

For å kunne svare på problemstillingen har jeg valgt å bruke spørreskjema som metode, både for å måle motivasjon og forståelse. Spørreskjemaet gir muligheter for et stort utvalg og står for den kvantitative delen av denne undersøkelsen. Utformingen av et spørreskjema tilpasses informasjonen man ønsker å samle. Johannessen et al. (2015) deler spørsmålene man kan stille inn i tre kategorier: Holdninger, handlinger og kunnskaper. De utvalgte gruppene har gjennomført en spørreundersøkelse i form av en fagprøve (vedlegg 1). Fagprøven måler elevenes kunnskaper om enkle elektriske kretser.

Elevene fikk utdelt et identifikasjonsnummer for å bevare anonymiteten. Kun kontaktlærerne for hver enkelt klasse hadde oversikt over hvilke nummer som tilhørte hvilken elev. Elevene gjennomførte undersøkelsen manuelt på papir. Elevnummeret ble endret når resultatene ble loggført, dette på grunnlag av bedre organisering og økt sikkerhet. Kjønn og årstrinn ble registrert. Undersøkelsen ble etter konsultasjon med «Norsk senter for forskningsdata» (NSD), vurdert som utenfor meldeplikten. Dette fordi informasjonen som er samlet inn ble vurdert som ikke sensitiv og for mangelfull til å kunne identifisere deltakerne. Selv om undersøkelsen skulle være anonym var jeg tilstede under gjennomføringen for å forsikre meg om at elevene fikk all informasjon som krevdes for å besvare spørsmålene på en tilfredsstillende måte. Dette ga meg også muligheten til å kontrollere miljøfaktorene rundt, som å bevare stillheten til alle hadde svart, og at oppgavene ble gjennomført individuelt. Spørsmålene i begge spørreskjemaene ble opplest for elevene på 5. trinn for å være sikker på at de fikk med seg innholdet.

Målet med fagprøven var finne ut hva elevene kunne om enkle elektriske kretser. Den besto av lukkede oppgaver. Med utgangspunkt i flere internasjonale undersøkelser som omhandlet elevers forståelse for elektrisitet (Driver et al., 1994; Joshua & Dupin, 1987; Maloney et al., 2001; Monk, 1990; Osborne, 1983; Shipstone, 1985; Tallant, 1993) ble seks oppgaveemner valgt: Sluttet/brutt krets, batteri og lyspærers poler, parallellkoblinger, seriekoblinger og kortslutninger. I oppgave 1 ble elevene utfordret til å koble et batteri til en lyspære på korrekt måte. Her var det først og fremst kunnskapen om sluttet krets som ble testet. Elevene ble bedt om ikke å bli tilbake etter å ha svart på den første oppgaven, da de på neste side tydelig kunne se hvordan en lyspære kan kobles til et batteri, som vist i Figur 3. Utformingen av den skriftlige testen ble inspirert av et sett med forslag til oppgaver Bojana Gajic (Førsteamanuensis ved institutt for elektroniske systemer og institutt for lærerutdanning, NTNU) hadde utarbeidet. Oppgavene besto av en illustrasjon av en elektrisk krets og det enkle spørsmålet: «vil lyspæren lyse?». Når spørsmålet er så enkelt er sannsynligheten for at elevene misforstår oppgaven svært liten, noe som er fordelaktig når elever så unge som 9 år skal delta. Utfordringen skal være å løse oppgaven, ikke i å forstå hva det blir spurt om. Elektriske kretser blir ikke nevnt i læreplan i naturfag før kompetansemål etter 10. årstrinn, og da med mål om å: «*bruke begrepene strøm, spenning, resistans, effekt og induksjon til å forklare resultater fra forsøk med strømkretser*» (Utdanningsdirektoratet, 2018, s. 9). Altså kreves det ikke at elevene skal forstå eller kunne tegne et elektrisk skjema, selv om det er min erfaring at slike skjema ofte blir brukt i lærebøker i naturfag på ungdomstrinnene. For å sikre at elevene skulle forstå oppgavene ble derfor illustrasjoner av virkelighetsnære komponenter brukt, som elevene forhåpentligvis har kjennskap om fra hverdagen.



Figur 3: Eksempel på en illustrasjon benyttet i en av oppgavene.



Figur 4: Tegn for strømbryter brukt i fagprøven.

Alle oppgavene var lukket, med svaralternativer som ikke krevde spesielle forkunnskaper for å være forståelige. Ved å bruke farger, virkelighetsnære illustrasjoner og spørsmål som gir mening så lenge man har brukt en bryter, kunne elevene gjennomføre prøven uten å kunne et eneste fagbegrep. Det mest kompliserte symbolet som ble presentert for utvalget var det

klassiske symbolet for strømbryter (Figur 4). En tidlig utgave av testen brukte en illustrasjon av en strømbryter, men etter at flere prøvepersoner ikke forsto betydningen av symbolet ble det klassiske tegnet for strømbryter favorisert. Man kan intuitivt se at bryteren er åpen eller brutt ved bruk av dette tegnet.

3.5 Intervju

I tillegg til spørreskjema har jeg valgt å bruke intervju som metode i datainnsamlingen min. I intervjuet fikk respondentene de samme oppgavene som i fagprøven, bortsett fra oppgave 5. Denne oppgaven var konstruert for å skille klinten fra hveten, i tilfelle de andre oppgavene ikke var utfordrende nok. Under intervjuet brukte jeg kun de faglige begrepene som ble introdusert av informantene, dette for å ikke påvirke elevenes kunnskaper. Uten fagbegreper er det svært utfordrende å beskrive hva som skjer i en krets. Igjenom Bojana Gajics erfaringer etter å ha veiledet studenter i sin undersøkelse av barns lek med elektriske kretser, fikk jeg øynene opp for byggesettet snap-circuit (Elenco Electronics, 2018). Ved å bruke dette byggesettet kunne respondentene mine forklare og vise hva som skjer i de elektriske kretsene uten å bruke fagbegreper. Elevene ble for hver krets utfordret til å lage seg en hypotese som også måtte begrunnes. Hver krets var konstruert med en bryter som var skrudd av, slik at kretsens funksjoner ikke ble avslørt før elevene fikk bygge seg en hypotese. Når elevene var ferdig fikk de teste hypotesen sin ved å skru på bryteren og se hva som skjedde. Spørsmålene går alltid ut på om en lyspære kommer til å lyse eller ikke, eller om en av lyspærene kommer til å lyse sterkere enn de andre. Om elevene tar feil får de tid til å reflektere over det de har observert, for så å konstruere en ny hypotese.

8 respondenter ble valgt ut og intervjuet i 30 – 45 minutter. Jeg intervjuet i en semistrukturert stil, hvor oppgavene var bestemt på forhånd, men hvor elevene kunne komme med innspill utenfor spørsmålene mine (Johannessen et al., 2015). Dette ga meg rom til å utforske interessante utsagn og tilpasse meg til elevenes kunnskapsnivå, til tross for at den samme intervjuguiden ble brukt på alle respondentene. Utover det å stille spørsmålene som vist i intervjuguiden (vedlegg 2), gikk jeg inn i en rolle som samtalepartner. Dette innebar at jeg prøvde å gjøre situasjonen så trygg som mulig for respondentene, med forhåpning om at elevene skulle åpne seg og fortelle om deres tanker og refleksjoner rundt oppgavene uten å være bekymret for om de svarte rett eller galt. Blant annet passet jeg på å ikke sitte ovenfor elevene som i et avhør, men heller ved siden av dem. Dalen (2011) mener at den viktigste egenskapen

en intervjuer kan ha er å kunne lytte og vise genuin interesse for det som blir sagt. En slik interesse vises ved blikk, nonverbal kommunikasjon og verbal kommunikasjon. En teknikk jeg brukte hyppig var fortolkende spørsmål, som vil si å omformulere utsagnene for å verifisere at det var dette respondenten mente.

Ved et gruppeintervju ville denne elevens prosess med å reflektere og teste ut sine egne hypoteser kunne bli påvirket av medelevers innspill. Ved å gjennomføre individuelle intervju fikk jeg anledning til å gå i dybden av hver respondents forståelse av de enkle elektriske kretser, som også var målet med intervjuene.

For å dokumentere intervjuet ble det brukt videokamera som kun rammet inn respondentenes armer og det nevnte byggesettet, dette for å bevare anonymiteten. Kameraet var plassert bak respondenten, slik at den var til minst mulig bry og ikke i øyesyn under intervjuet. Informasjonen som ble samlet inn var rent faglig og rettet mot forståelsen av elektriske kretser og elektrisitet. De eneste personopplysningene som er kjent er hvilket trinn elevene går i og kjønn. Etter samtaler med NSD ble det besluttet at undersøkelsen ikke var meldepliktig så lenge disse punktene ble overholdt:

- Videoopptakene skulle så snart som mulig etter opptaket var gjort overføres til en ekstern disk som oppbevares innelåst og ikke tilgjengelig for andre. Fordi jeg skulle bruke minnebrikken til kameraet senere måtte videoklippene slettes og minnebrikken formateres straks overføringen til den eksterne harddisken var utført, slik at videoklippene ikke kunne regenereres.
- Personopplysninger skal fjernes i en konfidensiell setting hvor ingen andre enn jeg kunne registrere innholdet i videoene. Dette ble gjort på et rom hvor kun jeg var tilstede. Det ble aldri nødvendig å fjerne noe data fordi ingen av respondentene nevnte navn eller andre personopplysninger, og heller ikke viser noe som kunne identifisere dem.
- Filmopptakene slettes når transkripsjonene er utført.

Hver deltaker ble informert om hvordan dataen ble behandlet, at det bare var jeg som kom til å se opptakene og at deres anonymitet ble sikret ved å bruke koder/pseudonymer. De ble også informert om hensikten med prosjektet og at de kunne avbryte intervjuet når som helst. Alle elevene som var under 16 år, altså elevene som gikk i 9., 7., og 5. trinn, måtte ha samtykke fra foreldre i tillegg til sitt eget samtykke. Dette ble gjort ved å sende et informasjonsskriv som foreldrene skrev under på om at de samtykket (vedlegg 3).

3.6 Analyse av datamaterialet

Fagprøven er ment å gi en vurdering av elevenes forståelse for enkle elektriske kretser. Nedenfor gis en oversikt over hvilke typer forståelse de forskjellige svaralternativene kan antyde til. Her brukes først og fremst Osborne (1983) sine fire modeller om ulike typer hverdagsforestillinger om elektrisitet. Selv om fagprøven ikke utelukker andre modeller, så vil i samspillet med intervjuene gi et klarere bilde av elevenes forståelse.

Under den første oppgaven (Figur 6, s. 28) skal elevene tegne hvordan de ville koblet en lyspære til et batteri for at lyspæren skal lyse. Etter at elevenes svar ble analysert ble de plassert innenfor tre kategorier; «fra en til en», «fra to til en» og «fra to til to». «Fra en til en» er når elevene tegnet en ledning fra kun en av polene til batteriet, til en av kontaktpunktene til lyspæren (vedlegg 1). Dette tyder på at de tror på «ingen strøm i retur» modellen til Osborne (1983). Altså tror de at strømmen vil gå ut fra spenningskilden for så å bli brukt helt opp i kretselementene. Ingen strøm kommer tilbake til spenningskilden. «fra to til en» er når elevene tegner ledninger som går fra begge batteriets poler, men til bare en av lyspærens kontakter. Disse elevene har altså forstått at kretsen må være sluttet, men de mangler forståelse for hvordan en lyspære er bygd opp og fungerer. De som har tegnet denne kretsen viser en forståelse for at man trenger en sluttet krets for at lyspæren skal lyse, og er derfor litt nærmere en vitenskapelig korrekt modell. Fordi de ikke viser forståelse for at strømmen må gå igjennom lyspæren kan man ikke helt sikkert si at de har en vitenskapelig korrekt modell. Dette er derfor en gruppe som havner i mellom to modeller, og er en svakhet ved fagprøven. Samtidig er det vanskelig å unngå dette, da elevene skal ha minst mulig rettleiding under fagprøven for å vise sin faktiske forståelse. «fra to til to» er når elevene tegner ledninger fra begge batteriets poler til begge av lyspærens kontaktpunkter. De som har tegnet «fra to til to» har forståelse for at kretsen må være sluttet for at lyspæren skal lyse, og antyder at de har en vitenskapelig korrekt forståelse.

Oppgave 2 var den eneste oppgaven som ikke var lukket i fagprøven. Etter å sett over elevenes utsagn var det klart at dette var en oppgave som ga lite informasjon om elevenes forståelse. Elevene skrev rett og slett så lite utfyllende at resultatet ble fikk veldig liten verdi, og dermed ikke er med i denne undersøkelsen.

Oppgave 3 (Figur 9, s. 30) viser en seriekobling med tre lyspærer (Figur 1, s. 19). Denne oppgaven avslører om elevene har en «mindre strøm i retur», «kolliderende strømmer» modell eller den vitenskapelig korrekte modellen. Svaralternativ A/C insinuerer at man har

forståelsesmodellen «mindre strøm i retur», dette fordi de tror den røde/den grønne lyspæren vil få strømmen først og dermed «få mesteparten» av den. Alternativ B insinuerer en «kolliderende strømmer» modell. De med denne forståelsen tror at strømmen går ut av begge polene, for så å møtes i den blå lyspæren først. Derfor vil denne lyspæren lyse sterkest. Alternativ D insinuerer den vitenskapelige korrekte modellen, dette fordi den antyder at alle lyspærene får like mye strøm.

Oppgave 4 (Figur 10, s. 32) avslører hvilken forståelse elevene har for parallellkoblinger. Svaralternativ A antyder ingen kjente modeller. Alternativ B antyder en tro på at strøm konsumeres. Alternativ C antyder den vitenskapelige korrekte modellen gjennom at strømmen fordeles likt over lyspærene.

Oppgave 5 (Figur 13, s. 33) tester elevenes forståelse for kortsluttede kretser. Om de velger svaralternativ A har elevene forståelse for at i en todelt forgreining hvor den ene veien har høy motstand, og den andre uten motstand (den ideelle kortslutningen), vil strømmen foretrekke den uten. Om de velger svaralternativ B eller C mangler de forståelsen for hva en kortslutning er, da disse vil gjøre at strømmen ikke går igjennom lyspæren.

Oppgave 6 (Figur 15, s. 34) viser en krets med både en seriekobling og en parallellkobling. Om man velger alternativ A, B og D antyder ingen kjente modeller. Alternativ C antyder at man forstår at strømmen vil fordele seg likt over parallellkoblingen, altså vil disse lyspærene få halvparten av strømmen som går til den grønne lyspæren.

3.7 Vurdering av oppgavens kvalitet

Troverdighet, kvalitet og overførbarhet er egenskaper som det alltid settes spørsmål ved i en undersøkelse. Disse egenskapene blir ofte beskrevet som begrepene reliabilitet (pålitelighet), validitet (gyldighet) og generaliserbarhet. Jeg vil her diskutere disse egenskapene ved de forskjellige metodene som er brukt.

3.7.1 Generalisering og overførbarhet

I kvantitative undersøkelser er målet ofte å kunne statistisk generalisere dataene. Undergruppene, altså trinnene, er for små for å at de uten videre kunne representere populasjonen, og er derfor ikke generaliserbare (Johannessen et al., 2015). I kvalitative undersøkelser er det svært utfordrende å ha et stort utvalg, derfor snakkes det heller om

overførbarhet av resultatene istedenfor generalisering. Om man klarer å etablere begreper, beskrivelser, forklaringer eller fortolkninger som kan brukes/overføres til andre områder enn det som studeres har man lyktes i å skape en høy overførbarhetsfaktor (Johannessen et al., 2015). Ved å gi en grundig beskrivelse av utvalget og hvordan dataen er blitt samlet inn vil lærere som underviser om elektrisitet kunne kjenne seg igjen i resultatene fra fagprøven og forklaringene til elevene fra intervjuene. Overførbarheten i denne oppgaven er derfor avhengig av at leserens situasjon er sammenlignbar med den vi finner i denne studien. Dette kaller Postholm (2010) naturalistisk generaliserbarhet.

3.7.2 Begrepsvaliditet og troverdighet

Relasjonen mellom det generelle fenomenet som skal undersøkes og de konkrete dataene som er framkommet sier noe om validiteten. Om dataene er gode representasjoner av det generelle fenomenet kan man si at man har en høy validitet. Undersøkelsene mine er en representasjon av elevenes forståelse, og det vil alltid være noen sider den ikke belyser. I streben etter å nå kvalitetskravet om høy validitet tok jeg flere grep. Spørsmålene og oppgavene til den skriftlige prøven og intervjuguiden ble konstruert basert på didaktisk teori og tidligere undersøkelser om forståelse av elektrisitet. Spørreskjemaene ble testet ut av medstudenter, vurdert av veileder og av flere med fysikkutdannelse, hvor både språk og innhold ble kommentert. Man kan øke validiteten ved at informantene får gå igjennom resultatene for å vurdere om de mener det representerer deres forståelse godt. Imidlertid argumenterer jeg for at dette tiltaket kan svekke undersøkelsen, da elevene kan bli brydd og ønsker å endre utsagnene sine når de gjenser egne tanker på papiret. Kanskje spesielt om de opprinnelig var usikre og endret mening flere ganger, som ikke var uvanlig ettersom elevene reflekterte og tenkte mye høyt under intervjuet. Jeg kunne også latt medstudenter analysere innholdet for å se om de kom frem til den samme fortolkningen av datamaterialet som meg. Dette ble ikke gjort fordi jeg ikke ønsket at elevens enkeltutsagn skulle bli behandlet av noen andre enn meg.

Metodetriangulering skal ifølge Postholm (2010) gi en høyere validitet ved at de forskjellige kildene som er brukt bekrefter hverandres data. Jeg har derimot brukt triangulering for å gi en mer detaljert og utfyllende beskrivelse av elevenes forståelse. I og med at mine to metoder belyser temaet fra helt forskjellige vinkler er det svært få overlappende funn. Metodene gir et rikere materialet, som vil være med å øke validiteten fordi de ulike metodene ikke kommer i konflikt med hverandre, men utfyller hverandre. I forsøket på å undersøke utviklingen av

forståelse ettersom utvalget ble eldre, ble flere trinn undersøkt. En høyere validitet ville blitt nådd om en klasse ble fulgt gjennom flere år. I mangel på tid har den nest beste alternativet blitt valgt.

Denne undersøkelsens utvalg er så lite at den blir sårbar for anomalier i sine målinger. I et stort utvalg vil anomalier bli små i den store. Nå er ikke denne undersøkelsen ment å være en nasjonal representasjon, men det er likevel greit å være bevist over denne sårbarheten.

3.7.3 Reliabilitet

Hvilke data som brukes, hvordan de samles inn og hvordan de bearbeides er viktige spørsmål når man skal vurdere en undersøkelses pålitelighet, også kalt reliabilitet. En mulighet for å teste reliabiliteten på er å gjenta den samme undersøkelsen på samme gruppe etter en viss tidsperiode for å se om man får det samme resultatet. Dette kalles «test-retest-reliabilitet». Her krever det at man venter en lengre periode for at respondentene ikke skal huske hva de svarte sist. Reliabiliteten kan også testes ved at flere forskere undersøker det samme. Om de får det samme resultatet kan man si at undersøkelsen har høy reliabilitet (Johannessen et al., 2015). Dette er selvsagt en mulighet, og jeg stiller meg herved åpen for at andre kan gjenta denne undersøkelsen. En annen mulighet er å gjenta den samme undersøkelsen på et tilsvarende utvalg. Med en god overenstemmelse ville man kunne stå for en høy reliabilitet.

Slike krav om reliabilitet er derimot lite hensiktsmessig når det gjelder kvalitative studier, og vil derfor bare gjelde den kvantitative delen av denne undersøkelsen. Dette først og fremst fordi strukturerte datainnsamlingsteknikker ikke blir brukt ved kvalitative undersøkelser, og flerfoldige faktorer derfor kan påvirke resultatet. Om en annen skulle gjennomføre de samme intervjuene om igjen ville resultatet sannsynligvis blitt annerledes da dette både er styrt av kontekst og fordi tolkninger baseres på erfaringsbakgrunn (Johannessen et al., 2015).

4. Resultat og drøfting

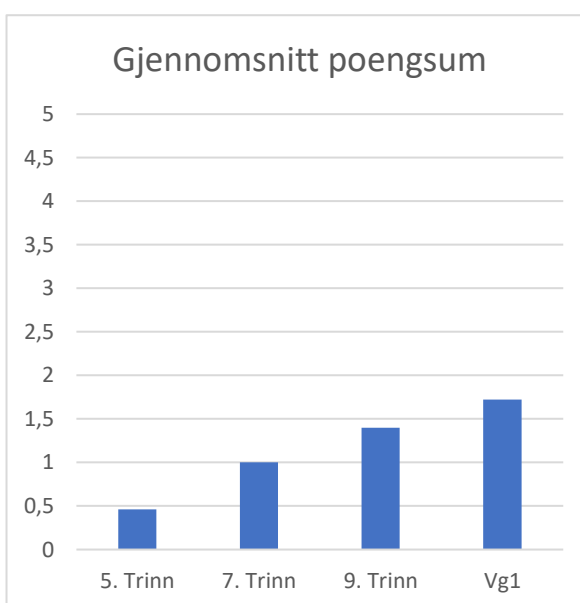
Resultatene av datainnsamlingen gir et innblikk i elevenes forståelse for enkle elektriske kretser, og hvordan denne forståelsen utvikles med alderen. Intervjuet vil vise hvilke forståelsesmodeller elevene har, hvordan de begrunner troen på disse forståelsesmodellene, samt om de endrer modeller etter hvilken oppgave de blir utfordret med. Fagprøven vil vise hvor stor andel elever som tror på forståelsesmodellene, samt hvordan deres forståelse utvikles med alderen. Spørreundersøkelsen vil svare på hvilken type motivasjon elevene har, og om det er en korrelasjon mellom motivasjon, selvtillit og forståelse.

4.1 Fagprøve

Datainnsamlingen fra fagprøven viser hvordan forståelsen for elektrisitet utvikles ettersom de blir eldre. Prøven besto av påstander knyttet til enkle elektriske kretser som elevene måtte ta stilling til. Man kan se på Figur 5 at elevene presterer bedre og bedre ettersom de går opp i årstrinn. Denne utviklingen skjer også mellom 5. og 7. trinn, til tross for at ingen av disse trinnene har hatt noe undervisning om elektrisitet. På de to årene som skiller elevene i 5. og 7. trinn har det altså skjedd en kognitiv utvikling. Av de fire faktorene Piaget (1970) tar for seg i utviklingspsykologien, vil biologisk modning være en naturlig årsak til denne forbedringen. Elevenes økende evne til å handle i forhold til det sosiale og fysiske miljøet, og det å kunne ta til seg informasjon gir en fordel når de gjennomfører fagprøven.

Dette viste også tydelig under innsamlingen av data, da enkeltelever i 5. trinn hadde vanskeligheter med å forstå spørsmålene, dette i så stor grad at de kontaktlærer anbefalte å lese spørsmålene opp i plenum. Utviklingen gir en nesten lineær positiv stigning. Den gjennomsnittlige skåren er lav, hvor 5. trinn skårer minst med 0,45 poeng av 5 poeng og vg1 mest med 1,72 poeng (Figur 5). Figur 7, Figur 8, Figur 11, Figur 12,

Figur 14 viser antall avgitte svar per oppgave på fagprøven.



Figur 5: Gjennomsnittlig skår på fagprøve per årstrinn, hvor 5 er maksimum poengsum.

Oppgave 1 og oppgave 3 viser først og fremst hvilken modell elevene tenker ut ifra. Oppgave 1 vil avsløre om elevene tror på en «ingen strøm i retur» modell. Oppgave 3 avslører om elevene tror på «kolliderende strømmer» modellen eller «mindre strøm i retur» modellen. De resterende oppgavene undersøker elevenes forståelse av kortslutninger, parallellkoblinger og mer kompliserte, sammensatte kretser.

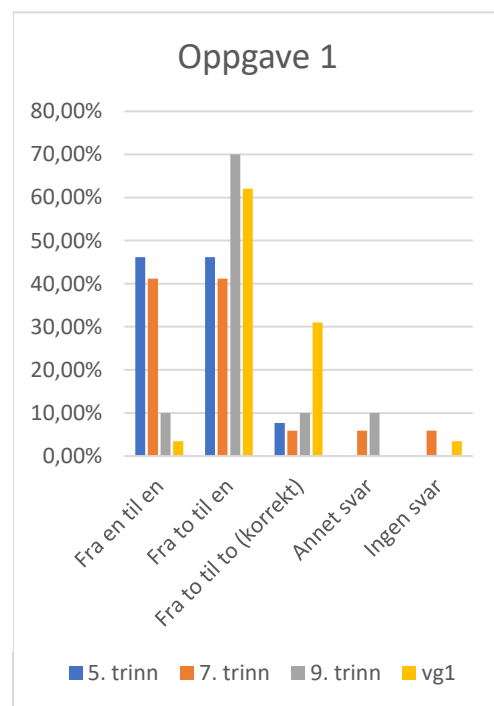
4.1.1 Oppgave 1

«Fra en til en» viser til tilfellet der elevene har tegnet en krets bestående av bare en ledning fra batteriet til lyspæren. Figur 7 viser at 41-46% av elevene fra 5. og 7. trinn tegner kretsen slik. Dette svaret tyder på en forståelse Osborne (1983) kaller «ingen strøm i retur» modell, som beskriver en tro på at det vil gå strøm mellom kretselementene til tross for en brutt krets. Man ser tydelig av grafen (figur 13) at denne forståelsen minker dramatisk fra 7. til 9. trinn, hvor kun 10% benytter «ingen strøm i retur» modellen. 7. trinn i denne undersøkelsen har som nevnt i metodekapittelet enda ikke hatt undervisning om elektrisitet. 9. trinn hadde derimot elektrisitetsundervisning når de gikk i 7. trinn. Det store spranget mellom 7. og 9. trinn er sannsynligvis på grunn av undervisningen 9. trinn mottok to år tidligere. Denne undervisningen er dermed effektiv i å avkrefte «ingen strøm i retur» modellen, eller sagt med andre ord, effektiv i å lære elevene at det kreves en sluttet krets for at det skal gå strøm igjennom kretsen. «ingen strøm i retur» modellen er så å si utslettet i vg1, hvor kun 3% av elevene benytter den.

En sammenligning med Joshua og Dupin (1987) sin undersøkelse går i favør til deres utvalg. Kun 11,2% av Joshua and Dupins franske elever på 12 år (som tilsvarer 7. trinn i Norge) tror på «ingen strøm i retur» modellen. Dette gir en differanse på 30% mellom 7. trinn i denne undersøkelsen og Joshua og Dupins utvalg. Selv om 9. trinn gjør et byks i forståelsen fra 7.

Oppgave 1

Tegn hvordan du vil koble lyspæren til batteriet for å få den til å lyse.



Figur 6: Oppgave 1, slik den fremstår for elevene i Figur 7: Prosentvis fremstilling av antall svar avgitt per trinn i oppgave 1 på fagprøven.

trinn, er de fortsatt dobbelt så mange som Joshua og Dupins elever på 14 år (tilsvarende 9. trinn), som kun har en andel på 5% som tror på den samme modellen. Utvalget i denne undersøkelsen må altså helt opp på videregående skole nivå for å ha en lavere skår enn de franske elevene. Det skal nevnes at Joshua og Dupins undersøkelse er av de eldre (er fra 1983), og sier ingenting om hvordan nivået i Frankrike er i dag, likevel er denne sammenligningen interessant.

Forståelsesmodellen «fra to til en» representerer elevene som har tegnet kretsen med to ledninger, en fra hver av polene til batteriet, til kun én av polene til lyspæren. Disse elevene har altså forstått at kretsen må være sluttet, men de vet ikke hvor på lyspæren ledningene skal kobles. De mangler dermed forståelse for hvordan en lyspære er bygd opp og fungerer. 41-45 % av 5.- og 7. trinn, og 62-70% av elever på vg1 og 9. trinn har tegnet det som beskrives som «fra to til en» i Figur 7. Disse elevene mangler kunnskap om at strømmen må gå igjennom lyspæren og videre i kretsen for at pæra skal lyse, da de ikke tar hensyn til de to kontaktpunktene en lyspære har. Sannsynligvis er dette fordi de ikke har tenkt over hvordan en lyspære fungerer. Man kan imidlertid ikke utelukke at disse elevene resonnerer ut fra en «ingen strøm i retur» modell, da koblingen til kun en kontakt på lyspæren ikke gir muligheten for en fullstendig krets. Samtidig er disse elevene klar over at begge batterienes poler må være i kontakt med lyspæren. Man kan derfor argumentere for at elevene som har tegnet «fra to til en» ikke burde kategoriseres innenfor «ingen strøm i retur» modellen, da de til en viss grad har forståelse for nødvendigheten av en sluttet krets. Dette gjør det vanskelig å plassere elevene innenfor en forståelsesmodell. Om man forutsetter at elevene som har tegnet «fra to til en» ikke bruker «ingen strøm i retur» modellen, vil man (med lav validitet) kunne si at 47-53% av 5. og 7. trinn har gått bort fra «ingen strøm i retur» modellen og at 80-93% av 9. trinn og vg1 har gjort det samme. 31 % av vg1 elevene tegner «fra to til to», og bruker derfor ikke «mindre strøm i retur» modellen. Det denne oppgaven (med høyere validitet) viser er at det skjer en positiv forståelsesutvikling med alderen. Med andre ord går utvalget bort ifra «mindre strøm i retur» modellen med alderen.

4.1.2 Oppgave 3

Oppgave 3 viser en seriekobling med tre lyspærer. Denne oppgaven avslører om elevene har en «mindre strøm i retur» modell eller en «kolliderende strømmer» modell. Alternativ A insinuerer at man har forståelsesmodellen «mindre strøm i retur», dette fordi de tror den røde lyspæren vil lyse sterkest, og dermed få mest strøm (Figur 9). Færre og færre velger alternativ A med alderen. Fra en prosentandel på 46 % av 5.trinn som har «mindre strøm i retur» modellen, er det kun ca. 20-21% av 9. trinn og Vg1 som har denne forståelsesmodellen. Dette er en nedgang på 25-26%. Under 14 % av elevene uansett årstrinn, velger alternativ C, til tross for at dette er det samme som alternativ A, bare speilvendt (og dermed også insinuerer en «mindre strøm i retur» modell). En svak stigende kurve velger dette alternativet ettersom de blir eldre. Dette kan være fordi flere og flere blir bevisst på at elektron-partiklene faktisk går ut fra den negative polen (til tross for at polene ikke er tydelig markert på illustrasjonen). Fordi alternativ A og C antyder den samme forståelsesmodellen, er det også en graf som summerer disse alternativene. Her ser man at 54% av 5. trinn, og mellom 30-35% av de resterende trinnene tror på en «mindre strøm i retur» modell. Dette kan antyde at undervisningen elevene mottar i 7. trinn ikke hjelper noe særlig, siden 7. trinn som er i denne undersøkelsen enda ikke har mottatt noen slik undervisning og likevel er på nivå med 9. trinn. Heller ikke undervisningen vg1 mottok når de gikk i 10. trinn har klart å avkrefte «mindre strøm i retur» modellen effektivt, da vg1 er på samme nivå som både 7. og 9. trinn.

Oppgave 3

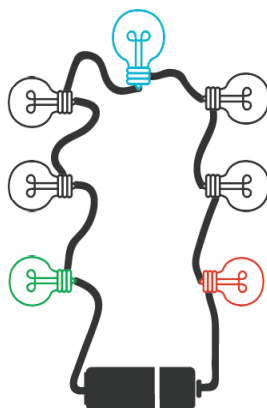
Hvilken lyspære vil lyse sterkest?
Sett ring rundt svaret.

A: Den røde

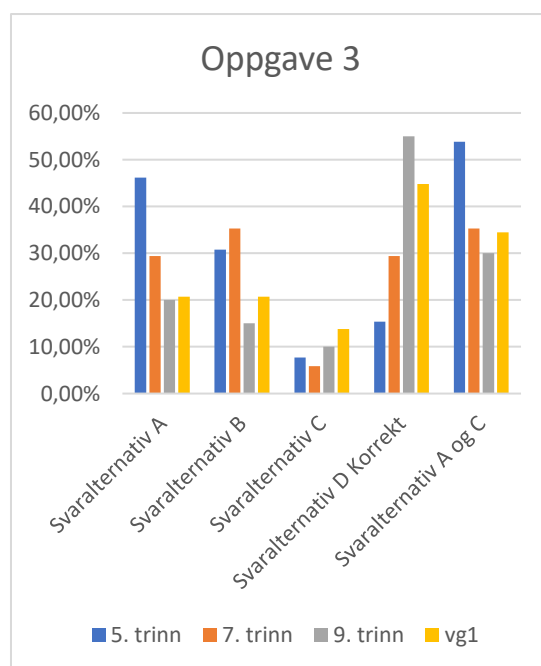
B: Den blå

C: Den grønne

D: Alle vil lyse like sterkt



Figur 9: Oppgave 3, slik den fremstår for elevene i fagprøven.



Figur 8: Prosentvis fremstilling av antall svar avgitt per trinn i oppgave 3 på fagprøven.

Valg av svaralternativ B antyder Arnold and Millars (1987) tolkning av «kolliderende strømmer» modellen, dvs. med konsumering av strøm. De som velger svaralternativ B tror altså at strømmen kommer fra begge polene til batteriet, for så å møtes i den blå lyspæren før den går videre til de andre. 31-35 % av 5. og 7. trinn har en slik forståelsesmodell. 15% av 9. trinn tror på «kolliderende strømmer» modellen, som viser en nedgang på 20% av den samme forståelsesmodellen fra 7. trinn. 20% av vg1 tror på den samme modellen, altså er det en oppgang på 5% mellom 9. trinn og vg1. Dette kan antyde at undervisningen vg1 mottok i 10. trinn ikke var tilstrekkelig til å avvise «kolliderende strømmer» modellen.

En tilnærmet lik andel av Shipstones (1984) elever og utvalget i denne undersøkelsen tror på «kolliderende strømmer» modellen. 7. trinn og Shipstones elever i tilsvarende alder skårer like under 40% tror på denne forståelsesmodellen. Shipstone (1984) sine 14 åringer skårer like rundt 10 %, ikke langt unna de 15% som 9. trinn i denne undersøkelse skårer. Det er først ved 17 år at Shipstone sine elever virkelig skiller seg fra elevene i denne undersøkelsen. Tilnærmet ingen av 17 åringene i Shipstones undersøkelse tror på en «kolliderende strømmer» modell, opp imot hele 20% av vg1 elever! Altså har Shipstones elever gjennomgått en mer effekt undervisning for å avkrefte denne forståelsesmodellen.

Svaralternativ D er den korrekte, som antyder at eleven forstår at strømmen vil være lik i hele seriekoblingen. 15% av 5. trinn tror på denne forståelsesmodellen. Nesten en dobling av troen på den vitenskapelige modellen skjer i 7. trinn (29%). Her har forståelsen for seriekoblinger økt, uten at noen av de nevnte trinnene har gått igjennom noe spesifikk undervisning om elektrisitet. 9. trinn utpeker seg som trinnet med høyeste svarprosent, med hele 55%, som er 10% mer enn elevene på vg1.

Antall elever som har korrekt forståelse blir ikke sammenlignet med Shipstones elever, fordi både «undirectional with sharing» og «undirectional with conservation» kan tolkes som svaralternativ D. Shipstone intervjuet sitt utvalg, som ga muligheten til å skille mellom disse kategoriene. Fagprøven i denne undersøkelsen er ikke designet for å skille mellom disse forståelsesmodellene da det vanskelig lar seg gjøre med de valgte svaralternativer.

4.1.3 Oppgave 4

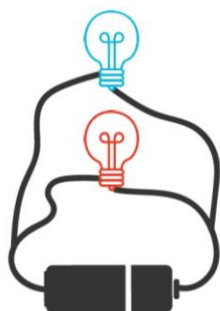
Oppgave 4

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

A: Den blå

B: Den røde

C: De vil lyse like sterkt



Figur 10: Oppgave 4, slik den fremstår for elevene i fagprøven.

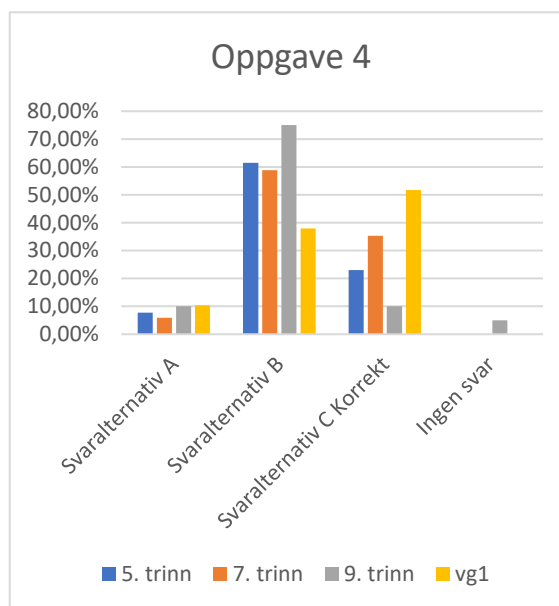
Denne oppgaven tester forståelsen av egenskapene til en parallellkobling.

Resultatet av denne oppgaven klarer ikke å skille mellom elever som tror på «mindre strøm i retur» modellen, og «kolliderende

strømmer» modellen, dette fordi begge disse modellene tror strøm vil konsumeres, og at lyspæren nærmest spenningskilden vil få mest strøm. Derfor vil begge modellene forutsi at den røde lyspæren vil lyse sterkest. Eneste forskjellen mellom disse to modellene er hvor strømmen kommer fra, kolliderende strømmer tror den kommer fra begge polene, hvor «mindre strøm i retur» modellen tror det kommer fra én. Denne oppgaven skiller derfor bare mellom elevene som tror på at strøm konsumeres, og de som ikke tror strøm konsumeres. Under 10% elever uansett aldersgruppe velger svaralternativ A, som i seg selv ikke tyder på noen av Osbornes modeller, men forutsetter en forståelsesmodell hvor strømmen konsumeres/blir brukt opp. Svært få elever finner altså lyspæren lengst fra spenningskilden i en parallellkobling som mest sannsynlig til å lyse sterkest, noe som øker validiteten til Osbornes modeller.

9. trinn skiller seg markant ut med å favorisere svaralternativ B (75%). Kun 10 % av 9. trinn har valgt riktig alternativ. Det at hele trinnet svarer så samstemt kan tyde på at de har fått informasjon fra samme kilde. Det er ikke umulig at de har gjennomgått undervisning som har ført til vranglære.

Man ser en negativ trend på svaralternativ B ettersom elevene blir eldre, og en positiv trend på det korrekte svaralternativet C. Igjen er det en utvikling mellom 5. og 7. trinn, til tross for mangelen på elektrisitetsundervisning mellom disse trinnene. 52% av vg1 elevene forstår at



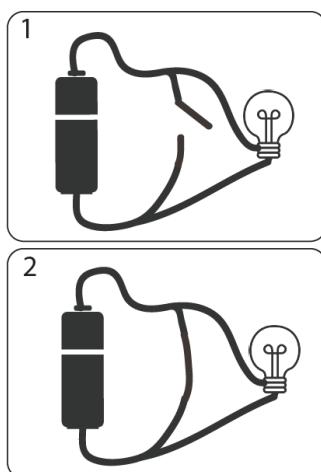
Figur 11: Prosentvis fremstilling av antall svar avgitt per trinn i oppgave 4 på fagprøven.

strømmen vil fordele seg likt over en parallellkobling med like lyspærer. På en annen side er det 48% av vg1 elevene som ikke har riktig forståelse av en parallellkobling, noe som er beskjymringsverdig da de ifølge læreplanen i naturfag ikke skal ha noe mer undervisning om elektrisitet (Utdanningsdirektoratet, 2018).

4.1.4 Oppgave 5

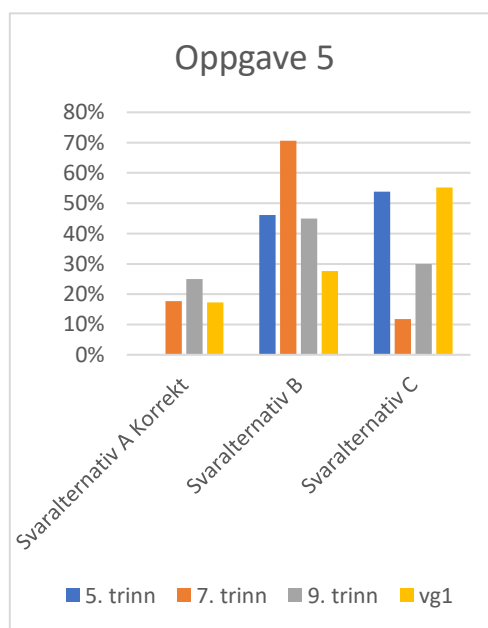
Denne oppgaven tester elevenes forståelse for kortsluttede kretser. Om de velger svaralternativ A har elevene forståelse for at i en todelt forgreining hvor den ene veien har høy motstand, og den andre uten motstand (den ideelle kortslutningen), vil strømmen foretrekke den uten. Om de velger svaralternativ B eller C mangler de forståelsen for hva en kortslutning er. Ingen av 5. trinn elevene svarte korrekt på denne oppgaven. En lav andel elever fra de resterende trinnene svarer korrekt (17-25%). 7. trinn ser ut til å favorisere alternativ B med 71% oppslutning. Det at klassen velger så samstemt, og ikke minst feil alternativ, virker for meg som om de baserer sin kunnskap fra samme kilde.

Oppgave 5
Når vil lampen lyse?
A: Krets 1
B: Krets 2
C: Både figur 1 og 2 vil lyse



Figur 13: Oppgave 5, slik den fremstår for elevene i fagprøven.

Hele 60% av vg1 elevene som trodde lyspærene ville lyse like sterkt i parallellkoblingen i oppgave 4, valgte alternativ C i oppgave 5, og har derfor tro på at lyspæren i både krets 1 og 2 vil lyse. Likeså tror 26% av vg1 elever som trodde lyspærene ville lyse like sterkt i parallellkoblingen i oppgave 4 at svaralternativ B er korrekt i oppgave 5, altså at lyspæren i krets 2 vil lyse. Til sammen tror derfor 86% av vg1 elevene at lyspæren i krets 2 vil lyse og at begge lyspærene i parallellkoblingen vil lyse. Sannsynligheten for at vg1 elevene ser en likhet mellom parallellkoblingen med to lyspærer og krets 2 er derfor stor. Under intervjuet var det flere elever som argumenterte for at strømmen ville gå både igjennom kortslutningen, og



Figur 12: Prosentvis fremstilling av antall svar avgitt per trinn i oppgave 5 på fagprøven.

igjennom lypæren, altså som i en parallellkobling (elev J, K, H, G og F, s. 52). Dette sees derfor på som en veldig plausibel forklaring på elevenes valg i denne oppgaven.

7. trinn ser ut til å favorisere alternativ B med 71% oppslutning. Det at klassen velger så samstemt virker for meg som om de baserer sin kunnskap på samme kilde.

4.1.5 Oppgave 6

Oppgave 6 tester om elevene klarer å kombinere kunnskapene sine om parallell og seriekoblinger. Oppgaven er først og fremst med i fagprøven for å skille de elevene med et høyt nivå av forståelse, i tilfelle noen av elevene fant resten av fagprøven for lite utfordrende. Siden strømmen er lik i kretsen vil strømmen gjennom den grønne lypæren være summen av strømmen gjennom den blå og den røde. Derfor vil altså alternativ C, den grønne lypæren lyse sterkere enn den blå og den røde.

Oppgave 6

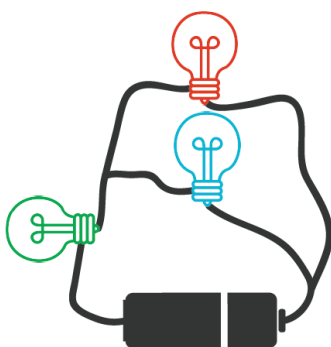
Hvilken lypære vil lyse sterkest?

A: Den blå

B: Den røde

C: Den grønne

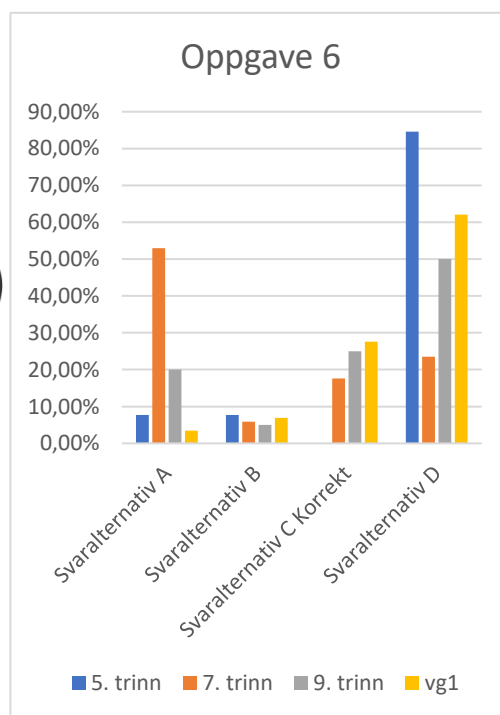
D: Den grønne vil lyse svakere enn den blå og den røde



Figur 15: Oppgave 6, slik den fremstår for elevene i fagprøven

En positiv trend sees på svaralternativ C, som er det korrekte svaret, med høyest andel svar fra vg1 med 27%. Ingen elever fra 5. trinn valgte dette alternativet. Under 10% av elevene uansett årstrinn velger alternativ B, som er påfallende lik andel som

valgte tilsvarende lypære i parallellkoblingen. Dette øker reliabiliteten til oppgave 4, da en lik oppgave med bare en liten justering gir tilsvarende resultat. Størst oppslutning har svaralternativ D, med nesten hele 5. trinns (84%) og over 50% fra både vg1 og 9. trinn populasjon. 7. trinn skiller seg ut med bare 24% som svarer alternativ D, og med en favorisering av alternativ A med 51%, som svært få fra andre trinn valgte.



Figur 14: Prosentvis fremstilling av antall svar avgitt per trinn i oppgave 6 på fagprøven.

4.1.6 Oppsummering

4.1.6.1 På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?

Ut ifra figur 12 er det en tydelig stigende trend mellom forståelse og alder. Dette kan også sees individuelt i alle oppgavene (Figur 13, Figur 16, Figur 17 og Figur 21), sett bort ifra oppgave 5 (Figur 19) hvor forståelsen er lik mellom 7. trinn og vg1. 9. trinn skiller seg ut ved å ha høyeste skår på denne oppgaven. De skiller seg også ut i de fleste andre oppgavene ved at de ikke følger den stigende trenden. Istedenfor å legge seg mellom vg1 og 7. trinn i antall riktige svar, er 9. trinn ofte samstemt å skille seg ut enten negativt eller positivt. Faktisk er det bare i oppgave 6 at 9. trinn bidrar til en stigende kurve. Det at 9. trinn så ofte svarer samstemt (50-75% av populasjonen velger samme svar på oppgave 1, 3, 4 og 6) gir et inntrykk av at de svarer ut ifra den samme kilden. Dette kan bety at undervisningen de har fått sitter friskt i minne, eller at undervisningen satte sterke spor. Uansett grunn gir det et utslag på resultatet som skiller seg ut fra 5. trinn, 7. trinn og vg1.

Resultatet fra fagprøven gir i samspill med intervjuet svar på ett forskningsspørsmål: «*På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?*». For å svare på dette blir elevenes forståelsesmodeller presentert, samt hvordan deres forståelse for enkle prinsipper som parallellkoblinger og kortslutninger, samt sammensatte oppgaver av serie- og parallellkoblinger endres med alderen. Jeg vil så argumentere for hvordan elevene endrer sine kognitive evner ettersom de blir eldre.

4.1.6.2 Elevers endring av forståelsesmodeller med alder

Det vi ser ut ifra fagprøven er at elevene i 5. og 7. trinn i mye større grad bruker «ingen strøm i retur» modellen. Ut fra denne forståelsesmodellen må strømmen transporteres fra batteriet til lyspæren, hvor den så blir brukt opp. Dette er spesielt tydelig i oppgave 1 hvor 41-45% av 5.-7- trinn tegner kretsen med bare en ledning mellom batteriet og lyspæren. Bare 3-10% av 9. trinn og vg1 tror på den samme modellen. Det er tydelig at noe skjer mellom 7. og 9. trinn, noe også Joshua and Dupin (1987) og Shipstone (1984) undersøkelser viser. I oppgave 3 er det ikke mulig å påvise at elevene bruker en «ingen strøm i retur» forståelsesmodell fordi kretsen i oppgaven er sluttet. Det den derimot kan registrere er hvor mange som har en «mindre strøm i retur» modell, som det viser seg at 54% av 5. trinn tror

på. 30-35% av 7. trinn, 9. trinn og vg1 tror på den samme modellen, altså er det en nedgang på mellom 19-25% som tror på «mindre strøm i retur» modellen. Det at 7. trinn, 9. trinn og vg1 skårer så likt antyder at undervisningen som gjennomføres i 7. trinn og 10. trinn ikke avviser denne forståelsesmodellen tilstrekkelig. Disse elevene gjennomgår altså ikke en konseptuell endring, og beholder derfor sine hverdagsforståelser om konsumerende strøm. 31-35 % av 5.-7. trinn tror på «kolliderende strømmer» modellen ut ifra resultatene på oppgave 3. Ca. halvparten av 9. trinn og vg1 tror på den samme modellen, altså minsker antall som tror på denne forståelsesmodellen med alderen. Omtrent halvparten av 9. trinn og vg1 viser korrekt forståelse av seriekoblingen i oppgave 3, opp imot 15-30% av 5. og 7. trinn. De resterende andelene av 9. trinn og vg1 sprer seg nokså likt på «mindre strøm i retur» og «kolliderende strømmer» modellen, hvor førstnevnte favoriseres noe.

Til tross for den stigende forståelse for elektrisitet er det fortsatt 34% av vg1 som tror på «kolliderende strømmer» modellen og 21% som tror på «mindre strøm i retur» modellen. Altså har over halvparten av vg1 elevene hverdagsforestillinger etter å ha gjennomført den obligatoriske undervisningen innenfor elektrisitet som er tilbudt i ungdomsskolen. Etter 10. trinn er det nemlig ingen kompetansemål som tar for seg elektriske prinsipper (Utdanningsdirektoratet, 2018).

Elevenes forståelse for prinsippene serie- og parallellkobling, samt kortslutninger

Fagprøven viser at 49% av vg1 elevene ikke forstår hvordan elektrisitet oppfører seg i en parallellkobling (Figur 18). 55% av 7. trinn gjør heller ikke det, altså er det en differanse på 6% mellom 7. trinn og vg1. Hele 83% av 7. trinn og vg1 elevene vet ikke hvordan strømmen går i en ideell kortslutning (Figur 19), altså er læringskurven flat. 88% av 7. trinn forstår ikke egenskapene til en kombinert parallell- og seriekobling (Figur 21). 83% av vg1 elevene gjør heller ikke det, altså er læringskurven svak. Læringskurven fra 7. trinn til vg1 er altså svært lav når det gjelder forståelse for egenskapene til seriekoblinger, parallellkoblinger og kortslutninger. Etter endt videregående utdannelse har altså godt over halvparten av elevene omfattende hverdagsforestillinger om elektrisitet.

4.1.6.3 Elevers kognitive endring med alder

Elektroners bevegelse og ladning, spenningen mellom to forskjellige ladninger, resistans i et element, dette er fenomen som ikke kan observeres med det blotte øye. Ut ifra hva instrumenter forteller oss, som for eksempel et amperemeter som angir elektrisk strøm, kan vi forestille oss hva som skjer i en krets, men vi er ikke forunt å se elektronene bevege seg. Det å ha evnen til å tenke abstrakt er derfor en nødvendighet for å forstå hvordan elektrisitet oppfører seg i en krets. Å tenke abstrakt er en egenskap som går innunder Piagets siste kognitive stadium, kalt det formal-operasjonelle stadiet (Sjøberg, 2014). Ettersom elevene blir eldre er det derfor ikke bare undervisning i elektrisitet som nødvendigvis er grunnen til den stigende forståelsen (noe den stigende forståelsen mellom 5. og 7. trinn bekrefter). Det kan også være at elevene utvikler sine abstrakte, kognitive evner. Med denne kognitive modningen vil elevene i større grad få til å assimilere, altså forstår nye inntrykk (i dette tilfellet fagprøven) med allerede eksisterende kunnskap. I det formal-operasjonelle stadiet er man ikke avhengig av konkrete eksempler og tidligere erfaringer for å forstå nye fenomen eller begrep. Dette åpner opp for at elevene ut ifra illustrasjonene kan resonere seg frem det de mener er riktig alternativ (med forbehold at de har noen basiskunnskaper om elektrisitet).

Elevene i 5. trinn er fortsatt i det konkret-operasjonelle stadiet ifølge Piagets aldersforslag (fra seks-syv år til ca. 11 år), og har derfor sannsynligvis ikke startet sin utvikling for abstrakt tenking, eller er i et tidlig stadium av denne kognitive evnen. Det er senere vist at det kognitive nivået endrer seg etter innhold og sosial sammenheng, og er dermed ikke aldersbestemt (Donaldson, 1978, ref. Sjøberg, 1998). Til tross for dette funnet, gir Piagets aldersforslag et bilde av når en slik kognitiv egenskap vanligvis viser seg for første gang. Dette kan derfor være et argument for hvorfor vi ser en utvikling mellom 5. og 7. trinn, til tross for at de ikke har gjennomgått noen form for undervisning i elektrisitet mellom disse trinnene.

4.2 Intervju

I intervjuene blir det tydelig hvordan elevene forklarer elektrisitetens egenskaper i en rekke forskjellige elektriske kretser. Disse elektriske kretsene vil til dels være lik oppgavene som er presentert i fagprøven. Datainnsamlingen fra intervjuet vil vise om elevene holder seg til en forklaringsmodell, eller om de endrer forklaringsmodell etter hvilken oppgave som blir presentert. Under intervjuet ble det brukt et byggesett for å sette sammen elektriske kretser. Alle kretsene som var i bruk under intervjuet består av en batteripakke, minst en bryter og et visst antall lyspærer. Bryteren var alltid slått av ved starten av en ny oppgave, på denne måten ble det ikke avslørt om lyspæren kom til å lyse eller ikke. Før intervjuet startet, gikk vi igjennom noen av egenskapene til de elektriske komponentene. For å ikke tilordne en mening til begreper elevene allerede har et forhold til, ble fagbegreper som strøm, spenning, motstand, elektroner osv. ikke nevnt av intervjuer. Batteriets poler ble heller ikke nevnt, da dette ville hintet om at lyspæren ikke kom til å lyse i første oppgave (Figur 16). Det legges ingen vekt på hvilken pol elevene mener strømmen beveger seg ut fra, da definisjonen på strømretning (positive ladningers bevegelsesretning) og hvilken retning strømmen faktisk beveger (elektroners bevegelsesretning) seg er forskjellig. Uansett spiller det liten rolle for deres konseptuelle forståelse av elektrisitet, da dette ikke påvirker løsningene på oppgavene under intervjuet og fagprøven.

I løpet av intervjuet vil elevene for hver oppgave konstruere en hypotese, for deretter å bekrefte/avkrefte den ved å skru på bryteren. I denne prosessen vil elevene i mer eller mindre grad oppleve inntrykk som ikke samsvarer med kunnskap de har. Det vil da oppstå en kognitiv konflikt. I denne situasjonen vil elevene konstruere en ny ide, hypotese eller forståelse i et forsøk på å forklare det de nettopp har vitnet. Dette kalles konseptuell endring (Treagust & Duit, 2008). Intervjuet blir altså en lærings situasjon hvor elevene kontinuerlig må evaluere sin egen kunnskap mot observasjoner fra forsøkene med kretsene. Refleksjonene elevene kommer med etter at bryteren er skrudd på blir vurdert i like stor grad som elevenes forespeiling av hva som kommer til å skje før bryteren er skrudd på. Dette er først og fremst en datainnsamling for å undersøke elevenes forståelse. Fordi dette er en lærings situasjon hvor elevene konstruerer ny kunnskap, blir også læringsprosessen drøftet til en viss grad.

I transkriberingen presenteres intervjueren med bokstaven «M». Elevene blir presentert løpende i teksten.

4.2.1 Elevenes forståelse for brutte kretser

Under intervjuene fikk elevene utdelt en krets som kun var koblet til en av batteriets poler (Figur 16). Før bryteren ble skrudd på ble elevene spurt om de trodde lyspæren kom til å lyse.

Elev K går i 5. trinn. Han forklarer sin hypotese slik:

K: det tapper energi fra batteriet som går til bryteren. Den energien er der helt til jeg skrur på bryteren og den går bort til lyset.

M: hva skjer så med energien?

K: den blir borte, den går ut av den andre enden (peker på enden av lyspæremodulen som ikke er koblet til noe)

Her tolkes elev K sin forståelse som «ingen strøm i retur» modellen (Osborne, 1983). K viser ingen kunnskap om begrepene spenning, strøm og motstand, og bruker istedenfor begrepet energi. Han mener at når bryteren skrur på vil denne energien forflytte seg fra batteriene til lyspæren, og få den til å

lyse. Dette hadde vært en god forklaring på hva som skjer når potensialforskjellen eller spenningen oppstår ved en sluttet krets over en spenningskilde, men som allerede nevnt ser ikke K behovet for en sluttet krets, og derfor kanskje ikke spenning heller. Når intervjueren spør om hva som skjer med denne energien når bryteren skrur på, hevder K at energien fortsetter videre forbi lyspæren og ut av kretsen. Denne forklaringen er noe overraskende, da K under fagprøven er den eneste i 5. trinn som tegner en full krets i oppgave 1 (Figur 6). Forståelsen hans har altså ikke gjennomgått en vellykket overføring fra teori (second hand knowledge) til praksis (first hand knowledge) (Abrahams & Millar, 2008). Det kan være mange grunner til at denne overføringen ikke går problemfritt. Kanskje virker byggesettet forvirrende, med nye symboler og funksjoner som K aldri har observert før. Det er ikke sikkert han innser hvor de positive og negative polene er på batterimodulen, eller hvordan bryter- og lyspæremodulen fungerer.

Når K slår på bryteren og innser at den ikke vil lyse opplever han en kognitiv konflikt. K må derfor revurdere sin egen forståelse og konstruere en ny hypotese for hva som kreves for at lyspæren skal lyse. En konseptuell endring er i gang. K får beskjed om å sette sammen kretsen slik han mener at den skal være for at lyspæren lyser. Allen (2014) ser på det å få



Figur 16: En brutt krets hvor lyspæremodulen kun er koblet til en av batteriets poler.

handlingsrom til å planlegge og utføre praktiske aktiviteter selv som en verdifull mulighet å konstruere ny kunnskap. Det at K opplever den kognitive konflikten er derfor veldig viktig for at han skal finne det nødvendig å konstruere en ny forståelse. Elev K flytter over bryteren og lyspæren fra batteriets positive pol til den negative polen, men endrer ellers ingenting.

M: kommer lyspæren til å lyse nå?

K: jeg vet ikke ...

K tenker seg om, for så å koble den løse enden av lyspæremodulen til batteriets positive pol.

M: hva gjorde du nå?

K: jeg tror strømmen går ut der (peker på – polen), gjennom lyspæren og inn der (peker på + polen).

M: og da går strømmen tilbake til batteriet eller?

K: ja? Og så blir de bor ... og så blir de ... og så blir de der hele tiden. Helt til batteriet blir ødelagt eller resirkulert.

M: hvorfor blir den ødelagt?

K: fordi den blir full av brukt elektrisitet.

K innser her at det er kretsen må være i kontakt med begge polene for at lyspæren skal lyse, slik han også viste under fagprøven. Fra å tro på «ingen strøm i retur» modellen har han resonert seg frem til den vitenskapelige modellen. Han har endret ordbruken fra begrepet energi til strøm, og beskriver hvordan den beveger seg i kretsen.

Elev J går også i 5. trinn, hun svarer slik:

J: strømmen vil gå inn i lyspæren, og så stopper den der.

J skrur på bryteren, ingenting skjer. J får muligheten til å sette sammen kretsen slik hun vil. Hun prøver flere deler fra byggesettet, men kommer aldri frem til at kretsen må være sluttet. Det at J ikke finner løsningen selv kan føre til at hun i mindre grad konstruerer en ny forståelse. Dette antyder at de nye inntrykkene ikke er forståelig for henne intuitivt. Dette er ett av kravene Posner et al. (1982) har satt for at konseptuell endring skal skje. Det at en annen viser henne løsningen, garanterer ikke at det nye begrepet er forståelig for henne.

H går i 7. trinn. Hun er sikker på at lyspæren ikke kommer til å lyse. Hun forklarer det slik:

H: den har ikke noe der den går igjennom (refererer til strøm). Den går igjennom lyspæren, men det skjer ikke noe på den andre siden (peker på lyspæremodulen) ... Strømmen går fra batteriet, gjennom lyspæren og så skal den egentlig gå tilbake (peker på batteriets – pol), den fungerer ikke om den ikke får gå tilbake. Nå går strømmen til enden av lyspæren, og stopper der.

Her beskriver H en sluttet krets, og er bestemt på at det er nettopp dette som trengs for at lyspæren skal lyse. Når hun ble spurt om hvorfor «strømmen må få gå tilbake» hadde hun ikke noe svar på dette. H kobler lyspæremodulen til – polen på batteriet, slik at kretsen blir sluttet.

H: nå kan strømmen gå helt rundt, den går fra batteriet og inn i lyspæren hvor den blir bremsset, så går den videre til batteriet igjen.

Elev H får bekreftet sine antakelser når hun skrur på bryteren, og viser at hun har en vitenskapelig korrekt forståelse.

Elev I går i 9. trinn. Han hadde sist undervisning om elektrisitet når han gikk i 7. trinn.

I: den trenger positiv og negativ for å virke

M: hvorfor trenger den det?

I: hmm, jeg vet ikke... okei, nå sier jeg bare det jeg tror. Det positive og negative elektrisk da blir det, da bli der... Da blir det mer elektrisk ladd, og da blir det strøm. Det er sånn det fungerer med lyn.... Strømmen i lynet vil prøve å finne den letteste veien ned til jorda.

M: hva med i en ledning?

I: i en ledning er det kobber eller noe, som gjør at strøm beveger seg lettere.

M: Vil strømmen bevege seg i denne kretsen? (Henviser til Figur 16)

I: nei, ingenting, men om vi kobler til den (lyspæren) her (batteriets – pol) vil de positive og negative tiltrekke hverandre.

Elev I setter sammen kretsen slik at den blir sluttet

M: så hvordan vil strømmen bevege seg nå?

I: med en gang vi skrur bryteren på så vil det komme strøm fra her (peker på både batteriets – og + pol) og møtes i midten på lyspæren, og da vil det bli elektrisk ladet.

Det virker som Elev I prøver å beskrive ladningsforskjell og hvorfor dette får strøm til å bevege seg i en krets. I mangelen på begreper tyr han til analogien om lyn. Han forklarer ikke denne analogien i detalj, men man kan tenke seg til at han har hørt om den ekstreme spenningsforskjellen mellom skyene og bakken som skal til for at et lyn skal slå ned. Elev I er også inne på elektrisk motstand, han har en intuitiv forståelse for at kobber gir lite resistans. Elev I er den eneste av de intervjuede som nevner hvorfor strøm beveger seg. Med denne kunnskapen drar han konklusjonen at kretsen må være koblet til både den negative og positive polen til batteriet for at strømmen skal bevege seg. Når I blir spurt om hvordan strømmen vil bevege seg, beskriver han det Osborne (1983) kaller «kolliderende strømmer» modellen, altså at elektronene eller strømmen går ut fra hver pol fra

strømkilden og møtes på det punktet eleven ser på som midten av kretsen. I dette tilfellet mener Elev I dette er i lyspæren.

Elev U går også i 9. trinn. Han mener, som elev I, at det han kaller "pluss og minus må møtes" for at lyspæren skal lyse, men han har en egen vri på det. For at «pluss» og «minus» skal møtes, kortslutter elev I kretsen med en ledningsmodul som kobles fra batteriets + pol direkte til – polen. Ifølge U møtes nå strømmen, før den så går videre opp igjennom bryteren og lyspæren som er koblet kun i batteriets + pol.

U: nå møtes pluss og minus, for så å gå opp til lyspæren. Den vil lyse nå når bryteren blir skrudd på.

Når lyspæren ikke lyser begynner U å studere kretselementene nærmere, og kommer etter hvert frem til en sluttet krets med en lyspære. Han forklarer at «plussen» og «minusen» går fra hver av batteripolene og møtes i lyspæren, altså «kolliderende strømmer» modellen.

G går studiespesialiserende på sitt første år på videregående. Hun har ikke hatt noe undervisning om elektrisitet siden hun gikk i 9. trinn. Hun forklarer behovet for en sluttet krets slik:

G: ... kretsen må starte og slutte et sted, nå vil strømmen bare gå til den ene siden av lyspæren (refererer til enden av lyspæremodulen som ikke er koblet til noe) ... Det skjer ingenting fordi det må komme fra der også (peker på enden av lyspæremodulen).

Elev G tror ikke lyspæren vil lyse. Etter at bryteren blir skrudd på og hun bekrefter sine antakelser, setter hun sammen en sluttet krets. Elev G sin forklaring utelukker unipolar forståelse, men utelukker hverken «kolliderende strømmer-, mindre strøm i retur- eller den vitenskapelig korrekte» modellen.

F går i samme klasse som G. Slik som G har han ikke hatt undervisning om elektrisitet siden 9. trinn. F er overbevist om at strøm må komme fra begge batteriets poler for at lyspæren skal lyse. Han forklarer oppgaven med den brutte kretsen slik:

F: ... det må komme strøm fra bunnen på lyspæren og på siden av lyspæren. Fordi det ikke kommer strøm fra den andre siden (peker på siden av lyspæremodulen som er koblet til en av batteriets poler) så får ikke lyspæren strøm. Den må få strøm fra begge sider for å fungere.

F får muligheten til å endre på kretsen for at lyspæren skal lyse. Uten et øyeblikks tenkepause setter han sammen en sluttet krets som vil få lyspæren til å lyse. Når han skal forklare hvorfor lyspæren lyser forklarer han det slik:

F: det kommer strøm bort hit (fra batteriets – pol til lyspæren) og fra her (peker på batteriets + pol til lyspæren). Strømmen møtes på midten i lyspæren.

F har altså konstruert en forståelse av kolliderende strømmer, slik som også elev I, U og muligens G også har gjort.

4.2.2 Elevenes forståelse for lyspærer satt i en seriekobling

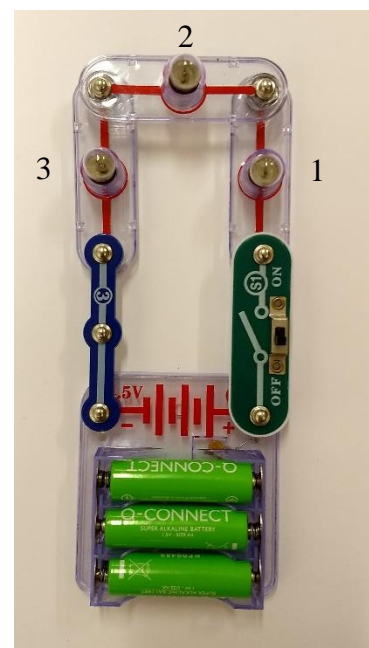
Etter å ha observert at det er nødvendig med en sluttet krets, fikk elevene presentert en krets med seriekoblede lyspærer som illustrert i Figur 17. De ble så spurt om lyspærene kom til å lyse like sterkt eller med forskjellig styrke.

Elev H (7. trinn) forklarer det slik:

H: den første lyspæren (peker på lyspære 1) kommer til å lyse sterkest, så kommer den neste til å lyse svakere (lyspære 2), og den neste enda svakere (lyspære 3), fordi det kommer mindre strøm til den.

Elev H tror at strømmen går fra en av polene for så å konsumeres i kretsen, og at lyspære 2 og 3 derfor får mindre strøm. Elev H har derfor endret sin forståelsesmodell fra den vitenskapelig korrekte modellen, til «mindre strøm i retur» modellen.

I oppgaven om seriekoblingen ble elevene spurt om hvilken krets som vil lyse sterkest, kretsen med tre seriekoblede lyspærer eller kretsen med en lyspære (kretsene bruker den samme spenningskilden, altså er den elektriske spenningen konstant). I tilfellet med elev H ble hun spurt om kretsen med en pære kom til å lyse like sterkt som den lyspære 1 (Figur 17) i seriekoblingen, dette fordi hun mente den kom til å lyse sterkest i det foregående spørsmålet. H (7. trinn) svarer slik:



Figur 17: En seriekobling bestående av tre lyspærer. Lyspæren nærmest bryteren blir omtalt som lyspære 1, den neste lyspære 2, og den neste etter der som lyspære 3.

H: ja, fordi det er den første (peker på lyspæren i seriekoblingen som er nærmest batteriets - pol), og da er det ingenting som har bremsset den, så det kommer like mye strøm til begge to (ref. lyspæren i kretsen med en lyspære og den første lyspæren i seriekoblingen).

Igjen bekrefter elev H sin tro på konsumering av strøm, og viser ingen tegn til kunnskap om begrepet spenning. Det hun derimot viser er en anerkjennelse av begrepet motstand, gjennom sitt utsagn om at noe bremses strømmen. Dette er riktig nok ikke helt riktig, da hun virker å tro at strømmen kommer ut av batteriet med en viss hastighet, for så å bli bremsset ved lyspæren. Likeså viser H at hun anerkjenner eksistensen av elektrisk resistans, og ikke minst strømstyrke, som jo er ladning som passerer et tverrsnitt av en leder per sekund (ampere).

Etter at begge kretsene er testet, og J opplever en kognitiv konflikt når hun ser at kretsen med bare en lyspære lyser sterkere en lyspærene i en seriekobling, blir hun nødt til å danne en ny hypotese:

H: jeg tror det er fordi strømmen... når det er tre bortover... så blir strømmen bremsset, så blir det mindre strøm til en lyspære, fordi det er tre lyspærer. Hver lyspære bremses strømmen litt, og så går den igjennom, så det går like mye strøm i hver lyspære. Fordi strømmen må gå igjennom tre lyspærer lyser den (Figur 17) svakere enn der den bare må gå igjennom én.

M: vil de andre lyspærene lyse om vi skrur ut denne her? (skrur ut lyspære 2)

H: ehh nei, fordi alt henger sammen. Det er jo sånn at på juletreet at om en pære går så lyser virker det ikke lenger.

M: så hva skjer med strømmen? Hvorfor lyser ikke de to andre?

H: strømmen går igjennom pæren, men den bremses ikke.

Elev H har her innsett at strømmen ikke har forskjellig hastighet mellom lyspærene, men den samme, altså at hver lyspære påvirker hastigheten til strømmen i hele kretsen. Hun har gått igjennom en konseptuell endring. H assimilerer eksempelet med kretsen hun har fremfor seg med sine erfaringer med juletrelys (Allen, 2014).

J (5. trinn) blir spurt om hvilken krets som vil lyse sterkest; den med en lyspære eller den med tre seriekoblede lyspærer.

J: jeg tror lyspærene kommer til å lyse like sterkt, men de kommer til å lyse svakere enn den andre (henviser til kretsen med bare en lyspære).

M: hvorfor det?

J: her er det flere lyspærer, og da bruker den mer strøm.

J bruker den informasjonen hun har konstruert til å bedømme at kretsen med en lyspære vil lyse sterkere enn kretsen med tre lyspærer. Hun har kommet frem til flere viktige prinsipper om motstand og strøm uten veiledning.

Elev K (5. trinn) tror lyspæren nærmest bryteren vil lyse, men ikke de andre to lyspærene i den seriekoblede kretsen.

M: hvordan vil disse lyspærene lyse når du skrur på bryteren? Vil den ene lyse sterkere enn den andre, eller vil alle tre lyse likt?

K: Jeg tror den første vil lyse og de andre ikke vil lyse

M skrur på bryteren, alle tre lyspærene lyser like sterkt. M skrur bryteren av igjen.

M: Om jeg skrur ut denne lyspæren, vil da den andre fortsatt lyse? (skrur ut en av lyspærene)

K: Jeg tror den vil lyse.

M skrur på bryteren, ingenting skjer.

Elev K forklarte oppgave 1 med «ingen strøm i retur» modellen, for så å resonere seg frem til behovet for en sluttet krets. K var tydelig på den forrige oppgaven at «*strømmen går ut der (peker på – polen), gjennom lyspæren og inn der (peker på + polen)*», altså at strømmen må gå igjennom hele kretsen og tilbake til strømkilden for at lyspæren skal lyse. Han går bort ifra dette på denne oppgaven, og går tilbake til det som virker som en «ingen strøm i retur» modell, med hans utsagn om at kun den første lyspæren vil lyse i seriekoblingen. Dette er meget interessant og tankevekkende, ved at den kunnskap som det ser ut til at elev K har etablert i oppgave 1, ikke overføres til oppgave 2. Han er altså ikke i stand til å generalisere på dette nivået. Når bryteren blir skrudd på går K igjennom en kognitiv konflikt. Alle lyspærene lyser med lik styrke. I et forsøk på å få ham til å forklare nærmere om hvordan strøm oppfører seg, blir lyspære 2 skrudd ut av sokkelen slik at kretsen i praksis blir brutt. Når ingen av lyspærene lyser forklarer han det slik:

K: det er sikkert fordi strømmen må gå igjennom lyspæren som er skrudd ut for å komme tilbake til batteriet. Strømmen går igjennom bryteren, så igjennom den første lyspæren, men blir så stoppet ved den andre lyspæren. Det må komme strøm inn her (peker på batteriets - pol) for at det skal komme ny ut her (peker på batteriets + pol).

Ut ifra det han har observert går han tilbake til sitt utsagn fra oppgave 1 om behovet for en full krets, altså går han igjen bort ifra «ingen strøm i retur» modellen.

Elev I (7. trinn) er overbevist om at strømmen må komme ut fra både batteriets + og – pol.

I: jeg tror lyspærene vil lyse med forskjellig styrke. Den vil først lyse her da (peker på lyspære 2), fordi den negative og positive vil først møtes her (ref. lyspære 2). Så fortsetter de (viser at strømmen krysser hverandre og fortsetter til de neste lyspærene) ... lyspærene vil ikke lyse før de negative og positive (ref. til strømmen) møtes i dem.

M: så vil de her (lyspære 1 og 2) lyse like etterpå, eller?

I: vi vil ikke se det fordi det går så raskt, det skjer i lysets hastighet. Men ja, det er det som skjer, eller, det er i vært fall det jeg tror.

M: Vil de lyse med forskjellig styrke?

I: Jeg tror alle vil lyse like kraftig ... men strømmen blir det mindre av etter hvert, fordi energi er ikke uendelig.

Elev I holder vedlike sin tro om kolliderende strømmer. Elev I er tydelig på at den positive og negative strømmen må møte hverandre for at lyspæren skal lyse, men at de også vil krysse hverandre og gå videre til de andre lyspærene. Dette er en variant av Shipstone (1984) sin andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen. Når bryteren blir skrudd på får elev I bekreftet sin hypotese, til tross for at den er feil. Hypotesen til elev I bærer preg av at han ikke bruker begrepet spenning. Dette fører til at han uttaler at det blir mindre strøm (istedenfor mindre spenning) etter hvert, fordi energi ikke er uendelig.

Elev I blir så spurt om hvilken krets som vil lyse sterkest, kretsen med en lyspære eller kretsen med tre lyspærer i seriekobling.

I: Tror den (peker på kretsen med en lyspære) vil lyse sterkest ... fordi disse tre batteriene må gi kraft eller strøm til bare en lyspære og ikke noe annet, men disse tre batteriene må gi kraft til tre lyspærer.

M: hva om jeg skrur ut en av pærene i denne (ref. seriekoblingen), vil de andre lyse?

I: Nei, jeg tror ikke det.

Elev U (9. trinn) forklarer seriekoblingen slik:

U: ... der strømmen møtes først, der vil det lyse sterkest (peker på lyspære 2) ... det kommer mer positivt og negativt på den (ref. lyspære 2) enn på de andre (ref. lyspære 1 og 3).

Elev U tror som elev I at strømmen vil nå lyspære 2 først, men i motsetning til elev I tror han strømmen blir svakere etter hvert som den går igjennom kretselementer. Dette er den første av Shipstone (1984) sine versjoner av «kolliderende strømmer» modellen, elev I tror på versjon to.

M: Hva skjer om vi skrur ut en av pærene?

U: De to lyspærene vil ikke lyse når den er skrudd ut (ref. lyspæren som er tatt ut av kretsen)

M: hvilken av kretsene vil lyse sterkest?

U: Det er bare en viss mengde strøm, batteriene går jo tom, så den med tre lyspærer vil lyse svakere enn den med en.

Elev U tror seriekoblingen vil lyse svakere enn kretsen med bare en lyspære.

G (vg1) tror at lyspære 2 vil lyse sterkest, hun forklarer det slik:

G: ... den vil lyse sterkest (peker på den lyspære 2) ... Jeg tenker at den lyser sterkest fordi det er lik avstand fra begge (peker på + og – polene til batteriet)

M: Hvordan går strømmen?

G viser at strømmen går fra negative pol for så å gå gjennom kretsen og til + polen. Dette får henne til å skifte mening om det foregående utsagnet.

G: ånei, da vil den her lyse sterkest (peker på lyspære 3).

M: hvorfor det?

G: fordi strømmen kommer fra den negative polen (peker på batteriets – pol). Den kommer derfor til denne lyspæren først (peker på lyspære 3) som vil få mest strøm.

Elev G beholder gjennom hele sin forklaring en konsumer forståelse, men hun resonerer seg frem til at «kolliderende strømmer» modellen må være feil fordi hun vet at strømmen kommer ut fra batteriets negative pol. Hun går på grunn av denne assimilasjonen igjennom en konseptuell endring, og tror nå på en «mindre strøm i retur» modell.

M: hva om vi skrur ut en av pærene? Vil den andre fortsatt lyse?

G: strømmen starter fra minus, gjør den ikke? For om det er slik vil denne lyspæren lyse (peker på lyspæren i seriekoblingen), eller, eh, jeg vet ikke ... Jeg tror ikke den vil lyse.

Elev F (9. trinn) forklare lysstyrken til de seriekoblede lyspærene slik:

F: de vil ikke lyse med forskjellig styrke. Det blir ikke svakere, det kommer strøm hele tiden fra batteriene, så jeg tror ikke det burde bli svakere.

M: du forklarte på den forrige kretsen at strømmen kommer fra begge sider, hvordan vil strømmen oppføre seg i denne kretsen?

F: strømmen kommer fra begge sider så møtes de på begge sidene av hver lyspære og får dem til å lyse.

M: så strømmen krysser hverandre når de møtes i en av pærene?

F: ja, jeg tror strømmen krysser hverandre og så fortsetter den videre.

Elev F holder fast ved sin «kolliderende strømmer» modell og bekrefter at dette er den andre versjonen til Shipstone (1984) hvor strømmen fordeler seg likt over kretsen og ikke

konsumeres av kretselementene. Når bryteren skrues på i seriekoblingen med lyspærer forklarer F lyspærenes like lysstyrke slik:

F: okei, alle ble like svak (lysstyrke) på en måte. Når strømmen går deler den seg likt utover alle tre (ref. lyspærene).

M: hvorfor lyser kretsen med en lyspære mer enn den med tre lyspærer?

F: fordi det er mindre lyspærer å dele strømmen på, den som er alene får all strømmen, men på den med tre må dele.

F tror slik som elev I at lyspærene vil lyse like sterkt fordi de fordeler strømmen mellom seg. Lyspære 2 blir skrudd ut av sokkelen.

M: vil de to andre lyspærene lyse nå?

F: nei, det tror jeg ikke

M: hvorfor ikke?

F: fordi når strømmen kommer inn i pæren så kommer den ut den andre siden av pæren og går videre. Når denne er skrudd (ref. lyspæren 2) er det ingenting som kan føre strømmen videre. Nå får lyspærene bare strøm fra den ene siden, strømmen må møtes i pæren for at den skal lyse.

Elev F sin forklaring blir igjen bekreftet av eksperimentet, når han ser at lyspærene ikke lyser vil hans hverdagsforståelse av kretsens virkemåte bli forsterket. Shipstone (1984) sin andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen fungerer altså overraskende bra i virkeligheten, og kan derfor bli hverdagsforståelse som er vanskelig å endre på da den er selvbekreftende og vanskelig å motbevise.

4.2.3 Elevenes forståelse for lyspærer satt i en parallellkobling

Elevene ble så presentert for en krets med lyspærer satt i en parallellkobling. Når K ble spurt om hvilken lyststyrke han tror han vil observere, forklarte han det slik:

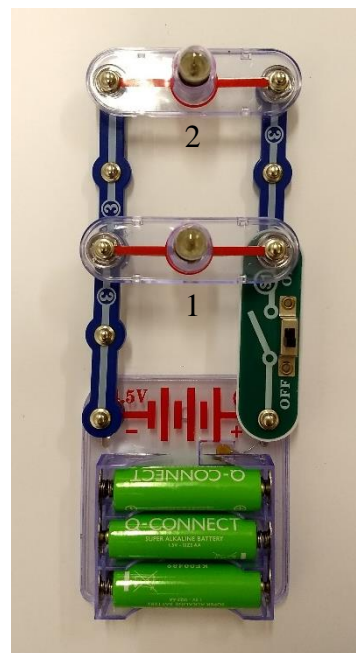
K: jeg tror de vil lyse med lik styrke

M: hvorfor det?

K: strømmen vil dele seg opp der (peker på krysspunktet mellom bryteren, lyspæren og ledningmodulen), så det kommer like mye strøm til hver lyspære.

M: om vi skrur ut den ene pæren, vil da den andre lyspæren lyse?

K: ja jeg tror det, for da vil den gå forbi der pæren er tatt ut og opp og igjennom den andre pæren.



Figur 18: Parallellkobling av to lyspærer.

K (5. trinn) tror på at strømmen vil fordele seg likt, og er med det utsagnet på vei til å etablere en vitenskapelig korrekt forståelse.

K har vært usikker på hvilken modell han skal bruke for å forklare hva som skjer i de forskjellige kretsene. Det at han nå ikke foreslår alternativ til sin forklaring slik han gjorde på de to foregående kretsene tyder på at han blir sikrere på sin forståelse.

Elev J (5. trinn) forklarer det slik:

J: ... de kommer til å lyse like sterkt.

M: kan du vise hvordan strømmen går?

J: den går fra batteriet (peker på + polen) opp hit (peker på krysspunktet mellom lyspærene), så igjennom lyspærene og ned igjen til batteriet (peker på – polen)

Elev J beskriver en lik fordeling av strømmen, og viser dermed en vitenskapelig korrekt forståelse. Med dette har hun gått fra en «ingen strøm i retur» modell på den første oppgaven, «mindre strøm i retur» modell i den andre oppgaven, og nå den vitenskapelige korrekte modellen på den tredje oppgaven. Hennes forståelse endres ofte, som vekker spørsmålet om hvor robust denne kunnskapen er.

M: hva om vi tar bort en av lyspærene?

J: Den vil fortsatt lyse, fordi strømmen kan fortsatt gå opp til lyspæren forbi den som er skrudd ut.

Elev H (7. trinn) forklarer hva som skjer i parallellkoblingen slik:

H: strømmen går dit og dit (peker på begge lyspærene), sånn at det kommer til å lyse like sterkt. Strømmen deler seg, og noe går dit og noe går dit (ref. de to lyspærene), halvparten til den og halvparten til den (ref. lyspærene).

M: hva om vi skrur ut en av dem?

H: den andre vil fortsatt lyse, den har to koblinger, siden halvparten går til hver så vil jo strømmen fortsatt gå til den her (peker på lyspæren som fortsatt står i kretsen).

M: vil det fortsatt gå strøm igjennom her (peker på lyspæremodulen som er tom)

H: nei

Elev H er av den samme oppfatningen som elev J og K, og har dermed en vitenskapelig korrekt forklaring. Hun nevner ingen fagbegreper sett bort ifra «strøm».

Elev I (9. trinn) forklarer parallellkoblingen slik:

I: de vil lyse med forskjellig styrke pga. det kommer strøm hit (lyspære 1) fra begge sidene, så går det opp til denne (lyspære 2) ... denne (lyspære 1) bruker opp strømmen, så går resten til denne (lyspære 2).

Elev I beholder sin «kolliderende strømmer» modell fra forrige oppgave, men i denne kretsen velger han å tro at strømmen konsumeres. Elev I går fra Shipstone (1984) sin andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen (uten konsumering), til versjon en (med konsumering).

Bryteren skrur på, begge lyspærene lyser like sterkt og elev I sin hypotese blir motbevist. Han opplever dermed en kognitiv konflikt. Elev I konstruerer en ny hypotese uten konsumering ut ifra det han observerer, altså etter den vitenskapelige korrekte modellen:

I: åja, okei. Da kommer det like mye strøm til hver av lyspærene.

En av pærene blir skrudd ut, I tror den andre fortsatt kommer til å lyse.

Elev U (9. trinn) assimilerer parallellkoblingen med juletrelys som han har observert før.

U: på den forrige (ref. seriekoblingen) ble det sånn som med julelysene, sånne gamledagse. Jeg husker ikke hva det heter, kjedelys eller noe sånt. Her (ref. parallellkoblingen) blir det sånn som med moderne juletrelys, om du skrur ut den ene så vil den andre fortsatt lyse ... Men de vil ikke lyse med samme styrke, den her vil lyse sterkest (lyspære 1) fordi strømmen når den raskere.

Elev U mener egenskapene til «moderne juletrelys» i parallellkobling er sammenlignbare når det gjelder å skru ut en lyspære. Han tror derimot ikke at lyspærene vil lyse like sterkt i kretsen fremfor ham, til tross for at juletrelysene han refererer til med stor sannsynlighet

lyser like sterkt i alle lyspærene. Han velger altså å assimilere bare deler av kunnskapen sin med de nye observasjonene. U sier at strømmen ikke må gå igjennom lyspære 1 før den går videre til lyspære 2. Fordi strømmen når lyspære 1 først mener han at den vil lyse sterkere. Til tross for at han fikk motbevist konsumerende strøm på den forrige oppgaven, beholder U denne forståelsen når det gjelder parallellkoblingen. Den kognitive konflikten han opplevde i forrige oppgave var altså ikke nok for å skape en konseptuell endring. Dette kan være fordi en av betingelsene til Posner et al. (1982) ikke er oppfylt.

G forklarer parallellkoblingen slik:

G: denne her kommer til å lyse sterkest (peker på lyspæren nærmest batterimodulen), fordi den er nærmere, strømmen må ikke gå så langt.

M: hva skjer om vi skrur ut en av pærene?

G: ingenting vil lyse ... eller... en av dem vil lyse fordi de ikke er i samme krets, om de hadde vært i samme krets ville de ikke lyst.

G refererer sannsynligvis til en seriekobling når hun sier «samme krets». G er enda ikke overbevist om at strøm ikke blir konsumert, til tross for at hun observerte i oppgaven med seriekoblingen at dette ikke stemmer. Altså har heller ikke hun gått igjennom en suksessfull konseptuell endring. Siden hverken elev G eller U har klart å overføre denne kunnskapen virker dette som et vanskelig prinsipp å generalisere til andre kretser. Det faller ikke naturlig at det som skjer med en seriekobling, også skjer med en parallellkobling.

F forklarer parallellkoblingen slik:

F: jeg tror de blir like sterk (ref. lysstyrken), fordi strømmen går opp fra begge sider og opp til lyspærene, de må ikke dele på noe.

M: hva om vi skrur ut en av lyspærene?

F: den andre vil lyse, fordi strømmen går fortsatt opp til lyspæren, det er ikke noe mellomgreie som på en seriekoblet lyspære der koblingen slutter om du skrur ut pæren. Her er det ikke noe sånt.

Elev F holder fast ved sin forståelse om at strømmen går opp fra begge poler og fordeler seg over lyspærene. Altså beskriver han andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen.

4.2.4 Elevenes forståelse for kortslutninger

Elevene ble til slutt presentert for en krets bestående av to brytere. Om begge bryterne er slått på vil en kortslutning oppstå. Alle elevene var sikker på at bryter 1 må være på for at lyspæren skal lyse, men hva som skjedde om begge bryterne var på var det uenigheter om.

J: begge to må skrus på (J viser at strømmen går fra – polen, fordeler seg likt mellom lyspæren og kortslutningen, for så å gå til + polen til batteriet).

J (5. trinn) tror det går like mye strøm mellom lyspæren og kortslutningen. Når bryterne skrus på og hun innser at dette ikke er riktig forklarer hun at strømmen fortsatt deler seg ved kryssningspunktet mellom kortslutningen og lyspæren, men istedenfor å gå igjennom lyspæren, går den forbi.

J: strømmen går forbi her (peker på krysspunktet mellom kortslutningen og lyspæren) og rundt tilbake til batteriet (peker på – polen)

K (5. trinn) sier dette om kretsen:

K: vi må skru på denne bryteren (peker på bryter 1)

M: hva om vi skrur på begge bryterne?

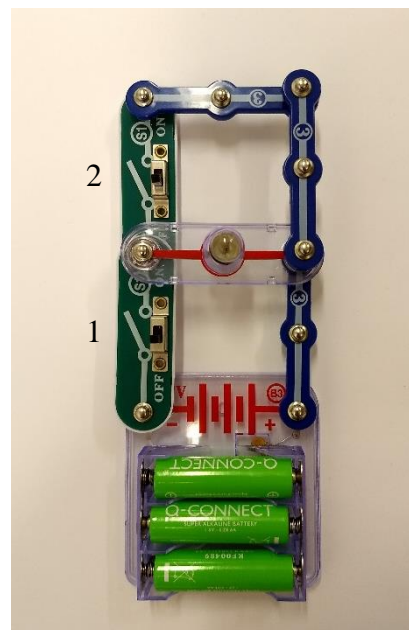
K: da vil strømmen gå igjennom begge to, altså gjennom lyspæren og rundt den.

K tror lyspæren fortsatt vil få strøm og viser dermed at han ikke har forståelse for at strømmen velger den ideelle veien rundt kortslutningen. Når begge bryterne skrus på, resonerer K slik:

M: hvorfor lyser den ikke når begge bryterne er skrudd på?

K: eh, strømmen går her (peker på + polen til batteriet) og så går den i sirkel gjennom ledningene rundt og rundt, men ikke tilbake til batteriet (gestikulerer at strømmen går gjennom lyspæren og rundt kortslutningen om og om igjen).

Det kan virke som at K går helt bort fra tidligere forklaringer og i forsøket på å gi en forklaring for kretsens egenskaper, tyr han til forklaringer som ikke har en indre logikk.



Figur 19: En krets med to brytere. Bryteren nærmest batteripakken blir omtalt som bryter 1, den lengst ifra som bryter 2.

Elev H (7. trinn) tror lyspæren kommer til å lyse svakere, men fortsatt lyse når begge bryterne er på. Både elev G (10. trinn) og F (10. trinn) tror strømmen vil fordele seg likt mellom kortslutningen og lyspæren når begge bryterne er på. Når de ser at dette ikke er tilfellet gir de disse forklaringene:

M: hva skjedde når vi skrudde på begge bryterne?

H: den stoppet (peker på lyspæren), det går ikke strøm igjennom lyspæren eller rundt der (refererer til kortslutningen).

For å vise at det faktisk gikk strøm igjennom kortslutningen ble bryter 2 byttet ut med en lyspære.

H: det går strøm igjennom, men ikke igjennom lyspæren. Det går bare strøm rundt (peker på der kortslutningen var tidligere).

G tror som de andre elevene at bryter 1 må være på for at lyspæren skal lyse.

M: hva om vi skrur på begge bryterne?

G: den vil fortsatt lyse. Strømmen vil gå her og her (peker på lyspæren og på kortslutningen)

Etter at G så at lyspæren slukner når begge bryterne er på, gir hun denne forklaringen:

G: den tok fra den strømmen (ref. kortslutningen), den gikk rundt her (ref. kortslutningen) istedenfor å gå igjennom lyspæren.

I mangelen på begrepet motstand uttrykker elev G at kortslutningen stjeler strømmen fra forgreiningen til lyspæren.

Elev F gir denne forklaringen:

M: hva om vi skrur på begge bryterne?

F: det har ingenting å si, strømmen vil fortsatt gå igjennom lyspæren. Det kan hende at lyspæren lyser litt svakere, fordi det blir tatt opp noe strøm rundt her (ref. kortslutningen).

Begge bryterne skrur på, F resonerer over det han observerer:

F: strømmen går bare rundt og rundt uten at de møtes. Strømmen går forbi hverandre uten å gå igjennom pæren. Jeg har ingen forklaring på hvorfor den ikke går igjennom lyspæren.

Elev I forutsier hvilke brytere som må være på for at lyspæren skal lyse, og hva som skjer om han skrur på begge bryterne, men med en begrunnelse basert på «kolliderende strømmer» modellen.

I: den (bryter 1)... Når ingen er skrudd på kommer bare den negative (ref. strøm) til lyspæren, om vi skrur på bryteren (bryter 1) kommer både den positive og den negative. Om vi skrur på begge vil den positive og den negative bare gå rundt og rundt uten at de går innom lyspæren.

4.2.5 Oppsummering

Intervjuet er først og fremst et verktøy for å samle inn data om elevenes konseptuelle forståelse for enkle elektriske kretser. Ut ifra dataene som er samlet inn vil forskningsspørsmålene «*Hvilke modeller bruker elevene for å løse oppgaver om enkle elektriske kretser?*» og «*Bruker de en modell for å løse en rekke problemer, eller bytter de modell for å løse spesifikke problemer?*» bli besvart. Fordi elevene umiddelbart fikk avkreftet eller bekreftet sine hypoteser om hva som kom til å skje i kretsen, ble intervjuet også en lærings situasjon. Det er derfor interessant å drøfte elevenes forståelse ut ifra et læringsperspektiv. Allen (2014) mener man ikke må undervurdere opplevelsen med å teste om en hypotese holder mål. Gjennom intervjuene avdekkes mange slike situasjoner. Dette skaper en situasjon hvor elevene konstruerer sin egen kunnskap gjennom å lage hypoteser som de tester ut, og dermed får avkreftet eller bekreftet dem. Om de begrunner sine observasjoner med hypoteser som ikke er i tråd med vitenskapelige kilder, skapes misforståelser eller hverdagsforestillinger. Under intervjuet ser vi eksempler på at elever endrer sin forståelse, så vel som situasjoner hvor de forsterker sine hverdagsforestillinger.

4.2.5.1 Elevers forståelsesmodeller

Intervjuet gir som sagt svar på hvilke modeller elevene bruker for å løse oppgaver om enkle elektriske kretser. Elevenes utsagn tyder på at alle Osbornes modeller er i bruk når de skal forklare hvordan de elektriske kretsene fungerer. Hvordan forståelsesmodellenes popularitet endres med alderen står i kapittelet «4.1.6 Oppsummering

4.1.6.1 *På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?*» s. 35. Både elev J og K viser at de tror på en «ingen strøm i retur» modell. Når K skal forklare hva som skjer i den første kretsen i intervjuet som er koblet til bare en av batteriets poler, svarer han slik: *det tapper energi fra batteriet som går til bryteren. Den energien er der helt til jeg skrur på bryteren og den går bort til lyset.* Han finner det altså ikke nødvendig å sette sammen en sluttet krets for at lyspæren skal lyse.

Både elev I, U og F viser at de tror på «kolliderende strømmer» modellen, hvor elev I er innom begge Shipstone (1984) versjoner av modellen, og F bare versjon to. Når F skal forklare hvordan strømmen beveger seg i en sluttet krets med en lyspære, svarer han slik: *det kommer strøm bort hit (fra batteriets – pol til lyspæren) og fra her (peker på batteriets*

+ pol til lyspæren). Strømmen møtes på midten i lyspæren. Shipstones andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen viser seg å være vanskelig å endre på, da ingen av forsøkene motbeviser denne hypotesen. Se mer om dette i kapittelet «4.2.5.2 Elevers endring av forståelsesmodeller », s. 56.

Elev J, K, H og G viser alle tro på «mindre strøm i retur» modellen. Elev G forklarer hvordan strømmen vil gå i den seriekoblede kretsen slik: «... strømmen kommer fra den negative polen (peker på batteriets – pol). Den kommer derfor til denne lyspæren først (peker på lyspære 3) som vil få mest strøm». Her viser hun en tydelig tro på at strømmen går ut fra en av polene, for så å bli delvis konsumert i den første lyspæren den møter.

Elev J, K, H og G viser at de i visse situasjoner tror på den vitenskapelige korrekte modellen. Elev J forklarer hvordan lyspærene kommer til å lyse i parallellkoblingen slik:

«J: ... de kommer til å lyse like sterkt. M: kan du vise hvordan strømmen går?
J: den går fra batteriet (peker på + polen) opp hit (peker på krysspunktet mellom lyspærene), så igjennom lyspærene og ned igjen til batteriet (peker på – polen)»

Elev J er altså tydelig på at strømmen går ut fra en pol, for så å fordele seg likt mellom lyspærene.

4.2.5.2 Elevers endring av forståelsesmodeller

Intervjuets data viser om elevene: «Bruker én modell for å løse en rekke problemer, eller bytter modell ettersom hvilken oppgave de får». Alle elevene bytter forklaringsmodeller under intervjuene, sett bort ifra elev F som gjennom hele intervjuet tror på Shipstone (1984) sin andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen (mer om dette i kapittelet «Ingen av hans observasjoner motbeviser hverdagsforståelsen.

4.2.5.3 Elevenes konseptuelle endring», s. 57). Spesielt elevene fra 5. trinn har en tendens til å endre ofte, hvor både elev K og J endrer modell ved tre anledninger. Pintrich et al. (1993) mener at prosessen med å lære er avhengig av hvor integrert elevens kunnskap er. Om hun eller han vet lite om emnet vil sannsynligvis ny informasjon kombineres lettere med de allerede eksisterende ideene (prosessen kalt assimilasjon). Fordi elev K og J sannsynligvis har svært lite erfaring med elektriske kretser har de lettere for å assimilere nye sanseinntrykk. Dette fører også til at de har svært lite i sin kognitive økologi til å tyde og forstå ny, og potensielt motstridende informasjon. Dermed vil elever lettere endre mening med en gang

de tolker ny informasjon, fordi de ikke har et rammeverk å analysere denne nye informasjonen fra. Deres kritiske evne er derfor redusert i forhold til en som har mye erfaringer om elektriske kretser, og dermed vil kunne gjenkjenne like egenskaper hos forskjellige kretser. De med mye kunnskap om elektriske kretser, og som ved flere anledninger har fått bekreftet sin forståelse, vil i større grad beholde modellen de tror på.

Elev I, U, H og G endret modell to ganger. Elev F beholder sin forklaringsmodell under hele intervjuet. Elev F tror på en «kolliderende strømmer» modell, nærmere bestemt Shipstones (1984) første versjon av modellen. Elev F har aldri noen grunn til å endre modell fordi det han observerer under intervjuet ikke skaper en kognitiv konflikt. Ingen av hans observasjoner motbeviser hverdagsforståelsen.

4.2.5.3 Elevenes konseptuelle endring

Det er flere tilfeller under intervjuet hvor elevene opplevde kognitive konflikter ved at deres hypoteser ble avkreftet. Det var også flere elever som ikke endret sin forståelsesmodell, til tross for at deres forståelsesmodell ble motbevist. Dette opplevde også elev K ved det første spørsmålet i intervjuet, hvor han tror lyspæren vil lyse i en brutt krets (Figur 16, s. 39). Når bryteren ble skrudd på og ingenting skjer, fikk K tid til å reflektere over hva han nettopp har observert, samt tid til å utforske og forandre på kretsen. Tilsynelatende gjennomgår elev K sin forståelse en konseptuell endring, fra en tro på «ingen strøm i retur» modellen til den vitenskapelige korrekte modellen. Dette ved at han innser at kretsen må være i kontakt med begge polene for at lyspæren skal lyse. Elev K uttalte ved den første kretsen at «*strømmen går ut der (peker på – polen), gjennom lyspæren og inn der (peker på + polen)*». K viser en forståelse for at strømmen må gå igjennom hele kretsen. Det kom derfor som en liten overraskelse når K blir presentert for den seriekoblede kretsen for så å påstå at kun lyspære 1 vil lyse. Elev K går altså tilbake til «ingen strøm i retur» modellen, til tross for at han ved den forrige oppgaven viste at han forsto hvordan strømmen ville bevege seg i en krets.

Så hvorfor har ikke K beholdt forståelsen han akkurat har bevist han har? I kapitlet «4.2.5.2 Elevers endring av forståelsesmodeller» drøftes endring av modeller ut ifra Pintrich et al. (1993) teorier. Posner et al. (1982) går dypere inn på hva som skal til for en vellykket konseptuell endring, hvor han nevner fire betingelser som må være til stede for endring av forståelse. Posners et al. sin første betingelse er at eksisterende begreper må oppfattes som

utilstrekkelige. Gjennom å observere at lyspæren ikke lyser når bryteren skrur på, vil sannsynligvis elev K oppleve en kognitiv konflikt ved at hans hverdagsforståelse blir motbevist. Det er alltid en mulighet for at K ikke finner det han observerer som tilstrekkelig for å forkaste sin forståelse. Et eksempel på dette er med barnet som ikke har evnen til reversibel tenkning. I et eksperiment tømmer en forsker vann fra et bredt glass til et smalt glass. Barnet blir spurt om hvilket glass som inneholder mest vann, og svarer det smale, fordi vannstanden er høyere i dette glasset. Selv når barna ser at vannet blir tømt over fra det brede til det smale glasset svarer det det samme (Sjøberg, 2014). Nå beskriver elev K tydelig at strømmen må gå ut fra den ene polen, igjennom lyspæren og inn i den andre polen etter at han ser at lyspæren ikke vil lyse når kretsen er brutt. Altså er sannsynligheten stor for at han både forstår at hans første hypotese er feil, og at en ny hypotese må til for å forklare fenomenet.

Den andre betingelsen er at det nye begrepet må være forståelig. Elev K sin forklaring er veldig kort. Her er det fortsatt mange detaljer som mangler for å forstå elektrisitetens egenskaper, som kan gjøre at han setter spørsmål ved sin egen argumentasjon.

Den tredje betingelsen er at det nye begrepet må være plausibelt. Igjennom intervjuet ble ikke K informert om alternative modeller, altså måtte han resonere seg frem til disse selv. Selv om K satte sammen en krets som fungerte, og ga et forslag til hvorfor den fungerte (som var korrekt), er det ikke sikkert han selv følte at denne forståelsesmodell var troverdig. Han fikk ingen bekreftelser fra intervjueren om at hans hypotese var riktig, den eneste informasjonen han fikk kom fra lyspærene i kretsen. Det er derfor usikkert om K mener at dette nye begrepet er plausibelt.

Den fjerde og siste betingelsen er at det nye begrepet må vise seg fruktbart ved å gi muligheten til å forstå nye problemstillinger, og slik gi ny kunnskap. Om K hadde brukt samme argumentasjon på den seriekoblede kretsen som ved den første kretsen ville han sett at hans nye forståelse også gjelder ved forskjellige kretser. Dette gjorde han også etter hvert, men ikke før han hadde et tilbakefall til «ingen strøm i retur» modellen. Denne usikkerheten kan tyde på at K ikke ser på det nye begrepet som fruktbart. K viser altså svakheter ved de to siste faktorene i prosessen med konseptuelle endring. Det at hans forståelsesmodell ikke går igjennom en fullverdig konseptuell endring kan være årsaken til elev K sine multiple endringer av forklaringsmodeller.

K sin prosess med å endre sin forståelse er her analysert ved hjelp av Posners betingelser for konseptuell endring. Denne analyseprosessen er for så vidt ganske enkel, faktorene kan ofte vise seg som sikker eller ikke sikker. Posners et al. sin teori om konseptuell økologi gjør i midlertidig denne analysen langt mer uforutsigbar og komplisert, da dette tar for seg all kunnskap som elevene noen gang har konstruert og etablert i sinnet. Etterfølgende av ny lærdom kan bli svært komplisert, fordi den nye informasjonen man assimilerer eller akkomoderer kan påvirke synet på kunnskap som man allerede har. Etterfølgende kan derfor bli veldig vanskelig å analysere.

Samtidig som elev K gikk igjennom mange endringer, var det en elev som ikke gikk bort fra sin forståelsesmodell, nemlig elev F. Elev F beholdt igjennom hele intervjuet en tro på Shipstone (1984) sin andre versjon av «kolliderende strømmer» modellen. Dette var rett og slett fordi elev F aldri opplevde en kognitiv konflikt. Ingen av oppgavene motbeviste hans hypoteser, men forsterket heller hans hverdagsforståelser ved å «bekrefte» at de var sanne. Det er i slike situasjoner hverdagsforståelser setter seg dypt, og som konsekvens blir veldig utfordrende å endre på. Som Ausubel, Novak og Hanesian sier: "*preconceptions are amazingly tenacious and resistant to extinction. The unlearning of preconceptions might prove to be the most determinative single factor in the acquisition and retention of subject-matter knowledge*" (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1968, s. 372, referert i Driver, 1983).

4.2.5.4 Elevenes forståelse grunnleggende elektriske prinsipper

Alle elevene sett bort ifra elev J sier at lyspæren ikke vil lyse i en seriekobling når den ene lyspæren er skrudd ut. Elev G resonerer seg frem til at lyspærene ikke vil lyse slik: *G: strømmen starter fra minus, gjør den ikke? For om det er slik vil denne lyspæren lyse (peker på lyspæren i seriekoblingen), eller, eh, jeg vet ikke... Jeg tror ikke den vil lyse.* Elev J tror all strømmen går til den første lyspæren i kretsen, og dermed tror på en «ingen strøm i retur» modell når hun blir spurt.

Alle elevene tror lyspæren fortsatt vil lyse i parallellkoblingen når en av lyspærene blir fjernet. Elev F forklarer hvorfor: *den andre vil lyse, fordi strømmen går fortsatt opp til lyspæren, det er ikke noe mellomgreie som på en seriekoblet lyspære der koblingen slutter om du skrur ut pæren. Her er det ikke noe sånt.*

Elevene ble utfordret til å forutsi hva som skjer i en krets bestående av to brytere. Om bryter 1 skrur på vil en lyspære lyse, om begge bryterne er på vil en kortslutning oppstå (Figur 19). Alle elevene svarer at bryter 1 må være på for at lyspæren skal lyse, men hva som skjer når begge bryterne er på var det uenigheter om. Før begge bryterne blir skrudd på tror elev H og F at lyspæren fortsatt vil lyse, men svakere. Elev J, K og G tror strømmen fordeler seg likt over forgreiningene, altså tilnærmet likt svar som H og F. Elev I er den eneste som forutsier at lyspæren kommer til å slukne, men han forklarer det ut ifra en «kolliderende strømmer» modell. Etter at elevene får observere hva som faktisk skjer når begge bryterne er på kommer J, G og F frem til at all strømmen går igjennom kortslutningen istedenfor gjennom lyspæren. K argumenterer for at strømmen går rundt og rundt kretsen uten å gå tilbake til batteriet. H mener at det ikke går strøm igjennom kretsen lenger. For å motbevise dette settes en lyspæremodul i kortslutningen. Hun kommer da frem til at all strømmen går igjennom kortslutningen.

4.2.5.5 Elevenes bruk av fagbegreper

Igjennom intervjuet ble som sagt ingen fagbegreper introdusert av andre enn elevene. Svært få fagbegrepet blir brukt under intervjuene. De få begrepene som ble brukt blir presentert i dette kapittelet.

Begrepet spenning blir aldri nevnt av noen av elevene. Elev I kommer nærmest ved forklare noe som virker som ladningspotensialet mellom to poler: «... om vi kobler til den (lyspæren) her (batteriets – pol) vil de positive og negative tiltrekke hverandre». Fordi elev I viser seg å tro på «kolliderende strømmer» modellen er det sannsynlig at han her mener den negative og positive polen på batteriet.

Begrepet motstand blir nevnt noen flere ganger. Elev I nevner i en bisetning at «i en ledning er det kobber eller noe, som gjør at strøm beveger seg lettere». Elev I bruker ikke begrepet motstand eller noe som ligner senere i sine forklaringer. Elev H bruker en forståelse av begrepet motstand to ganger i sine forklaringer: H: ja, fordi det er den første (peker på lyspæren i seriekoblingen som er nærmest batteriets - pol), og da er det ingenting som har bremsset den, så det kommer like mye strøm til begge to (ref. lyspæren i kretsen med en lyspære og den første lyspæren i seriekoblingen). Elev H anerkjenner at det er noe som bremsrer strømmen, til tross for at forståelsen hennes ikke er helt korrekt. Elev H gjentar argumentene for «bremsing av strømmen» en gang til ved en senere uttalelse. Man kan også argumentere for at elev H er klar over begrepet strømstyrke, i den forstand at hun snakker om hastigheten til strømmen. Strømstyrke er antall ladninger som passerer et tverrsnitt av en leder per sekund (ampere).

Sett bort ifra begrepet strøm, nevnes altså andre elektrisitetsrelaterte begreper fem ganger, med dette telles elev H sine uttalelser om motstand to ganger da han også kan omtale strømstyrke. Av syv elever som til sammen har forklart elektrisitetens egenskaper i fire forskjellige kretser er dette overraskende lite (spesielt med tanke på at vg1 elevene ikke nevner noen av disse, når det er disse elevene som har hatt mest undervisning om elektrisitet).

M: hva skjedde når vi skrudde på begge bryterne?

H: den stoppet (peker på lyspæren), det går ikke strøm igjennom lyspæren eller rundt der (refererer til kortslutningen).

For å vise at det faktisk gikk strøm igjennom kortslutningen ble bryter 2 byttet ut med en lyspære.

H: det går strøm igjennom, men ikke igjennom lyspæren. Det går bare strøm rundt (peker på der kortslutningen var tidligere).

5. Konklusjon

Bakgrunn for valg av forskningsprosjekt og problemstilling var nysgjerrigheten på hvorfor elever så ofte har hverdagsforestillinger og misforståelser angående elektrisitet. Man skulle tro at et slikt tema vekker interesse når de fleste omgir seg elektrisitet døgnet rundt. Jeg underviste selv et ungdomstrinn året før denne oppgaven ble skrevet, og opplevde at elevene fant temaet forvirrende og utfordrende. Forskningsprosjektet har derfor som mål å gi et innblikk i elevenes forståelse for temaet elektrisitet.

Utgangspunktet for masteroppgaven er følgende problemstilling:

Problemstilling: *Hvilken forståelse har elever for enkle elektriske kretser med en likestrømkilde, og hvordan utvikles denne med alderen?*

Resultatene fra undersøkelsen har blitt diskutert på bakgrunn av de kvalitative og kvantitative metodene med utgangspunkt i forskningsspørsmålene, dette for å gi en bred beskrivelse av elevenes forståelse. Målet var å kunne si noe om elevenes generelle forståelse og hvordan denne endres med alderen. Utgangspunktet for studien var at lærere som driver med elektrisitetsundervisning kan kjenne seg igjen i mine resultater og beskrivelser. Studien bærer derfor preg av en naturalistisk generalisering.

Påfølgende er en utgreiing om konklusjonene.

Hvilke modeller bruker elevene for å løse oppgaver om enkle elektriske kretser?

Elevenes utsagn i intervjuet viser at alle Osbornes modeller blir brukt for å forklare elektriske kretser. Dette tilsvarer «ingen strøm i retur», «mindre strøm i retur», «kolliderende strømmer» og den vitenskapelige korrekte modellen. To versjoner av «kolliderende strømmer» modellen ble funnet.

«Ingen strøm i retur» modellen er troen på at strømmen forlater strømkilden for så å bli brukt opp i kretselementene (for eksempel i en lyspære). Ingen strøm returnerer altså til strømkilden. I valget mellom «ingen strøm i retur» og den vitenskapelige korrekte modellen velger 25,2% av hele utvalget «ingen strøm i retur» modellen.

«Mindre strøm i retur» modellen er troen på at kretselementene bruker opp noe av strømmen. Den resterende strømmen returnerer til strømkilden. I valget mellom «mindre strøm i retur»,

«kolliderende strømmer» og den vitenskapelig korrekte modellen velger 38,4 % av hele utvalget «mindre strøm i retur» modellen.

«Kolliderende strømmer» modellen er troen på at det går strøm ut fra hver av polene til batteriet. Kretselementene vil fungere når strømmene møtes i elementene. I valget mellom «mindre strøm i retur», «kolliderende strømmer» og den vitenskapelig korrekte modellen velger 25,4 % av hele utvalget «kolliderende strømmer» modellen. To versjoner finnes av denne modellen, en hvor strøm konsumeres, og en hvor strømmen er lik over hele kretsen.

I valget mellom «mindre strøm i retur», «kolliderende strømmer» og den vitenskapelige korrekte modellen velger 36,2 % av hele utvalget den vitenskapelige korrekte modellen.

Bruker elevene én modell for å løse en rekke problemer, eller bytter de modell ettersom hvilken oppgave de får?

Alle elevene bytter forståelsesmodell i løpet av intervjuet, bort sett fra en av elevene. Denne eleven trodde på en «kolliderende strømmer» modell uten konsumering av strøm. Under intervjuet ble han aldri motbevist. Hver gang denne forståelsesmodellen ble brukt som forklaring på et fenomen og test med oppkoblingen, gikk det som eleven forutså. Elevens forståelse gikk derfor aldri igjennom en konseptuell endring. «Kolliderende strømmer» modellen uten troen på strøm som konsumeres viser seg som en hverdagsforestilling som er vanskelig å motbevise.

De andre modellene ble rett som det var motbevist når elevene undersøker hypotesene med kretskoblingene. Elevene som tror på disse modellene vil derfor oppleve kognitive konflikter i forsøk med kretser, og blir derfor nødt til å revurdere sin egen forståelse. Det å oppfatte eksisterende begreper som utilstrekkelig er bare en av fire betingelser Posner et al. (1982) foreslår som grunnlag for en konseptuell endring av elevenes forståelsesmodeller. Dette kan være en av årsakene til at elevene bruker forståelsesmodeller som allerede har blitt motbevist som riktig forståelse. En annen grunn kan være utfordringen med å generalisere sine kunnskaper over til andre oppgaver.

På hvilken måte endres elevenes forståelse av elektrisitetslære etter som de blir eldre?

Ettersom elevene blir eldre øker deres forståelse for hva som skjer i elektriske kretser. Bare 3-9% av elevene fra 9. trinn og vg1 tror på «ingen strøm i retur» modellen, som er en kraftig

nedgang fra av de 41-45% av elevene på barneskolen som tror på denne modellen. I valget mellom «mindre strøm i retur», «kolliderende strømmer» og den vitenskapelig korrekte modellen, er det 54% av 5. trinn som velger å tro på «mindre strøm i retur» modellen. Mens 30-35% av elevene på 7. trinn, 9. trinn og vg1 tror på denne modellen. Dette er noe overraskende, da elevene enten har hatt, eller skal ha elektrisitetsundervisningen i 7. trinn og 10. trinn. Undervisningen vg1 hadde i 10. trinn og 7. trinn, og undervisningen 9. trinn hadde i 7. trinn har derfor bare overbevist 5% av elevene til å forlate «mindre strøm i retur» modellen.

31-35 % av 5.-7. trinn tror på «kolliderende strømmer» modellen. 15-20% av 9. trinn og vg1 tror på den samme modellen, altså er det en liten nedgang mellom barneskolen og de eldre trinnene.

15-30% av 5. og 7. trinn tror på den vitenskapelig korrekte modellen. 45-55% av elevene på 9. trinn og vg1 tror på denne modellen, altså er det flere og flere elever som går over til den vitenskapelig korrekte modellen ettersom de blir eldre.

Læringskurven fra 7. trinn til vg1 er svært lav når det gjelder forståelse for egenskapene til seriekoblinger, parallellkoblinger og kortslutninger, med en læringskurve fra 0-5% mellom trinnene. Etter endt videregående utdanning har godt over halvparten av elevene fortsatt omfattende hverdagsforestillinger. Dette er en urovekkende stor andel. Sett sammen med læringskurven på bakgrunn av elevenes forståelse av seriekoblinger, parallellkoblinger og kortslutninger viser det at kunnskapen om elektriske kretser er lav, og at undervisningen på 7. trinn og 10. trinn derfor er mangelfull.

Studien kan oppsummeres på følgende måte:

- Elevene bruker modellene «ingen strøm i retur», «kolliderende strømmer», mindre strøm i retur» og den vitenskapelige korrekte modellen. Elevene som bruker «kolliderende strømmer» modellen kan deles inn i to grupper, de som tror på at strøm konsumeres, og de som ikke tror på det.
- Elevene holder seg ikke alltid konsekvent til en modell, men bytter ettersom de møter nye utfordringer.
- Ettersom elevene blir eldre går de så å si helt bort ifra «ingen strøm i retur» modellen. Andelen som anvender «mindre strøm i retur» modellen er omtrent uforandret etter 7. trinn. Bruken av «kolliderende strømmer» modellen halveres fra 7. trinn til 9. trinn, for så å flate ut. Den vitenskapelige korrekte modellen blir brukt tre ganger mer i 9. trinn enn i 5. trinn.
- Etter endt videregående utdanning har godt over halvparten av elevene fortsatt omfattende hverdagsforestillinger.

Videre forskning

Proessen med intervjuet ga flere inntrykk. For det første var verdien i å la elevene få danne hypoteser som måtte begrunnes, for så å teste ut hypotesene og forklare hva som skjer i kretsen i etterkant, enorm. Ikke bare ga dette elevene sjansen til å styre sin egen konstruksjon av kunnskap, det ga elevene en læringsarena som ikke krever forkunnskaper eller teoribøker. Ikke minst får læreren et innblikk i hvordan elevene tenker, et innblikk jeg sjeldent har fått før. Bruken av byggesettet som Bojana Gajic har satt sammen med komponenter fra snap-circuits fungerte utmerket, og jeg må si at det virket for meg som et mye mer intuitivt og ryddig byggesett sett opp imot de tradisjonelle ledningene og banankoblingene man vanligvis finner i et naturfaglaboratorium. Denne opplevelsrike læringsprosessen hadde dermed vært svært interessant å videreutvikle som et undervisningsopplegg, for så å undersøke læringsutbyttet.

6. Litteraturliste

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science*: McGraw-Hill Education (UK).
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E., Kolstø, S., Persson, J. & Renstrøm, R. (2011). Fysikkdidaktikk. *Physics education*]. *Kristiansand: Høyskoleforlaget*.
- Arnold, M. & Millar, R. (1987). Being constructive: An alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, 9(5), 553-563.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view. *American Educational Research Journal*, 287-290.
- Christoffersen, L. & Johannessen, A. (2012). *Forskningsmetode for lærerutdanningene*. Oslo: Abstrakt Forlag.
- Dalen, M. (2011). *Intervju som forskningsmetode*: Universitetsforlaget.
- Danielsen, A.G. (2012). Hva henger sammen med skoletrivselen til norske ungdomsskoleelever? *Nordic Studies in Education*, 32(02), 115-125.
- Driver, R., Rushworth, P., Squires, A. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*: Routledge.
- Elenco Electronics, I. (2018). Snap Circuits. Hentet 19.03.2018, fra <https://www.elenco.com/brand/snap-circuits/>
- Evans, J. (1978). Teaching electricity with batteries and bulbs. *The Physics Teacher*, 16(1), 15-22.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American journal of Physics*, 64, 1316-1325.

- Hatano, G. & Inagaki, K. (1984). Two courses of expertise. *Child development and education in Japan*, 6, 27-36.
- Johannessen, A., Tufte, P.A. & Christoffersen, L. (2015). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Joshua, S. & Dupin, J. (1987). Taking into account student conceptions in instructional strategy: An example in physics. *Cognition and Instruction*, 4(2), 117-135.
- Lin, J.-W., Yen, M.-H., Liang, J.-C., Chiu, M.-H. & Guo, C.-J. (2016). Examining the factors that influence students' science learning processes and their learning outcomes: 30 years of conceptual change research. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 12(9), 2617-2646.
- Maloney, D.P., O'Kuma, T.L., Hieggelke, C.J. & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23.
- Monk, M. (1990). A Genetic Epistemological Analysis of Data on Children's Ideas about DC Electrical Circuits. *Research in Science & Technological Education*, 8(2), 133-143. doi:10.1080/0263514900080205
- Nilsen, T., Bergem, O.K. & Kaarstein, H. (2016). *Vi kan lykkes i realfag - Resultater og analyser fra TIMSS 2015*. Oslo: Universitetsforlaget Hentet fra <https://www.idunn.no/file/pdf/66911876/vi-kan-lykkes-i-realfag.pdf>.
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73-82.
- Piaget, J. (1970). *Psykologi og pædagogik* (K. Kielgast, overs.). København: Hans Reitzel.
- Piaget, J. (1973). *Intelligensens Psykologi* (9 utg.). København: Aalborg Stiftsbogtrykkeri.
- Piaget, J. (2013). *Success and understanding*. London og New York: Routledge.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W. & Boyle, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational research*, 63(2), 167-199.

- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Postholm, M.B. (2010). *Kvalitativ metode: en innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Ringnes, V. (2000). *Elevers kjemiforståelse og læringsvansker knyttet til kjemibegreper* (3 utg.): Universitetet i Oslo, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, Kjemisk institutt.
- Shipstone, D. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European journal of science education*, 6(2), 185-198.
- Shipstone, D. (1985). Electricity in Simple Circuits. I R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (red.), *Children's ideas in science* (s. 33-51). Philadelphia: Open University Press.
- Sjøberg, S. (1998). Jean Piaget: Forstått og misforstått? Brukt og misbrukt? *Nordisk Pedagogik*, 2, 108-117.
- Sjøberg, S. (2014). *Naturfag som allmenndannelse : en kritisk fagdidaktikk* (3. utg. Vol. 3). Oslo: Gyldendal akademiske forlag.
- Skaalvik, E.M. & Skaalvik, S. (2013). *Skolen som læringsarena: selvoppfatning, motivasjon og læring*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Skemp, R.R. (1978). Relational understanding and instrumental understanding. *The Arithmetic Teacher*, 26(3), 9-15.
- Tallant, D. (1993). *A review of misconceptions of electricity and electrical circuits*. Innlegg holdt ved Proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Ithaca, New York.
- Tjora, A. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Treagust, D.F. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.

Utdanningsdirektoratet. (2018). *Læreplan i naturfag (NAT1-03)*. Hentet fra <https://www.udir.no/kl06/NAT1-03/Hele/Kompetansemaal/kompetansemal-etter-10.-arstrinn>.

7. Vedlegg

Vedlegg 1 – Fagprøve

Vedlegg 2 – Intervjuguide

Vedlegg 3 – Samtykkeerklæring

Vedlegg 4 – Resultater fra fagprøven

Vedlegg 5 – Transkribering av intervju

Vedlegg 1 – Fagprøve

Elevnummer: _____

Symbolforklaring:



Lyspære



Batteri



Strømledning



Strømbryter

Oppgave 1

Tegn hvordan du vil koble lyspæren til batteriet for å få den til å lyse.



Oppgave 2

Beskriv det som skjer med elektrisiteten i oppgave 1. Skriv her:

Oppgave 3

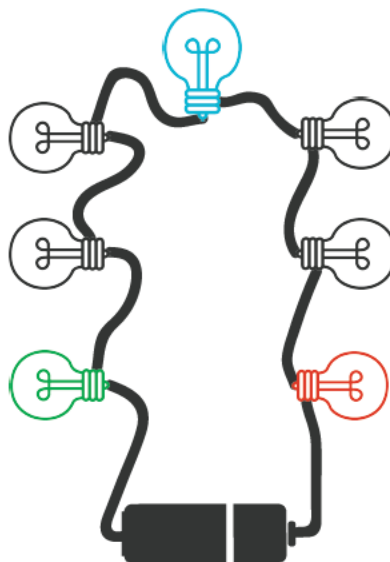
Hvilken lyspære vil lyse sterkest?
Sett ring rundt svaret.

A: Den røde

B: Den blå

C: Den grønne

D: Alle vil lyse like sterkt



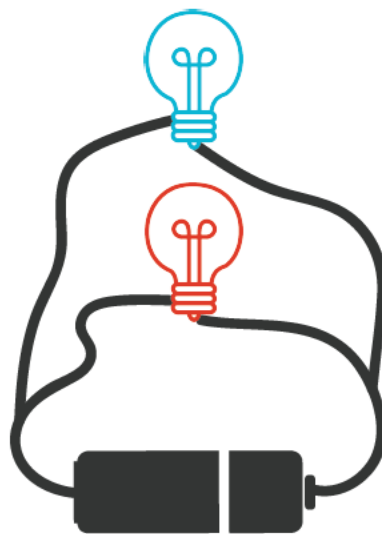
Oppgave 4

Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

A: Den blå

B: Den røde

C: De vil lyse like sterkt



Oppgave 5

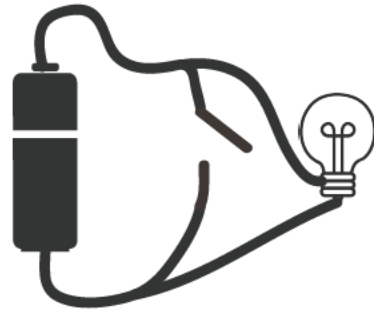
Når vil lampen lyse?

A: Figur 1

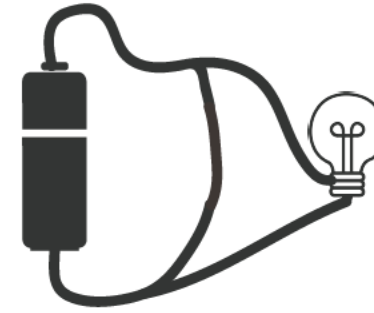
B: Figur 2

C: Både figur 1 og 2 vil lyse

1



2



Oppgave 6

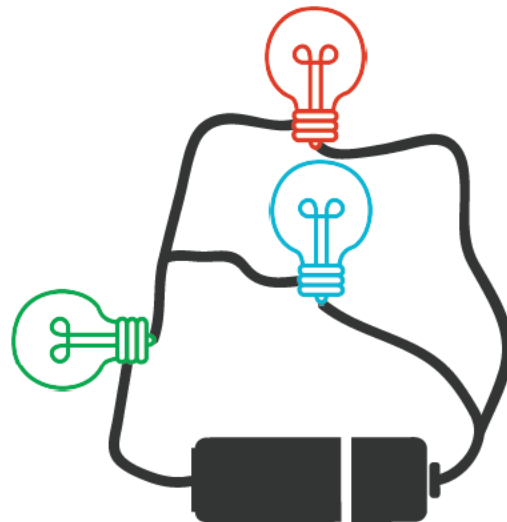
Hvilken lyspære vil lyse sterkest?

A: Den blå

B: Den røde

C: Den grønne

D: Den grønne vil lyse svakere enn den blå og den røde



Vedlegg 2 – Intervjuguide

Spørsmål 1: Vil lyspæren lyse i denne kretsen? (Figur 16, s.39)

Oppfølgingsspørsmål: Hva kan du gjøre for at lyspæren skal lyse?

Oppfølgingsspørsmål 2: Hvorfor lyser lyspæren nå?

Spørsmål 2: Vil en av lyspærene lyse sterkere enn de andre i denne kretsen, eller vil de lyse like sterkt? (Figur 17, s. 43)

Oppfølgingsspørsmål: Hva skjer om jeg skruer ut en av lyspærene? Vil de andre lyspærene fortsatt lyse?

Spørsmål 3: Vil en av lyspærene lyse sterkere enn de andre i denne kretsen, eller vil de lyse like sterkt?

Oppfølgingsspørsmål: Hva skjer om jeg skruer ut en av lyspærene? Vil de andre lyspærene fortsatt lyse?

Spørsmål 4: Hvilke av bryterne må du skru på for at lyspæren skal lyse?

Oppfølgingsspørsmål: Hva skjer om begge bryterne skruses på?

Informasjonsskriv til elever og foresatte

Jeg er student ved NTNU og skal dette året skrive masteroppgave i naturfagdidaktikk. Masterprosjektet er en undersøkelse som skal se på ungdomskoleelevers forståelse for de elektriske kretser. Problemstillingen som skal undersøkes er som følger:

Hvilken forståelse har elever for enkle elektriske kretser med en likestrømkilde, og hvordan utvikles denne med alderen?

For å besvare problemstillingen ønsker jeg å gjennomføre en skriftlig test i klassen og gjennomføre intervju med ca. 8 elever. I den forbindelse lurer jeg på om din/deres elev har mulighet til å delta i studien? Intervjuene vil bli gjennomført i skoletiden, og vil ta ca. 30-45 minutter. Både elever og skole vil bli anonymisert i oppgaven, men jeg ber om at kjønn og alder kan publiseres i oppgaven, med forbehold om at ingen personer kan identifiseres ved disse opplysningene. Det er frivillig å delta, og man kan når som helst trekke seg fra studien.

For å få så godt dokumenterte data som mulig, kan videoopptak være tjenelig. Derfor ber jeg om tillatelse til å gjøre opptak av intervjuene. Forutsetningen er at alt datamateriale blir behandlet med respekt og anonymisert, og at prosjektet ellers følger gjeldende retningslinjer for etikk og personvern. Opptakene vil kun bli sett av meg.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 25. mai 2017, og alle videoopptak blir slettet senest denne datoen. I utgangspunktet slettes videoopptak etter at transkripsjonen er gjennomført, altså etter noen dager.

Håper du/dere vil delta i denne undersøkelsen!

Med vennlig hilsen

E-post:

Telefon:

Veileder:

E-post:

Telefon:

Samtykke til deltakelse i studien (kryss av det som passer):

- Jeg/vi har mottatt informasjon om studien og ønsker IKKE at vår elev skal delta i studien.
- Jeg/vi har mottatt informasjon om studien og gir tillatelse til at vår elev deltar i studien.

Navn på elev:

Dato/underskrift foresatte:

Vedlegg 4 – Resultater fra fagprøven

Svaralternativ A: 1, Svaralternativ B: 2, Svaralternativ C: 3, Svaralternativ D: 4

Kjønn: Gutt = 1 Jente = 2

Alternativ id	Kjønn	År	Oppgave 1	Oppgave 3	Oppgave 4	Oppgave 5	Oppgave 6
1	0	2001	3	2	1	2	4
2	0	2001	2	2	2	1	1
3	1	2001	2	4	2	3	2
4	0	2001	2	2	2	1	3
5	0	2001	2	1	3	2	4
6	1	2001	2	4	2	3	4
7	0	2001		4	2	3	3
8	1	2001	3	1	3	3	3
9	0	2001	2	3	2	3	3
10	0	2001	2	2	3	2	4
11	1	2001	3	4	2	2	4
12	1	2001	3	3	2	3	4
13	1	1998	3	1	3	3	4
14	0	2001	2	2	3	3	4
15	0	2001	2	1	3	3	4
16	0	2001	2	4	3	3	4
17	0	2001	2	4	3	3	3
18	0	2001	2	4	3	2	2
19	0	2001	3	4	2	2	4
20	1	2001	1	4	3	3	4
21	0	2001	2	4	1	3	4
22	0	2001	2	3	2	3	4
23	0	2001	2	1	3	2	4
24	0	2001	2	2	3	3	3
25	0	2001	3	4	2	1	3
26	1	201	2	3	1	2	4
27	1	2001	2	2	3	3	4
28	1	2001	3	3	3	1	3
29	0	2001	3	1	3	1	4
1	1	2003	2	2	1	3	1
2	1	2003	2	3	2	2	4
3	1	2003	1	4	2	1	3
4	1	2003	2	1	2	3	4
5	0	2003	4	1	2	2	2
6	1	2003	2	4	2	2	1
7	1	2003	2	1	2	1	4
8	1	2003	2	2	2	2	4
9	1	2003	2	2	2	2	1

10	1	2003	2	4	3	3	4
11	0	2003	2	4	2	2	1
12 ?		2003	2	4	2	2	4
13	0	2003	1	4	4	1	3
14	0	2003	4	3	1	1	3
15	0	2003	2	4	2	2	3
16 ?		2003	2	4	3	2	4
17	1	2003	2	1	2	3	4
18	1	2003	3	4	2	3	3
19	1	2003	3	4	2	1	4
20	0	2003	2	4	2	3	4
17	1	2005	1	2	3	1	1
16	1	2005	1	1	2	2	1
15	1	2005	1	4	3	3	4
14	0	2005	1	4	3	2	1
13	1	2005	2	1	2	2	1
12	1	2005	1	2	2	3	2
11	0	2005	2	2	2	2	3
10	0	2005	0	2	2	1	1
9	0	2005	4	2	3	2	1
8	0	2005	4	4	3	2	1
7	0	2005	2	3	2	2	3
6	1	2005	1	4	2	2	3
5	1	2005	1	4	3	2	1
4	1	2005	4	2	1	2	4
3	0	2005	2	1	2	1	4
2	0	2005	0	1	2	2	1
1	1	2005	3	1	2	2	4
1	1	2007	3	1	3	3	4
2	0	2007	1	2	2	2	4
3	1	2007	2	1	3	2	4
4	0	2007	2	3	2	3	1
5	0	2007	2	1	2	2	2
6	1	2007	2	2	1	3	4
7	1	2007	2	4	2	3	4
8	0	2007	1	1	2	3	4
9	0	2007	2	2	2	2	4
10	1	2007	1	2	2	2	4
11	1	2007	1	4	3	3	4
12	0	2007	1	1	2	2	4
13	1	2007	1	1	0	3	4

Vedlegg 5 – Transkribering av intervju

M: intervjuer

Elev k: 5. trinn gutt

Oppgave 1

M: Hva skjer med denne kretsen når bryteren skrur på?

K: Det tapper energi fra batteriet som går til bryteren. Den energien er der helt til jeg skrur på bryteren og den går bort til lyset.

M: Hva skjer så med strømmen?

K: den blir borte, den går ut av den andre enden (peker på enden av kretsen)

K får beskjed om å sette sammen kretsen slik at lyspæren lyser. Han flytter over delene fra batteriets positive pol til den negative polen, men endrer ellers ingenting.

M: kommer lyspæren til å lyse nå?

K: jeg vet ikke...

K tenker seg om, for så å sette sammen lyspæren til begge polene.

M: hva gjorde du nå?

K: Jeg tror strømmen går ut der (peker på – polen), gjennom lyspæren og inn der (peker på + polen).

M: og da går strømmen tilbake til batteriet eller?

K: ja? Og så blir de bor... og så blir de... og så blir de der hele tiden. Helt til batteriet blir ødelagt eller resirkulert.

M: hvorfor blir den ødelagt?

K: fordi den blir full av brukt elektrisitet.

Oppgave 2 – vil to i serie eller en alene lyse sterkest?

M: hvordan vil disse lyspærene lyse når du skrur på bryteren? Vil den ene lyse sterkere enn den andre, eller vil de lyse likt?

K: Jeg tror den første vil lyse og den andre ikke vil lyse

M skrur på bryteren, begge lyspærene lyser like sterkt. Skrur bryteren av igjen.

M: Om jeg skrur ut denne lyspæren, vil da den andre fortsatt lyse? (skrur ut en av lyspærene)

K: Jeg tror den vil lyse.

M skruer på bryteren, ingenting skjer.

M: Hva skjedde?

K: det er sikkert fordi strømmen må gå igjennom lyspæren for å komme tilbake til batteriet. Strømmen går igjennom bryteren, så igjennom den første lyspæren, men blir så stoppet ved den andre lyspæren. Det må komme strøm inn her (peker på – polen) for at det skal komme ny ut her (peker på + polen).

Oppgave 3 – Parallellkobling

M: vil disse lyse med forskjellig styrke?

K: jeg tror de vil lyse med lik styrke

M: Hvorfor det?

K: strømmen vil dele seg opp der (peker på krysspunktet mellom lyspærene), så det kommer like mye strøm til hver.

M: Om vi skruer ut den ene pæren, vil da den andre lyspæren lyse?

K: ja jeg tror det, for da vil den gå forbi der pæren er tatt ut og opp og igjennom den andre pæren.

Oppgave 4 – kortslutning

M: Hvordan skal vi få denne lyspæren til å lyse?

K: Vi må skru på denne bryteren (peker på bryter 1)

M: hva om vi skruer på begge bryterne?

K: da vil strømmen gå igjennom begge to, altså gjennom lyspæren og rundt den.

M skruer på bryteren, pga kortslutningen lyser ikke lampa.

M: hvorfor lyser den ikke når begge bryterne er skrudd på?

K: Eh, strømmen går her (peker på + polen til batteriet) og så går den i sirkel gjennom ledningene rundt og rundt, men ikke tilbake til batteriet (gestikulerer at strømmen går gjennom lyspæren og rundt kortslutningen om og om igjen).

M: nå kan du bygge det du vil!

K bygger sluttet krets med fire lyspærer i seriekobling

M: Hvordan vil lyspærene lyse nå?

K: de vil lyse svakt, fordi de må dele på strømmen som er i batteriet, men de vil lyse like sterkt.

J – jente 5. trinn

Oppgave 1

M: Hva skjer med lyspæren når bryteren skrur på? Hva er det som skjer med strømmen?

J: strømmen vil gå inn i lyspæren... og så stopper den der

M skrur på bryteren, ingenting skjer

M: Hvordan kan du sette sammen byggesettet for at lyspæren skal lyse?

J setter på en ledningmodul på enden av lyspæremodulen. Når det ikke fungerer prøver hun forskjellige rekkefølge mellom modulene, men kommer ikke frem til en løsning med sluttet krets. M viser til slutt løsningen.

Oppgave 2 seriekobling

J: jeg tror lyspærene kommer til å lyse like sterkt, men de kommer til å lyse svakere en den andre (henviser til kretsen med bare en lyspære).

M: hvorfor det?

J: Her er det flere lyspærer, og da bruker den mer strøm.

Oppgave 3 – Parallellkobling

M: kommer lyspærene til å lyse forskjellig?

J: Nei, de kommer til å lyse like sterkt.

M: Kan du vise hvordan strømmen går?

J: Den går fra batteriet (peker på + polen) opp hit (peker på krysspunktet mellom lyspærene), så igjennom lyspærene og ned igjen til batteriet (peker på – polen)

Oppgave 4 – kortslutning

M: hvilke bryter må skrur på for at lyspæren skal lyse? Kan du vise hvordan strømmen går?

J: begge to må skrur på. J viser at strømmen går fra – polen, fordeler seg likt mellom lyspæren og kortslutningen, for så å gå til + polen til batteriet. Hun tror det går like mye strøm mellom lyspæren og kortslutningen. Når hun innser at dette ikke er riktig forklarer hun at strømmen fortsatt deler seg ved krysspunktet mellom kortslutningen og lyspæren, men istedenfor å gå igjennom lyspæren «hopper» strømmen over den.

Oppgave 5 – seriekobling med en lyspære skrudd ut.

J: de andre pærene vil ikke lyse fordi... når det ikke er noe der (refererer til lyspæren som er fjernet) så stopper den (refererer til strømmen).

Oppgave 6 – Parallellkobling

Skrur ut pære vil lyspæren lyse?

J: ja, fordi strømmen vil gå rundt.

H – Jente 7. trinn

Oppgave 1

H: den vil ikke lyse

M: hvorfor ikke?

H: Den har ikke noe der den går igjennom. Den går igjennom lyspæren, men det skjer ikke noe på den andre siden (peker på lyspæremodulen som bare har en kontakt koblet til). Strømmen går fra batteriet, gjennom lyspæren og så skal den egentlig gå tilbake (peker på batteriets – pol), den fungerer ikke om den ikke får gå tilbake. Nå går strømmen til enden av lyspæren, og stopper der.

H bygger en sluttet krets.

H: Nå kan strømmen gå helt rundt, den går fra batteriet og inn i lyspæren hvor den blir bremsset, så går den videre til batteriet igjen.

Oppgave 2 – seriekobling

H: Den første lyspæren kommer til å lyse sterkest, så kommer den neste til å lyse svakere, og den neste enda svakere, fordi det kommer mindre strøm til den.

M: Kommer den første lyspæren til å lyse like sterkt som denne her? (peker på kretsen med en lyspære)

H: ja, fordi det er den første, og da er det ingenting som har bremsset den, så det kommer like mye strøm til begge to.

Skrur på bryterne, J prøver å forklare hva som skjer.

H: Jeg tror det er fordi strømmen... når det er tre bortover... såp blir strømmen bremsset, så går den raskt igjennom, så blir det mindre strøm til en lyspære, fordi det er tre lyspærer. Hver lyspære bremsset strømmen litt, og så går den igjennom, så det går like mye strøm i hver lyspære. Fordi strømmen må gå igjennom tre lyspærer lyser den svakere enn der den bare må gå igjennom én.

M: Vil de andre lyspærene lyse om vi skrur et denne her?

H: Ehh nei, fordi alt henger sammen. Det er jo sånn at på juletreet at om en pære går så lyser virker det ikke lenger. J hadde prøvd dette før.

M: så hva skjer med strømmen? Hvorfor lyser ikke de to andre?

H: Strømmen går igjennom pæren, men den bremsset ikke.

Oppgave 3 - Parallell

Hvordan vil disse lyse?

H: strømmen går dit og dit (peker på begge lyspærene), sånn at det kommer til å lyse like sterkt. Strømmen deler seg der, og noe går dit og noe går dit, halvparten til den og halvparten til den.

Hva om vi skrur ut en av dem?

H: den andre vil fortsatt lyse, den har to koblinger, siden halvparten går til hver så vil jo strømmen fortsatt gå til den her (peker på lyspæren som fortsatt står i kretsen).

M: vil det fortsatt gå strøm igjennom her (peker på lyspæremodulen som er tom)

H: nei

Oppgave 4 – kortslutning

Hvilke brytere må skruses på.

H: Den (peker på bryteren koblet til lyspæren og + polen til batteriet). Fordi strømmen har ikke kommet til den enda (peker på den andre bryteren).

M: Om vi skrur på begge bryterne da?

H: Da går halvparten dit og halvparten dit (peker på lyspæren og kortslutningen)

M: Vil lyspæren lyse da?

H: den vil lyse, men den vil lyse svakere enn når man bare har på en (refererer til bryterne).

Vi prøver begge bryterne, lyspæren slukner.

M: hva skjedde når vi skrudde på begge bryterne?

H: Den stoppet (peker på lyspæren), det går ikke strøm igjennom lyspæren eller rundt der (refererer til kortslutningen).

Koblet til en lyspære i kortslutningen for å sjekke om det gikk strøm igjennom der når begge bryterne var på.

H: det går strøm igjennom, men ikke igjennom lyspæren. Det går bare rundt.

G – jente 10. trinn

Oppgave 1

G: Den vil ikke lyse fordi den må være både på pluss og minus

M: Hvorfor det?

G: Fordi kretsen må starte og slutte et sted, nå vil strømmen bare gå til den ene siden av lyspæren (refererer til enden av lyspæremodulen som ikke er koblet til noe)... Det skjer ingenting fordi det må komme fra der også (peker på enden av lyspæremodulen).

Oppgave 2 – seriekobling

M: vil disse lyspærene lyse?

G: ja

M: vil de lyse med forskjellig styrke?

G: ja, den vil lyse sterkest (peker på den midterste lyspæren). Jeg tenker at den lyser sterkest fordi det er lik avstand fra begge (peker på + og – polene til batteriet)

M: Hvordan går strømmen?

G viser at strømmen går fra – polen til batteriet for så å gå gjennom kretsen og til + polen. Dette får henne til å skifte mening om det foregående utsagnet.

G: Ånei, da vil den her lyse sterkest (peker på lyspæren nærmest – polen)

M: Hvilke av disse lyspærene vil lyse sterkest? (peker på kretsen med en lyspære og kretsen med tre lyspærer i seriekobling)

G mener kretsen med en lyspære vil lyse sterkest.

Skrur på kretsen og ser at strømmen blir likt fordelt mellom lyspærene.

Oppgave 3 – parallellkobling

G: denne her kommer til å lyse sterkest, fordi den er nærmere, strømmen må ikke gå så langt (peker på lyspæren som er nærmest batteriene)

G forklarer at strømmen vil fordele seg mellom lyspærene

M: hva skjer om vi skrur ut en av pærene?

G: ingenting vil lyse... eller... en av dem vil lyse fordi de ikke er i samme krets, om de hadde vært i samme krets ville de ikke lyst.

G refererer sansynligvis til en seriekobling når hun sier «samme krets».

Vi tester ut teorien hennes med parallell og seriekobling, skrur ut to lyspærer.

G: strømmen starter fra minus, gjør den ikke? For om det er slik vil denne lyspæren lyse (peker på lyspæren i seriekoblingen), eller, eh, jeg vet ikke... Jeg tror ikke den vil lyse.

Oppgave 4 – kortslutning

G: den første bryteren. Strømmen vil gå igjennom bryteren, lyspæren og så tilbake til batteriet.

M: hva om vi skrur på begge bryterne?

G: den vil fortsatt lyse. Strømmen vil gå her og her (peker på lyspæren og på kortslutningen)

G skal forklare hva som skjedde når begge bryterne var på

G: Den tok fra den strømmen, den gikk rundt her istedenfor å gå igjennom lyspæren (peker på kortslutningen).

F – gutt vg1

Oppgave 1

F: nei, for det må komme strøm fra bunnen på lyspæren og på siden av lyspæren. Fordi det ikke kommer strøm fra den andre siden (peker på siden av lyspæremodulen som ikke er koblet til noe) så får ikke lyspæren strøm. Den må få strøm fra begge sider for å fungere.

F får muligheten til å endre på kretsen for at lyspæren skal lyse, uten et øyeblikks tenkepause sammen en sluttet krets som vil få lyspæren til å lyse. Når han skal forklare hvorfor lyspæren lyser forklarer han det slik:

F: det kommer strøm bort hit (fra batteriets – pol til lyspæren) og fra her (peker på batteriets + pol til lyspæren). Strømmen møtes på midten i lyspæren.

Oppgave 2 – seriekobling

F: de vil ikke lyse med forskjellig styrke. Det blir ikke svakere, det kommer strøm hele tiden fra batteriene, så jeg tror ikke det burde bli svakere.

M: du forklarte på den forrige modellen at strømmen kommer fra begge sider, hvordan vil strømmen oppføre seg i denne kretsen?

G: strømmen kommer fra begge sider så møtes de på begge sidene av hver lyspære og får dem til å lyse.

M: Så strømmen krysser hverandre når de møtes i en av pærene?

F: ja, jeg tror strømmen krysser hverandre og så fortsetter den videre.

M: Så strømmen går videre og vil til slutt ende opp tilbake til en av polene?

F: Ja. Strømmen pulserer ikke, den flyter ut konstant og gir fra seg energi.

Når bryteren skrur på i seriekoblingen med lyspærer forklarer F lyspærenes like lysstyrke slik:

F: okei, alle ble like svak (lysstyrke) på en måte. Når strømmen går deler den seg likt utover alle tre (ref. lyspærene).

M: hvorfor lyser kretsen med en lyspære mer enn den med tre lyspærer?

F: Det er mindre lyspærer å dele strømmen på, den som er alene får all strømmen, men på den med tre må dele.

Skrur ut en av pærene i seriekoblingen

M: Vil de to andre lyspærene lyse nå?

F: nei, det tror jeg ikke

M: Hvorfor ikke?

F: fordi når strømmen kommer inn i pæren så kommer den ut den andre siden av pæren og går videre. Når denne er skrudd (ref. lyspæren) er det ingenting som kan føre strømmen videre. Nå får lyspærene bare strøm fra den ene siden, strømmen må møtes i pæren for at den skal lyse.

Oppgave 3 - parallellkobling

F: jeg tror de blir like sterk (ref. lysstyrken), fordi strømmen går opp fra begge sider og opp til lyspærene, de må ikke dele på noe.

Skrur ut en pære

F: den andre vil lyse, fordi strømmen går fortsatt opp til lyspæren, det er ikke noe mellomgreie som på en seriekoblet lyspære der koblingen slutter om du skrur ut pæren. Her er det ikke noe sånt.

Oppgave 4 – kortslutning

F: den første bryteren.

Hva om vi skrur på begge bryterne?

F: det har ingenting å si, strømmen vil fortsatt gå igjennom lyspæren. Det kan hende at lyspæren lyser litt svakere, fordi det blir tatt opp noe strøm rundt her (ref. kortslutningen).

Forklare hvorfor den skrur av ved kortslutning

F: Strømmen går bare rundt og rundt uten at de møtes. Strømmen går forbi hverandre uten å gå igjennom pæren. Jeg har ingen forklaring på hvorfor den ikke går igjennom lyspæren.

I – gutt 9. trinn

Oppgave 1

I: den trenger positiv og negativ for å virke

M: hvorfor trenger den det?

I: hmm, jeg vet ikke... okei, nå sier jeg bare det jeg tror. Det positive og negative elektrisk da blir det, da bli der... Da blir det mer elektrisk ladd, og da blir det strøm. Det er sånn det fungerer med lyn.... Strømmen i lynet vil prøve å finne den letteste veien ned til jorda.

M: hva med i en ledning?

I: i en ledning er det kobber eller noe, som gjør at strøm beveger seg lettere.

M: Vil strømmen bevege seg i denne kretsen? (Henviser til figur..)

I: nei, ingenting, men om vi kobler til den (lyspæren) her (batteriets – pol) vil de positive og negative tiltrekke hverandre.

Elev I setter sammen kretsen slik at den blir sluttet

M: så hvordan vil strømmen bevege seg nå?

I: med en gang vi skrur bryteren på så vil det komme strøm fra her (peker på både batteriets – og + pol) og møtes i midten på lyspæren, og da vil det bli elektrisk ladet.

I snakker om hvordan glødetrådene blir varm og derfor lyser.

Oppgave 2 - seriekobling

I: jeg tror lyspærene vil lyse med forskjellig styrke. Den vil først lyse her da (peker på lyspære 2), fordi den negative og positive vil først møtes her (ref. lyspære 2). Så fortsetter de (viser at strømmen krysser hverandre og fortsetter til de neste lyspærene)... lyspærene vil ikke lyse for de negative og positive (ref. til strømmen) møtes i dem.

M: så vil de her (lyspære 1 og 2) lyse like etterpå, eller?

I: vi vil ikke se det fordi det går så raskt, det skjer i lysets hastighet. Men ja, det er det som skjer, eller, det er i vært fall det jeg tror.

M: Vil de lyse med forskjellig styrke?

I: Jeg tror alle vil lyse like kraftig... men strømmen blir det mindre av etter hvert, fordi energi er ikke uendelig, den

M: hvordan beveger strømmen?

I: Om den negative og den positive er her (peker på batteriets – og + pol) så møtes den her (peker på lyspære 2). Strømmen går videre her (viser at strømmen krysser hverandre ved lyspære 2, for så å fortsette til de andre lyspærene). De negative og positive møtes så i disse lyspærene (lyspære 2 og 3)... alle lyser like sterkt, eller, det er i vært fall det jeg tror.

M: blir det mindre eller mer av strømmen ettersom den går igjennom kretsen?

I: Ja det blir mindre... men energi forsvinner aldri, den bare endrer form.

Hvilken krets vil lyse sterkere

I: Tror den vil lyse sterkest... fordi disse tre batteriene må gi kraft eller strøm til bare en lyspære og ikke noe annet, men disse tre batteriene må gi kraft til tre lyspærer.

Skrur på bryteren

I: hahaha (klapper hendene)

Oppgave 3 – parallell

I: de vil lyse med forskjellig styrke pga det kommer strøm hit (lyspære 1) fra begge sidene, så går det opp til denne (lyspære 2)... denne (lyspære 1) bruker opp strømmen, så går resten til denne (lyspære 2).

Skrur på bryteren, begge lyspærene lyser like sterkt

I: åka, okei. Da kommer det like mye strøm til hver av lyspærene.

Skrur ut en av pærene, I tror den andre fortsatt kommer til å lyse.

Oppgave 4 – kortslutning

I: den (bryter 1)... Når ingen er skrudd på kommer bare den negative (ref. strøm) til lyspæren, om vi skrur på bryteren (bryter 1) kommer både den positive og den negative. Om vi skrur på begge vil den positive og den negative bare gå rundt og rundt uten at de går innom lyspæren.

U – gutt 9. trinn

Oppgave 1

U er overbevist om at det han kaller pluss og minus må møtes for at lyspæren skal lyse. For at dette skal skje kobler han batteriets + pol direkte til – polen. Ifølge U møtes nå strømmen, før den så går videre opp igjennom bryteren og så til lyspæren.

U: nå møtes pluss og minus, for så å gå opp til lyspæren. Den vil lyse nå når bryteren blir skrudd på.

U studerer kretselementene, og kommer etter hvert frem til en sluttet krets med en lyspære. Han forklarer at «plussen» og «minusen» går fra hver av batteripolene og møtes i lyspæren.

U: metallet inni der, positive og negative møtes.

Oppgave 2 – seriekobling

U: Ja, det tror jeg, der lyset møtes først, der vil det lyse sterkest (Peker på lyspære 2)... det kommer mer positivt og negativt på den (ref. lyspære 2) enn på de andre (ref. lyspærene). Eller, jeg ser usikker, enten så lyser den sterkere, eller så fordeler strømmen seg likt.

Det er bare en viss mengde strøm, batteriene går jo tom, så den med tre lyspærer vil lyse svakere enn den med en.

En lyspære er skrudd ut.

U: Her blir det sånn som med julelysene, sånne gamledagse. Jeg husker ikke hva det heter, kjedelys eller noe sånt.

Oppgave 3 – Parallellkobling

Dette er det jeg pratet om tidligere, om du skrur ut den ene så vil den andre fortsatt lyse... Men de vil ikke lyse med samme styrke, den her vil lyse sterkest (lyspære 1) fordi strømmen når den raskere.

U tror ikke strømmen er nød å gå innom lyspære 1 før den går videre til lyspære 2, men fordi strømmen når til lyspære 1 først vil den lyse like sterkt. Eller,