



EDU3910 – Masteroppgave i naturfagdidaktikk

Leif Arne Kristoffersen

Elevenes utfordringer og forståelse av kjemiske reaksjoner

Utvikling, utprøving og evaluering av et
undervisningsopplegg på mellomtrinnet

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Master i naturfagdidaktikk

Trondheim, høsten 2016

Forord

Denne masteroppgaven skulle markere slutten av en femårig utdanning, hvor jeg startet utdanningen på Høgskolen i Hamar og avslutter den her på NTNU i Trondheim. På grunn av familiære årsaker ble derimot innleveringen utsatt med et halvår, og leveres derfor inn høsten 2016 istedenfor våren 2016. Arbeidet med denne masteroppgaven resulterer uten tvil i mange gode erfaringer som kan trekkes med videre inn i arbeidslivet. Prosessen med å skrive denne masteroppgaven har vært spennende, lærerikt og til tider morsomt, men det har selvfølgelig også vært øyeblikk hvor utfordringer, frustrasjon og utmattelse har dominert.

Jeg har alltid hatt interesse for naturfag, helt fra grunnskolen av har naturfaglige problemstillinger engasjert meg. På den videregående skolen var det derimot realfaget *kjemi* som interesserte meg mest, noe det har fortsatt å gjøre også i den høyere utdanningen. Positive erfaringer fra et år som ufaglært lærer og flere perioder i praksis i tilknytning til min grunnskolelærerutdanning har også gjort meg veldig interessert i hvordan barn lærer. Spesielt takknemlig er jeg derfor for muligheten til å skrive oppgaven min knyttet til noe så praksisorientert som et undervisningsopplegg i kjemi.

Jeg vil spesielt takke min veileder, førsteamanuensis ved NTNU Annette Lykknes, som gjennom arbeidet med oppgaven har vært til stor hjelp med sine konkrete tilbakemeldinger og ærlige råd i veiledningen. Jeg vil også benytte anledningen til å takke min kjære samboer, familie og venner, som alle har spilt en viktig rolle ved å motivere og vise interesse underveis i prosessen. Til slutt vil jeg uttrykke en stor takk til ledelsen og lærerne ved «Sjøsiden barneskole», som har lagt forholdene til rette underveis, og elevene som har deltatt i undersøkelsen med stor grad av interesse og engasjement.

Trondheim 10. november 2016

Leif Arne Kristoffersen

Sammendrag

Temaet for denne masteroppgaven er undervisning av kjemi på mellomtrinnet, nærmere bestemt unge elevers (10-11 år) forståelse av begrepet *kjemiske reaksjoner*. Det er tatt utgangspunkt i et konstruktivistisk syn på læring i denne masteroppgaven, der tanken om at hver enkelt person konstruerer sin egen kunnskap står sentralt. Hensikten med oppgaven er å forstå elevenes utfordringer med fenomenet kjemiske reaksjoner og hvordan undervisningen om fenomenet burde legges opp. Et målrettet undervisningsopplegg ble utviklet, utprøvd og evaluert.

Det har blitt benyttet en kvalitativ tilnæringsmåte ved innsamling, behandling og analysering av datamaterialet. Flere innsamlingsmetoder ble tatt i bruk. Datamaterialet har bestått av gruppeintervjuer og tester, både fra før og etter undervisningen. Pre- og posttestene var identiske og bestod av både lukkede og åpne spørsmål.

Resultatene fra undersøkelsen tyder på at elevenes største utfordringer med å utvikle en forståelse av kjemiske reaksjoner er knyttet til grunnleggende stoff-forståelse, feilaktige forestillinger og det naturvitenskapelige språket. I undervisningen ble det lagt til rette for en anbefalt faglig progresjon, hvor temaet *stoffer* ble behandlet før temaet *kjemiske reaksjoner*. Det ble spesielt fokusert på forståelsen av noen utvalgte begreper og det å unngå at elevene skulle sitte igjen med elevforestillinger. Partikkelmodellen for stoffer ble introdusert for å skape en forståelse for aggregattilstanden gass. Denne virker å ha styrket elevenes forståelse for mulige utgangsstoffer og produkter i kjemiske reaksjoner.

Resultatene fra undersøkelsen indikerer at elevenes forståelse har utviklet seg mot et høyere nivå der forståelsen er mer fullstendig og vitenskapelig. Enkelte av forestillingene var likevel fremdeles gjeldende også etter undervisningen. Elevene klarte i liten grad å anvende kunnskaper fra forsøkene som ble gjennomført i undervisningsopplegget når de svarte på testene, men elevene klarte i noen grad å anvende disse kunnskapene i diskusjonsoppgaver i gruppeintervjuene.

Abstract

The theme of this thesis is the teaching of chemistry at the intermediate stage, more particularly young students' (10-11 years) understanding of the concept of chemical reactions. This thesis is based on a constructivist view of learning, where the idea that each person constructs his own knowledge is central. The purpose of this study is related to students' challenges in understanding chemical reactions as a phenomenon and how the phenomenon should be taught. A targeted teaching program has been developed, tested and evaluated.

A qualitative approach of collecting, processing and analysing data has been used. The process of collecting data is based on group interviews and tests, collected before and after instruction. The survey included closed and open questions on two identical tests.

The results indicate that the student's biggest challenges in developing an understanding of chemical reactions is related to their basic understanding of substance, misconceptions and the scientific language. The teaching program was arranged for a recommended progression of topics, where the topic *substance* was taught before the topic of *chemical reactions*. Specifically, it was focused on the students understanding of relevant science concepts and avoiding that misconceptions was established. The particle model of matter was introduced in order to help students understanding the aggregate state of gas. This seem to have strengthened their understanding of possible reactants and products of chemical reactions.

The results of the teaching program indicate that students' understanding, relating to statements and claims about chemical reactions, has evolved towards a higher level where their expressed knowledge is more complete and closer to a scientific understanding. However, some students kept the misconceptions after the teaching program had ended. Students responses to test-questions revealed that only a few applied knowledges from experiments, conducted in the teaching program, when they responded. To some extent students involved in the group interviews were able to apply knowledge from experiments when they were discussing questions in group interviews.

Innholdsfortegnelse

Figuroversikt	VII
Tabelloversikt.....	VIII
1 Innledning.....	1
1.1 Oppgavens formål og problemstilling	2
1.2 Oppgavens oppbygning	3
2 Teori	4
2.1 Teorier om læring i naturfag og kjemi.....	4
2.1.1 Individuelle og sosiale perspektiver på læring.....	4
2.2 Utfordringer med læring i naturfag og kjemi	6
2.2.1 Det naturvitenskapelige språket og begreper	6
2.2.2 Elevenes forestillinger om fenomener i naturfag generelt og kjemi spesielt	9
2.3 Fenomenet kjemiske reaksjoner	13
2.3.1 Læringsprogresjoner.....	15
2.3.2 Elevers forståelse av kjemiske reaksjoner.....	17
2.3.3 Elevers forestillinger knyttet til stoffer og kjemisk reaksjon	19
2.4 Partikkelmodellen for stoffer.....	22
3 Metode.....	25
3.1 Forskningsstrategi, design og datainnsamling.....	25
3.1.1 Kvalitativ forskningsstrategi	25
3.1.2 Forskningsdesign.....	25
3.1.3 Datainnsamlingen.....	26
3.2 Undervisningsopplegget	30
3.2.1 Mål for undervisningen	30
3.2.2 Begrunnelse for undervisningsmetoder og oversikt over faglig innhold	31
3.2.3 Gjennomføring av undervisningsopplegget	32

3.3	Databehandling og analyse	36
3.4	Undersøkelsens kvalitet	38
3.4.1	Reliabilitet og validitet	38
3.4.2	Pilotstudien	39
3.4.3	Etiske problemstillinger	40
4	Resultater og analyse	41
4.1	Elevenes forståelse før undervisningsopplegget	41
4.1.1	Elevenes stoff-forståelse	41
4.1.2	Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner	48
4.2	Elevenes forståelse etter undervisningsopplegget	57
4.2.1	Elevenes stoff-forståelse	57
4.2.2	Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner	62
4.3	I hvilken grad endres elevenes forståelse gjennom målrettet undervisning?	70
4.3.1	«Hvem skal ut?»-oppgaven	70
4.3.2	Fra pretest til posttest	75
5	Diskusjon	78
5.1	Utfordringer med å forstå begrepet kjemisk reaksjon	78
5.2	Vurdering av undervisningsopplegget	81
6	Konklusjon og veien videre	89
	Litteraturliste	91
	Vedlegg	95

Figuroversikt

Figur nr:	Beskrivelse:	Sidetall:
3-1	Forskningsdesign for undersøkelsen.	25
4-1	Resultater fra oppgave 1 på pretesten.	42
4-2	Resultater fra oppgave 2 på pretesten.	44
4-3	Resultater fra oppgave 3 på pretesten.	46
4-4	Resultater fra oppgave 4 på pretesten.	47
4-5	Resultater fra oppgave 5-8 på pretesten.	51
4-6	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 5.	52
4-7	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 6.	53
4-8	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 7.	54
4-9	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 8.	55
4-10	Resultater fra oppgave 5 på posttesten.	57
4-11	Resultater fra oppgave 6 på posttesten.	58
4-12	Resultater fra oppgave 7 på posttesten.	60
4-13	Resultater fra oppgave 8 på posttesten.	61
4-14	Resultater fra oppgave 5-8 på posttesten.	62
4-15	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 5.	62
4-16	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 6.	64
4-17	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 7.	65
4-18	Kategorisering av elevenes uttrykte forståelse på oppgave 8.	65
4-19	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 1.	75
4-20	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 2.	75
4-21	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 3.	75
4-22	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 4.	75
4-23	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 5.	76
4-24	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 6.	76
4-25	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 7.	76
4-26	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 8.	76
4-27	En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 9.	77

Tabelloversikt

Tabell nr:	Beskrivelse:	Sidetall:
3-1	Oversikt over gruppene og pseudonymer.	28
3-2	Oversikt over undervisningsopplegget.	31
3-3	Påstander som ble diskutert og gjort forsøk knyttet til i økt 1 av undervisningsopplegget.	32
3-4	En generell nivå-beskrivelse elevenes besvarelser ble kategorisert etter.	38
4-1	Elevenes begrunnelser på oppgave 3 på pretesten.	46
4-2	Elevenes begrunnelser på oppgave 4 på pretesten.	47-48
4-3	Elevenes besvarelser av oppgave 9 på pretesten.	56
4-4	Elevenes begrunnelser på oppgave 1 på posttesten.	58
4-5	Elevenes begrunnelser på oppgave 3 på posttesten.	60-61
4-6	Elevenes begrunnelser på oppgave 4 på posttesten.	61
4-7	Elevenes besvarelse av oppgave 9 på posttesten.	66

1 Innledning

Da jeg startet på denne masteroppgaven i naturfagdidaktikk hadde jeg ingen erfaring som naturfaglærer. Jeg hadde derimot positive erfaringer fra praksisperioder, grunnskolelærerutdanningen og grunnskolen som styrte meg mot en oppgave der jeg ville undersøke hvordan elever lærer naturfag og hvilke utfordringer de har med å tilegne seg ny kunnskap. På bakgrunn av egne interesser var det ingen tilfeldighet at denne masteroppgaven skulle handle om undervisning innenfor fagområdet kjemi, men at den skulle fokusere på elever på mellomtrinnet var noe mer tilfeldig.

I 2011 ble TIMSS-undersøkelsen gjennomført, der norske elevers faglige prestasjoner i matematikk og naturfag på 4. og 8. trinn i grunnskolen ble undersøkt. Resultatene fra TIMSS-undersøkelsen viste en positiv utvikling i norske naturfagprestasjoner sammenlignet med tidligere resultater fra samme undersøkelse, men likevel konkluderes det med at norske elevers naturfagprestasjoner ikke er gode nok. Både på 4. og 8. trinn er det i fagområdene fysikk og kjemi elevene presterer svakest. Den vitenskapelige rapporten som presenterer de viktigste funnene fra undersøkelsen viser at en av de største utfordringene for norsk skole er å klare å gi tilpasset opplæring og utfordringer til alle elever, uansett prestasjonsnivå (Grønmo et al., 2012).

Kunnskapsdepartementet utga i 2015 strategien *tett på realfag*, som skal «... mobilisere, bevisstgjøre og forplikte dem som er tette på barn og unge, og som har de beste mulighetene til å bidra til at barn og unge lærer og utforsker realfag med motivasjon og glede» (Kunnskapsdepartementet, 2015, s. 9). Strategien er gjeldende fra 2015-2019, og har som mål å øke kompetansen i realfag for barnehagen og grunnskoleopplæringen. Et av hovedgrepene for å nå dette målet er å styrke undervisningen og arbeidsmåtene som benyttes i barnehage og skole (Kunnskapsdepartementet, 2015). Dette bringer meg videre inn på formålet til denne oppgaven.

Gjennom min grunnskolelærerutdanning skrev jeg en bacheloroppgave knyttet til kreativ skriving i naturfag, nærmere bestemt 8. klasseelevers forsøk på å skrive en kreativ tekst om den kjemiske reaksjonen mellom hydrogengass og oksyngengass. Positive erfaringer med denne bacheloroppgaven har påvirket at temaet for denne masteroppgaven nettopp ble elevers forståelse av begrepet *kjemisk reaksjon*.

1.1 Oppgavens formål og problemstilling

Problemstillingen for masteroppgaven er:

«Hvilke utfordringer kan elever ha med å forstå kjemiske reaksjoner som et fenomen, og hvordan legge til rette for en undervisning som møter disse utfordringene?»

For å avgrense, presisere og tydeliggjøre problemstillingen min, har jeg valgt meg ut følgende forskningsspørsmål:

- Hvilke forestillinger om kjemiske reaksjoner eksisterer blant 10-11 år gamle elever?
- I hvilken grad endres elevenes forestillinger gjennom målrettet undervisning?
- I hvilken grad endres elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner gjennom målrettet undervisning?
- Hvordan kan undervisningen legges opp for at unge elever skal kunne utvikle en forståelse for fenomenet kjemiske reaksjoner og tilhørende begreper som baserer seg på en vitenskapelig akseptert forklaring?

Jeg har valgt disse fire forskningsspørsmålene for å presisere hva som blir vektlagt i studien, nemlig hvordan undervisningen burde legges opp for at elevene skal utvikle en forståelse som ikke bærer preg av forestillinger. Forskningsspørsmålene vil bidra til å svare på problemstillingen ved å belyse viktige spørsmål rundt undervisningen, elevenes utfordringer med å lære og elevenes forståelse av begrepet kjemisk reaksjon.

I denne kjemididaktiske oppgaven har jeg sett på hvordan naturfagundervisningen kan legges til rette for at 5. klasseelever skal kunne utvikle en forståelse av begrepet *kjemisk reaksjon*. For å begrense oppgaven har jeg lagt spesielt vekt på elevenes *utfordringer* med å lære om kjemiske reaksjoner. En av hovedutfordringene lærere står ovenfor i kjemiundervisningen er det faktum at elevene kommer til undervisningen med mange egne forklaringer og ideer på fenomener i verden rundt dem. Utfordringen med disse forklaringene og ideene er at de ofte er i konflikt med vitenskapelige aksepterte forklaringer, og er til hinder for elevenes muligheter for å utvikle en forståelse for naturvitenskapelig begreper (Barke, Hazari, & Yitbarek, 2009, s. 1-6).

Oppgaven min bygger på empiri hentet før og etter gjennomføring av et undervisningsopplegg på 5. klasseelever (10-11 år gamle) på en skole i en mindre by i Norge. Jeg har planlagt undervisningsopplegget om kjemiske reaksjoner med det formål at elevene skal utvikle en forståelse for begrepet slik det brukes i kjemi, og samtidig unngår vanlige misoppfatninger og

hverdagsforestillinger som forskning har avdekket. Det har blitt lagt vekt på at undervisningsopplegget skal inneholde varierte arbeidsmetoder, læringsmidler og læringsressurser, men samtidig være tilpasset elevenes alder og kognitive utvikling. Undervisningen ble gjennomført av meg som forsker, hovedsakelig på grunn av at dette ble mest naturlig siden jeg hadde planlagt undervisningsopplegget, men også for å sikre samsvar mellom intensjon og gjennomføring.

1.2 Oppgavens oppbygning

Oppgaven min består i tillegg til innledning og konklusjon av fire hovedkapitler: et teorikapittel, et metodekapittel, et resultat- og analysekapittel og et diskusjonskapittel. I teorikapittelet tar jeg for meg relevante teorier om hvordan barn og unge lærer generelt, og om naturvitenskapelig kunnskap og begreper spesielt. utfordringer knyttet til det naturvitenskapelige språket, elevers forestillinger og elevenes grunnleggende stoff-forståelse blir adressert. I metodekapittelet blir studiens forskningsstrategi, design og datainnsamling beskrevet. Mål, begrunnelser og gjennomføring av undervisningsopplegget blir beskrevet, før jeg til slutt omtaler analysen av datamaterialet og undersøkelsens kvalitet.

I resultat- og analysekapittelet blir resultatene fra testene og utdrag fra gruppeintervjuene presentert og analysert, mens resultatene fra undersøkelsen blir diskutert og drøftet i diskusjonskapittelet. blir for å besvare. Til slutt i oppgavens avslutningskapittel vil studiens viktigste funn bli oppsummert, konklusjoner vil bli trukket i forhold til oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål, samtidig som anbefalinger for videre forskning vil bli omtalt.

2 Teori

2.1 Teorier om læring i naturfag og kjemi

I naturfagdidaktikken har man de siste tiårene tatt utgangspunkt i et konstruktivistisk syn på læring (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 43). Konstruktivisme brukes både som læringsteori og som kunnskapsteori. I denne oppgaven er det konstruktivisme som *læringsteori* som omtales. Det finnes flere typer konstruktivisme, som for eksempel kognitiv konstruktivisme, sosial konstruktivisme og Piagets konstruktivisme. Felles for de konstruktivistiske læringsteoriene er tanken om at læring er en aktiv prosess der hver enkelt person konstruerer sin egen kunnskap gjennom den læringsprosessen de befinner seg i (Driver, Asoko, Leach, Scott, & Mortimer, 1994; Quale, 2003, s. 86-88). Grovt sett kan vi skille mellom konstruktivistiske perspektiver som fokuserer på det enkelte individ og perspektiver som fokuserer på det sosiale aspektet ved læring. Dette vil videre i oppgaven bli omtalt som *individuelle og sosiale perspektiver på læring*. Begge perspektivene bygger på noen felles fundamentale tanker om læring, men de vektlegger ulike aspekter ved det å lære (Scott, Asoko, & Leach, 2007). Dette vil jeg nå utdype.

2.1.1 Individuelle og sosiale perspektiver på læring

Individuelle perspektiver på læring bygger på tanken om at et individs tanker og ideer om verden er konstruerte. Forkunnskaper innenfor et tema vil derfor ha stor påvirkning på individets videre læring (Scott et al., 2007, s. 38). Arbeidet til sveitseren Jean Piaget (1896-1980) står sentralt innenfor individuelle perspektiver på læring. For Piaget var prosesser i det enkelte individ viktig for individets videre læring. Piaget brukte begrepet *kognitive skjema* som en betegnelse på et individs kunnskaper. Kognitive skjemaer, som befinner seg i hodet til et individ, blir utviklet og endret gjennom våre erfaringer med verden omkring oss. Ifølge de individuelle perspektivene er læring noe som skjer når et individs eksisterende kognitive skjema må endres eller modifiseres for at det skal gi mening å tilegne seg nye erfaringene (Driver, Asoko, et al., 1994). Disse prosessene ble av Piaget omtalt som assimilasjon og akkomodasjon. Selv om Piagets teori ble fremmet på midten av 1900-tallet er de fremdeles interessante for forståelsen av læring i naturfag, også for denne oppgaven, på grunn av den store innflytelsen de har hatt på forskning om barns egne forstillinger.

Individuelle perspektiver på læring har fått mye kritikk for å neglisjere at læring foregår i en sosial sammenheng og at det sosiale kan ha en stor betydning for læring (Driver, Asoko, et al., 1994; Scott et al., 2007). Konteksten læringen foregår i og rollen læreren spiller for elevenes læring, blir innenfor individuelle perspektiver lite vektlagt. Piaget anerkjente at interaksjoner

med andre individer kunne fremme kognitiv utvikling, men han anså prosesser i det enkelte individet som viktigere (Driver, Asoko, et al., 1994). Innenfor læringspsykologien har det derimot foregått et skifte, fra å fokusere på individuelle perspektiver, til å fokusere på konteksten læring foregår i (Leach & Scott, 2003).

For de sosiale perspektivene står den russiske psykologen Lev Vygotsky (1896-1934) sentralt. Vygotskys teori handler, på samme måte som Piagets teorier, om barn kognitive utvikling, men Vygotsky vektla betydningen av det sosiale aspektet i lærings- og utviklingsprosessen i mye større grad. Kulturen som barnet lever i, og språket som brukes der, vil ifølge Vygotsky spille en viktig rolle for barnets utvikling. Bruk av kulturelle verktøy blir innenfor sosial konstruktivistiske perspektiver sett på som en nødvendighet for å lære (Imsen, 2005, s. 39, 251-258). Spesielt viktig er språket, noe som vil bli nærmere omtalt under kap. 2.2.1 «Det naturvitenskapelige språket og begreper».

Teorien til Vygotsky omtales av noen som sosialkonstruktivistisk teori, men begrepet *sosiokulturell teori* omtales som mer passende og korrekt. Sosial konstruktivisme og sosiokulturelle teorier har nemlig helt ulike filosofiske fundamenter (Imsen, 2005, s. 270), men i flere tilfeller bygger sosialkonstruktivistiske perspektiver direkte på Vygotskys teorier (Scott et al., 2007). Læring har i en sosiokulturell tradisjon sin opprinnelse fra sosiale interaksjoner mellom individer, eller individers interaksjoner med kulturelle produkter slik som bøker (Leach & Scott, 2003). Vygotskys perspektiver legger stor vekt på den sosiale delen av læringsprosessen, men den som lærer må også få mulighet til å skape mening av de nye erfaringene. Læring går dermed fra å bruke språket til kommunikasjon og diskusjon om nye erfaringer, til deretter å skape mening ved å reflektere over erfaringene og strukturere kunnskapen på et individuelt nivå (Leach & Scott, 2003; Scott et al., 2007).

Den proksimale utviklingssone er et sentralt og viktig poeng i Vygotskys læringsteori. Den proksimale utviklingssone symboliserer forskjellen mellom hva et barn kan mestre på egenhånd og hva barnet kunne ha mestret med hjelp og støtte. Lærerens oppgave blir da å oppmuntre til diskusjoner og aktivt samarbeid barn imellom, samtidig som hjelp og støtte tilbys underveis i elevenes læringsprosess (Imsen, 2005, s. 258-260; Scott et al., 2007).

2.2 utfordringer med læring i naturfag og kjemi

2.2.1 Det naturvitenskapelige språket og begreper

Språk blir, som nevnt i forrige delkapittel, sett på som et spesielt viktig kulturelt verktøy. Siden læring først foregår på det sosiale og deretter på det individuelle nivået, blir språket ifølge Vygotsky en nødvendighet for intellektuell utvikling. Det er nettopp i den prosessen hvor barn begynner «å snakke med seg selv», noe som Vygotsky omtalte som den *egosentriske tale*, at barns erfaringer begynner å internaliseres som tenkning. Barnets egosentriske tale vil etter hvert utvikle seg slik at barnet klarer å bruke språket også kun for seg selv, til å tenke og lage planer (Imsen, 2005, s. 255-258).

Det har blitt identifisert tre måter språk kan være til hjelp og støtte i læring av naturfag (Knain, 2005). For det første kan språket fungere som et redskap for at elevene skal lære naturfaglige begreper og grammatiske mønstre. For det andre kan elevene ved å studere språket som benyttes i fagkulturen lære hva som kjennetegner det naturfaglige språket og hvilke muligheter og begrensninger dette språket har. Den siste måten språk kan støtte læring i naturfag på er ved at elevene lærer å lese, snakke og skrive det naturvitenskapelige språket i ulike situasjoner, med ulike hensikter og for ulike mottakere. Språk kan med andre ord ha et stort potensiale for å hjelpe og støtte elever når de skal lære seg skolens naturfag, men som vi nå skal se på, er det også noen utfordringer knyttet til språket som benyttes i naturfagstimene.

Wellington og Osborne (2001, s. 1-8) hevder at det å lære seg naturvitenskap på mange måter er ensbetydende med det å skulle lære seg et nytt språk. De ser på det å lære seg det naturvitenskapelige språket som en av hovedutfordringene med det å lære seg naturfag. Gjennom opplæringen i naturfag møter elevene mange begreper som de har hørt om før, og kanskje til og med benytter seg av til daglig, men som i naturvitenskapen har en betydning som strider mot elevenes forkunnskaper. Naturvitenskapelige begreper har en bestemt mening som bygger på en klar definisjon, men kan skille seg veldig fra den «hverdagslige» meningen begrepene har for elevene (Mork & Erlie, 2010, s. 23-32; Sjøberg, 2009, s. 344-347).

Leach og Scott (2003) er kritiske til et syn på læring av naturfag som kun involverer at elevene lærer seg å bruke det naturvitenskapelige språket. De påstår at den hverdagslige måten å prate på, der vi benytter oss av hverdagslivets begreper, enkelt og greit er den måten vi prater og tenker om «normale situasjoner» som foregår rundt oss. Dermed vil læring av naturfag heller involvere å lære seg en annen måte å snakke og tenke om verden på, som kan tas frem å brukes i de riktige kontekstene. En god forståelse av naturvitenskap kjennetegnes

da ved evnen til å kunne skifte mellom ulike måter å snakke om fenomener, en vitenskapelig og en hverdagslig måte, samtidig som en kjenner til styrkene og svakhetene til hver av dem (Leach & Scott, 2003).

Læring har i lang tid blitt analysert gjennom individers begrepsutvikling, og det er begreper som i dag blir forstått som grunnleggende enheter for kunnskap (Scott et al., 2007; Sfard, 1998). Sfard (1998) beskriver dette slik:

Since the time of Piaget and Vygotski, the growth of knowledge in the process of learning had been analyzed in terms of concept development. Concepts are to be understood as basic units of knowledge that can be accumulated, gradually refined, and combined to form ever richer cognitive structures. (s. 5).

Som Sfard beskriver, er det en klar sammenheng mellom økende kunnskap og begrepsutvikling hos individer, og det er begreper som læres og lagres eller assimileres inn i individets kognitive struktur. Et individs «kognitive struktur», et begrep som også ble benyttet av Piaget, er en større gruppering av kognitive skjemaer som hører sammen på grunn av likheter eller sammenheng (Imsen, 2005, s. 231).

Alle naturvitenskapene, som blant annet fysikk, biologi og kjemi, inneholder begreper og enheter som er konstruert av oss mennesker for å kunne forstå og beregne ulike aspekter ved naturlige fenomener. De fleste av disse begrepene eller enhetene som brukes er det ikke mulig å konstruere på egenhånd, og vi er derfor avhengig av å lære dem på skolen eller gjennom kommunikasjon med andre (Driver, Asoko, et al., 1994). Naturvitenskapelige begreper inngår også ofte i en struktur der de gjerne bygger på hverandre (Sjøberg, 2009, s. 359-360). Dette kan komplisere læringen til elevene, og Sjøberg bruker følgende sammenligning for å kaste lys på problemet: «Begreper er som knuter i et garn, de kan ikke eksistere uten andre tråder og andre knuter.» (s. 359). Paradokset er da at elevene ikke kan lære enkelte begreper isolert en etter en, samtidig som det heller ikke er realistisk å lære alle begrepene samtidig.

Vygotsky skilte begrepene elevene bruker inn i *spontane begreper* og *vitenskapelige begreper*. De spontane begrepene er de begrepene som elevene har lært eller tilegnet seg gjennom oppveksten og i sosiale settinger, og ikke gjennom undervisning på skolen. De spontane begrepene omtales også som hverdagslivets begreper. Vitenskapelige begreper er derimot lært gjennom den faglige undervisningen på skolen, og har dermed en mer presis betydning enn de spontane begrepene (Vygotskij, 2001, s. 13; Øzerk, 1996, s. 104-105). Selv

om barn utvikler en forståelse for vitenskapelige begreper betyr det ifølge Vygotsky ikke at de glemmer og dermed slutter å bruke hverdagslivets begreper. Det dagligdagse språket vil fremdeles bli foretrukket i enkelte sammenhenger i lang tid (Scott et al., 2007).

«Conceptual profile», som er en modell som kan brukes for å analysere barns begrepsutvikling, blir her relevant å trekke inn. Denne modellen bekrefter at det er mulig for et enkelt individ å ha ulike måter å snakke om fysiske fenomener, der det i noen sammenhenger blir benyttet vitenskapelige begreper, mens det i andre sammenhenger blir benyttet dagliglivets begreper (Mortimer, 1995; Scott et al., 2007).

Innenfor individuelle perspektiver på læring er det derimot modellen «Conceptual change» som benyttes. «Conceptual change»-modellen skiller seg fra «Conceptual profile» i spørsmålet om det er mulig å tenke og snakke på ulike måter i ulike sammenhenger. Læring blir innenfor individuelle perspektiver betraktet som en prosess som involverer en «conceptual change» (Driver, Asoko, et al., 1994), men bruken av begrepet kan være forvirrende, siden betydningen varierer. Noen ganger brukes begrepet om prosessen læring, mens andre ganger brukes det for å referere til produktene av læringen (Scott et al., 2007). Det er uansett snakk om en eller annen form for begrepsendring, og jeg har dermed valgt å oversette «conceptual change» med det norske begrepet «begrepsendring».

Duit og Treagust (2003) beskriver sin bruk av begrepet slik: «... we use the term conceptual change for learning in such domains where the pre-instructional conceptual structures of the learners have to be fundamentally restructured in order to allow understanding of the intended knowledge, that is, the acquisition of science concepts» (s. 673). For å kunne tilegne seg nye forklaringer på vitenskapelige begreper, må altså tidligere kunnskap ifølge Duit og Treagust tas hensyn til og elevenes kognitive struktur må fundamentalt endres for å kunne forstå og tilegne nye vitenskapelige forklaringer på begreper. Duit og Treagusts beskrivelse av en begrepsendring er forståelig, enkel og direkte, og derfor har jeg valgt å bruke den som en definisjon av begrepet i denne oppgaven.

Forskning har vist at undervisning som baserer seg på begrepsendring, som beskrevet tidligere, vanligvis gir mer lovende resultater enn de tradisjonelle formene for undervisning (Duit & Treagust, 2003). Strategier for å fremme en begrepsendring vil bli beskrevet i neste avsnitt, men for at en begrepsendring i det hele tatt skal være mulig hos et individ, mener Hewson (1982) at tre betingelser må være oppfylt. Elevene må forstå den nye forklaringen av

begrepet, de må finne den troverdig og forklaringen må være nyttig i den forstand at den forklarer fenomener eller bidrar på måter som elevenes opprinnelige forklaring ikke maktet.

To hovedgrupper av strategier for å fremme en begrepsendring har blitt identifisert og beskrevet (Scott, Asoko, & Driver, 1992). Den første hovedgruppen går ut på å fremme en kognitiv konflikt. En kognitiv konflikt innebærer at elevene får erfaringer fra virkeligheten som ikke stemmer overens eller kan forklares med deres opprinnelige forklaringsmodell. Motstridende forklaringsmodeller blir satt opp mot hverandre og elevene må vurdere om de skal beholde eller forkaste sin opprinnelige forklaringsmodell. Duit og Treagust (2003) hevder derimot at denne strategien, som de omtaler som «den klassiske metoden», ikke fungerer godt nok. Elevenes forklaringsmodeller har vist seg å fortsatt inneholde feil og mangler etter at de har fått undervisning om et emne, der denne strategien ble benyttet.

Den andre hovedgruppen av strategier bygger på allerede eksisterende forestillinger hos den som lærer, og går ut på å utvikle og utvide disse forestillingene mot en vitenskapelig akseptert forklaring. Denne strategien vektlegger læreren og de «støttestrukturer» han kan bidra med for å bygge videre på det eleven allerede kan, og deretter introdusere elevene for nye måter å tenke på. Det som hovedsakelig skiller disse to hovedgruppene av strategier, er spørsmålet om begrepsendringen er noe som skjer direkte eller mer gradvis (Scott et al., 1992).

2.2.2 Elevenes forestillinger om fenomener i naturfag generelt og kjemi spesielt

Det har vist seg at barn starter å utvikle forklaringer og ideer på naturlige fenomener allerede før disse fenomenene blir tatt opp i naturfagundervisningen på skolen. Barn etablerer gjerne egne forklaringer for å kunne forklare fenomener de møter i hverdagen. Disse forklaringene kan være forenelige med den aksepterte vitenskapelige forklaringen, men er som oftest ikke det (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994, s. 1). Forestillingene er godt forankret i personlig erfaring og sosialiseringen barnet har gjennomgått, der de ofte får et syn på verden som bygger på «sunn fornuft» (Driver, Asoko, et al., 1994).

Det finnes mange ulike navn på det fenomenet at elever etablerer forestillinger som ikke er forenelig med vitenskapelige teorier. Eksempler på dette er «hverdagsforestillinger», «misoppfatninger», «alternative paradigmer», «alternative forestillinger», og i engelsk litteratur benyttes også «misconception», «childrens' science» «lay conceptions» «school-made misconceptions» og «preconcepts» (Barke et al., 2009, s. 3-4 og 21; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 59-61; Sjøberg, 2009, s. 329-332). Barke et al. (2009, s. 3) hevder begrepet «misconceptions» er det som blir oftest benyttet i internasjonal forskning.

I denne masteroppgaven vil begrepene *hverdagsforestilling* og *misoppfatning* bli brukt som navn på elevenes alternative forestillinger. Begrepet hverdagsforestillinger brukes gjerne om de forklaringene elevene har laget seg om fenomener før de lærer om disse i naturfagundervisning, og som stort sett ikke er i overensstemmelse med den vitenskapelig godtatte forklaringen. Begrepet misoppfatninger brukes derimot om feilaktige forestillinger som elevene mest sannsynlig har tilegnet seg gjennom undervisningen, disse kan stamme fra blant annet lærebøker og lærere. Hverdagsforestillinger anses som mer stabile, og dermed vanskeligere å endre. Begge begrepene blir ofte omtalt under ett, slik som «elevers forestillinger» (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 59-61), siden begge er uttrykk for forestillinger som ikke stemmer med dagens naturvitenskapelige teorier og forklaringer. Videre i oppgaven vil jeg benytte meg av denne betegnelsen når jeg skal omtale begge begrepene samlet.

Forskning på elevers forestillinger i kjemi baserer seg på et konstruktivistisk syn på læring (Barke et al., 2009, s. 2). Elevers forestillinger kan etableres hos elevene nettopp fordi de konstruerer sine egne tanker og ideer om verden (Nakhleh, 1992). Sjøberg (2009, s. 330-332) nevner de forestillingene som elevene har konstruert og gjort til sine egne gjennom å inkludere dem i sin kognitive struktur, som de største pedagogiske utfordringene. Grunnen til at hverdagsforestillingene skaper så store pedagogiske utfordringer for naturfagundervisningen er på grunn av at de «... er *ekte* produkter av barnets aktive forsøk på å forstå virkeligheten...» (Sjøberg, 2009, s. 330).

Læring kan vise seg å være spesielt utfordrende hvis elevers forestillinger skiller seg veldig fra godtatte vitenskapelige forklaringer (Driver, Asoko, et al., 1994). Hvis elevene skal ha mulighet til å tilegne seg vitenskapelige måter å snakke og tenke om fenomener, vil lærerens støtte være helt sentralt. Det som derimot ofte skjer, når elevers forestillinger skiller seg fra godtatte vitenskapelige forklaringer, er ifølge Sjøberg (2009, s. 332) at elevene etablerer to parallelle typer forståelser. Den ene forståelsen består da av skolens naturfag, og har da sitt gyldighetsområde nettopp på skolen og situasjoner forbundet med skole. Den andre typen forståelse er da elevenes egne forestillinger som de benytter videre i hverdagen. Dette er elevenes måte å mestre situasjonen der hverdagskunnskapen eller «sunn fornuft» strider med hva skolens naturfag forsøker å formidle. Disse to forståelsene forstyrrer ikke hverandre, og strider dermed med det synet på læring i naturfag som det ble argumentert for tidligere i oppgaven, der elevene velger språk ut ifra hvilket formål kommunikasjonen har (Leach & Scott, 2003; Sjøberg, 2009, s. 345).

En undervisning som ikke tar hensyn til elevers forestillinger, vil ifølge Barke et al. (2009, s. 28-30) som regel resultere i at elevene kun lærer seg en vitenskapelig forklaring i en begrenset periode (for eksempel til de er ferdig med eksamen), før elevene gradvis går tilbake til sine betrodde forestillinger. Selv om elevene ikke forstår og dermed returnerer til sine egne forestillinger, så har undervisningen en viktig funksjon i å få elevene til å reflektere over sine egne forestillinger (Barke et al., 2009, s. 52). De nevner videre to hypoteser for hvilke strategier en kan benytte for å påvirke undervisningen slik at elevene blir hjulpet fra sine alternative forestillinger og mot en vitenskapelig akseptert forklaringsmodell:

1. Først diskutere elevenes forestillinger og deretter presentere den vitenskapelige forklaringen.
2. Først presentere og undervise om den vitenskapelige forklaringen og deretter oppfordre elevene til å sammenligne den med egne eller tidligere vitenskapsmenns forestillinger (Barke et al., 2009, s. 30).

Disse hypotesene kan ses i sammenheng med de to hovedgrupper av strategier for å fremme en begrepsendring som ble beskrevet tidligere av Scott et al. Den første hypotesen er tilnærmet lik fremgangsmåten for å skape en kognitiv konflikt, som forhåpentligvis skal fremme en begrepsendring hos eleven. Videre vil det kun være i en situasjon der elevene føler seg ukomfortable med sine egne forestillinger, og når de opplever liten eller ingen progresjon med disse, at de kan tilegne seg en vitenskapelig forklaring (Barke et al., 2009, s. 28).

En strategi for å hjelpe elevene til å gi slipp på sine egne forestillinger og akseptere den vitenskapelige forklaringen på et begrep, kan som nevnt (hypotese 2) være å introdusere begrepets historiske utvikling. Gjennom forskning er det blitt funnet mange likheter mellom elevenes forestillinger og teorier som tidligere vitenskapsmenn har hatt, forestillinger som gjennom historien har blitt erstattet av en ny forklaring (Barke et al., 2009, s. 9). En slik strategi kan føre til at noen elever gjenkjenner sine egne forestillinger blant teoriene til tidligere vitenskapsmenn (Wandersee, sitert i Barke et al., 2009, s. 9). Med den rette veiledningen av en lærer, der de alternative forestillingene blir sammenlignet med dagens vitenskapelige teorier, kan det være at elevene gjennom en slik metode kan bli overbevist til å gi slipp på sine egne forestillinger.

Det er likevel viktig å huske på at selv om elevenes forestillinger ikke er forenelige med vitenskapelige forklaringer, så har elevene faktisk kommet frem til en logisk forklaring på et

fenomen. Det er blitt hevdet at elevenes forestillinger ikke burde kategoriseres som feil, men heller som alternative eller før-vitenskapelige ideer (Barke et al., 2009, s. 22).

Uansett hvor kompetent og flink en lærer er, vil det i undervisningen av og til oppstå situasjoner hvor elever sitter med spørsmål de ikke fikk besvart eller forklaringer de ikke helt har forstått. Det er spesielt i slike situasjoner at misoppfatninger oppstår (Barke et al., 2009, s. 24). For å kunne kartlegge og motvirke dette, må læreren kunne lede diskusjoner i klasserommet på en slik måte at vitenskapelige teorier og forklaringer blir tilgjengelige og forståelige for alle elevene. Dette kan blant annet gjøre gjennom å:

- Utvikle viktige ideer eller nøkkelsetninger knyttet til de nye begrepene som blir introdusert
- Introdusere viktige poenger knyttet til det epistemologiske grunnlaget for en vitenskapelig teori eller forklaring
- Fremme viktige tanker eller meninger som flere elever i klassen besitter, slik at dette blir tilgjengelig for alle
- Undersøke elevenes forståelse av vitenskapelige begreper (Leach & Scott, 2003, s. 104-105).

En vitenskapelig måte å tenke og snakke om verden vil innebære at mange elever oppdager store forskjeller mellom egne forestillinger og vitenskapelige forklaringer, derfor vil læreren ha en sentral rolle gjennom å veilede og støtte elevene i deres læringsprosess.

At læreren er bevisst på elevenes forestillinger, slik at undervisningen blir lagt til rette for at elevene skal overkomme forestillingene sine, vil kunne være det første steget mot å forbedre kjemiundervisningen (Barke et al., 2009, s. 37). Kunnskap om vanlige hverdagsforestillinger vil kunne gjøre det mulig å diskutere disse med elevene, og benytte visualiseringer slik som animasjoner og modeller for å hjelpe elevene til å oppdage hvorfor deres tidligere forestillinger ikke holder mål. Egnede kjemiske forsøk, som elevene kan gjennomføre etter diskusjoner knyttet til vanlige hverdagsforestillinger, kan også vise seg å være en passende metode for å hjelpe elevene mot en vitenskapelig forståelse. Praktisk arbeid gir elevene muligheten til å ta aktiv del i egen læringsprosess og selv konstruere deres egen kunnskapsstruktur, slik Duit (referert i Barke et al., 2009, s. 29) omtaler. Dette kan dermed danne grunnlaget for en begrepsendring. I tillegg til å kanskje hjelpe elevene mot en vitenskapelig forklaring på et fenomen, kan forsøk også spille en viktig rolle ved å skape

variasjon i undervisningen og motivere elevene (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 177-178 og 182-183).

For å kunne betrakte stoffers oppbygging, egenskaper og reaksjoner, «opererer» kjemifaget på tre dimensjoner: makronivå, mikronivå og representasjoner. Makronivået tar for seg det vi kan observere, altså beskrivelser av kjemiske stoffers egenskaper og reaksjoner, mens mikronivået tar for seg forklaringer av observasjoner som skjer på makronivået ved å benytte begreper som atomer, molekyler, bindinger og strukturer. Den faglige mest krevende dimensjonen å «operere» innenfor, er representasjoner. Her utføres beregninger knyttet til stoffer, partikler og reaksjoner ved hjelp av formler, symboler og likninger (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 23-24).

Utdannede lærere er kompetente, og mestrer dermed å snakke om stoffer, deres egenskaper og reaksjoner i alle disse tre dimensjonene samtidig. Lærere klarer å oppfatte hvilken dimensjon samtalen foregår i, og samtidig følge med hvis det oppstår raske skifter i hvilken dimensjon samtalen foregår i (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 23-24). Dette klarer nødvendigvis ikke elevene, og her ligger roten til mange av misoppfatningene som oppstår i løpet av kjemiundervisningen på skolen (Johnstone, sitert i Barke et al., 2009, s. 27).

Misoppfatninger vil mest sannsynlig spille en større rolle i kjemiundervisningen enn hverdagsforestillinger, siden elevene i liten grad vil ha kunnet konstruert egne forklaringer på abstrakte begreper og fenomener før de får undervisning om dette (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 59-60). Det er ikke mulig for elevene å observere eksempler på abstrakte begreper slik som atomer og molekyler i hverdagen, derfor vil visualiseringer og konkrete (av modeller) være viktig i kjemiundervisningen. I denne oppgaven, der fokuset hovedsakelig er på et «makro» synspunkt på kjemiske reaksjoner, vil likevel hverdagsforestillinger kunne være sentrale.

2.3 Fenomenet kjemiske reaksjoner

I problemstillingen til denne oppgaven blir setningen «kjemiske reaksjoner som et fenomen» brukt, med dette menes tanken om at et stoff kan endres til et annet stoff (Johnson, 2000). For at elevene skal kunne danne seg en vitenskapelig akseptert forklaring på fenomenet kjemiske reaksjoner, må elevenes utfordringer tas hensyn til, inkluderes og møtes i undervisningen (Barke et al., 2009, s. 1-2; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 59-61). Elevenes utfordringer ble omtalt tidligere (kap. 2.2), og jeg vil nå utdype hva som menes med «en vitenskapelig akseptert forklaring» av fenomenet kjemiske reaksjoner.

I litteraturen finnes det flere definisjoner på hva en kjemisk reaksjon er. Definisjoner er gjerne tilpasset ulike målgrupper, slik at yngre elever i grunnskolen vil kunne benytte en «enklere» definisjon enn den som blir benyttet på universitetene, men da ofte med noen tilpasninger. Etter hvert som elevene blir eldre vil definisjonene av de ulike begrepene bli endret på litt etter litt, slik at målet er å ende opp med en definisjon som det hersker enighet over i vitenskapssamfunnet (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 55). Det er gjerne et ønske om å unngå å komplisere elevenes læring som ligger bak slike forenklete definisjoner. Den vitenskapelige aksepterte definisjonen av et begrepet inneholder ofte mange andre ukjente ord, uttrykk og begreper i tillegg til begrepet som i utgangspunktet skulle læres. Så for at elevene skal slippe å lære alle begreper som henger sammen samtidig (begrepenes avhengighet av hverandre ble omtalt under kap 2.2.1), så blir definisjonene «forfinet oppover trinnene» (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 55).

En tilfredsstillende forståelse av kjemiske reaksjoner kjennetegnes ifølge Papageorgiou, Grammaticopoulou, og Johnson (2010) ved en forklaring som inneholder en beskrivelse av interaksjoner mellom stoffer der et nytt stoff blir dannet. Dette må også bli forklart på mikronivået ved hjelp av ideen om atomer. Et stoff som har gjennomgått en kjemisk reaksjon kan gjenkjennes på følgende måte: «A chemical change is recognised by the disappearance of the reacting (old) substances and the appearance of other (new) substances.» (Driver, Squires, et al., 1994, s. 90). Et annet eksempel på en vitenskapelig akseptert forklaring av fenomenet kjemiske reaksjoner, blir av Solsona, Izquierdo, og De Jong (2003) beskrevet slik: «We say that students have *explained* the concept of chemical change when they explain changes as changes of substances interrelating correctly the macroscopic and microscopic levels. » (s. 7-8). Dette er da beskrivelser av vitenskapelige aksepterte forklaringer av begrepet kjemisk reaksjon, der både mikroskopiske og makroskopiske perspektiver er inkludert.

Undersøkelsen som ble gjennomført i tilknytning til denne masteroppgaven ble gjennomført på 5. trinn. Definisjonen av begrepet kjemisk reaksjon som ble benyttet i undersøkelsen måtte dermed tilpasset elevenes unge alder. I de ulike naturfaglige lærebøkene som benyttes for dette klassetrinnet, varierer definisjonene noe. Særlig er det formuleringene som varierer, men meningsinnholdet er stort sett likt. Her er noen eksempler:

- «To eller flere stoffer som reagerer med hverandre og danner et nytt stoff» (Gran & Nordbakke, 2008, s. 127).

- «I kjemiske reaksjoner forandrer kjemiske **stoffer** seg og danner nye stoffer. Kjemiske reaksjoner kan skje når to eller flere stoffer blandes.» (Chase, s.a., s. 5).
- «Når byggeklosser binder seg til hverandre eller spretter fra hverandre, skjer det kjemiske reaksjoner.» (Spilde & Bungum, 2006, s. 76).

Definisjonene over har et tydelig forenklet innhold i forhold til de mer vitenskapelige aksepterte definisjonene som ble beskrevet tidligere. I undersøkelsen som ble gjennomført i tilknytning til denne oppgaven var det definisjonen til Gran og Nordbakke som ble benyttet. Denne definisjonen er enkel, kort og tydelig, og samtidig er bruken av uttrykket «nytt stoff» veldig fordelaktig når elevene skulle vurdere om det hadde skjedd en kjemisk reaksjon eller ikke.

I læreplanen etter Kunnskapsløftet (LK06) er det hovedsakelig hovedområdet «fenomener og stoffer» som omtaler og beskriver hva elevene skal kunne om stoffer og kjemisk reaksjon ved endt utdanning. Etter 7. årstrinn er det forventet at elevene skal kunne:

- «forklare hvordan stoffer er bygd opp, og hvordan stoffer kan omdannes ved å bruke begrepene atomer og molekyler
- gjennomføre forsøk med ulike kjemiske reaksjoner og beskrive hva som kjennetegner dem» (Utdanningsdirektoratet, 2013, s. 8).

Det første målet behandler hovedsakelig en beskrivelse av hva som skjer på mikronivået i en kjemisk reaksjon, der begrepene atomer og molekyler skal benyttes for å forklare hva som skjer når utgangsstoffer omdannes til produkter. Den makroskopiske beskrivelsen av kjemiske reaksjoner blir i større grad behandlet i det andre målet. Selv om det ikke blir nevnt direkte, ligger det implisitt i begge målene at elevene må lære seg hva begrepet «kjemisk reaksjon» betyr.

Når det kommer til forståelsen av et begrep i kjemi, blir det hevdet at dette ikke kun handler om pugging av definisjonen, men også om de assosiasjoner man knytter til begrepet. Assosiasjoner kan da være egenskaper, eksempler, ikke-eksempler, sammenhengen til andre begreper (underordnede-, sideordnede- og overordnede begreper) og eventuelle kvantitative mål (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 53-54).

2.3.1 Læringsprogresjoner

Med tanke på hvilke trinn det faglige innholdet i naturfag burde bli introdusert, spør Papageorgiou et al. (2010) i sin artikkel spørsmålet: «burde vi undervise barneskoleelever om

kjemisk endring?». For å forsøke å svare på dette spørsmålet ble det gjennomført en undersøkelse der partikkelmodellen for stoffer, inkludert begrepene molekyler og atomer, ble introdusert til elevene. Resultatene viste at kun noen få elever kunne vise til en tilfredsstillende forståelse av kjemiske reaksjoner. Det var likevel en gjennomgående økning av forståelse blant elevene. Papageorgiou et al. (2010) konkluderte med at elevene hadde vanskeligheter med å forstå kjemiske reaksjoner både på mikro- og makronivå, og å forvente at barneskoleelever skulle kunne gi en tilfredsstillende mikroskopisk forklaring var litt i overkant. De påpeker at ideen om kjemiske reaksjoner kanskje best passer for de eldste elevene på mellomtrinnet, men også at utviklingen av en forståelse knyttet til kjemiske reaksjoner mest sannsynlig er en gradvis prosess, der forståelsen ser ut til å være avhengig av konteksten.

Det er blitt hevdet at gjentatt fokus på noen grunnleggende ideer og relaterte begreper og aktiviteter, skal kunne fremme undervisnings- og vurderingsarbeidet i klasserommet (Smith, Wiser, Anderson, & Krajcik, 2006). En grunnleggende idé er sentrale prinsipper innenfor en fagdisiplin som inneholder veletablerte begreper, modeller og teorier. Disse grunnleggende ideene kan gi en forklaring på et bredt spekter av fenomener, og er sentrale for både sitt fagområde og for kobling mellom fagområder. Grunnleggende ideer kan forstås på gradvis mer avanserte måter etter hvert som elevene utvikler sine kognitive evner og opparbeider seg flere erfaringer knyttet til ulike fenomener og representasjoner. Tanken er da at noen grunnleggende ideer kan introduseres på et tidlig klassetrinn, og deretter utvikles og utvides gjennom hele utdanningsløpet. På denne måten kan elevene bli introdusert for påfølgende mer kompliserte måter å forstå en grunnleggende idé på (Smith et al., 2006).

En beskrivelse av det faglige innholdet og aktiviteter knyttet til en grunnleggende idé, og hvilken rekkefølge dette burde legges frem i undervisningen, blir omtalt som en læringsprogresjon (Smith et al., 2006). Læringsprogresjoner kan dermed fungere som en modell for hvordan det faglige innholdet av en grunnleggende idé i naturfag burde legges opp, samtidig som de også kan fungere som et rammeverk for vurderingen av elevenes kunnskaper (Sevian & Talanquer, 2014).

En mulig læringsprogresjon for den grunnleggende ideen om stoffer og stoffers endringer er beskrevet av Smith et al. (2006, s. 11-16), og baserer seg på tre sentrale spørsmål:

1. Hva er gjenstander laget av og hvordan kan vi forklare deres egenskaper?
2. Hva forandres og hva er fortsatt det samme når noe omdannes?
3. Hvordan vet vi alt dette?

Læringsprogresjonen tar utgangspunkt i disse tre spørsmålene når det legges opp en modell for det faglige innholdet, og på hvilke trinn innholdet burde introduseres til elevene. Læringsprogresjoner skal sørge for at elevene vil bli introdusert til en versjon av forklaringen på en grunnleggende idé som er tilpasset deres erfaringer, kunnskaper og kognitive kapasitet (Smith et al., 2006). Her kan det tenkes at unge elever starter med å lære om stoffer på makronivået, og etter hvert som de blir eldre og den kognitive kapasiteten øker, vil elevene bli introdusert for forklaringer på mikronivået og de vil lære seg å uttrykke forklaringene ved hjelp av representasjoner. Læringsprogresjoner kan altså fungere som en guide for lærere, slik at de kan klare å hjelpe elever med å koble sammen deres egne forestillinger og vitenskapelige aksepterte forklaringer.

2.3.2 Elevers forståelse av kjemiske reaksjoner

For å kunne beskrive elevers forståelse av kjemiske reaksjoner er det blitt foreslått fem kategorier: «disappearance», «displacement», «modification», «transmutation» og «chemical interaction» (Andersson, 1990). De fire første kategoriene representerer ulike forklaringer som har til felles at elevene ikke ser sammenhengen mellom utgangsstoffer og produkter. Utgangsstoffer som forsvinner og produkter som dukker opp blir sett på som to selvstendige hendelser, uten en forståelse for sammenhengen mellom utgangsstoffene og produktene. Dette er altså forklaringer hvor elevene gir uttrykk for sine forestillinger om kjemiske fenomener, forestillinger som ikke stemmer overens med den vitenskapelige forklaringen. Den siste kategorien representerer de forklaringene som anerkjenner at det har skjedd en kjemisk reaksjon mellom utgangsstoffene, og resultatet er produktene. Forklaringer i denne kategorien er i stor grad forenelig med den vitenskapelige forklaringen.

Det som er mest karakteristisk for en kjemisk reaksjon, er dannelsen av nye stoffer med nye (oftest observerbare) egenskaper (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 139). Et stoff kjennetegnes ved sine egenskaper, så ulike egenskaper indikerer at vi har med ulike stoffer å gjøre. I den internasjonale naturfagstudien TIMMS ble det derimot ut fra elevbesvarelsene oppdaget at elevene i 7-9. klasse hadde store problemer med å peke ut at det i en kjemisk reaksjon ble dannet nye stoffer (Kjærnsli et al. gjengitt i Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 144).

Hva er det som gjør begrepet «kjemisk reaksjon» vanskelig å forstå, og som dermed fører til at elevene ikke klarer å tilegne seg den vitenskapelig aksepterte forklaringen? Ahtee og Varjola (1998) oppdaget i sin studie av finske elevers (7. klasse til universitetsnivå) forståelse av begrepet kjemisk reaksjon, at mesteparten (omkring 80%) av elevene som ble intervjuet (totalt 18 elever) klarte ikke å skille mellom fysiske og kjemiske endringer. Fysiske endringer er da

faseoverganger som blant annet smelting, fordamping og kondensering. Flere av elevene godtok enkelte faseoverganger, slik som smelting av is, som et eksempel på en kjemisk reaksjon.

Tsaparlis (2003) oppdaget lignende resultater i sin undersøkelse omkring elevers (15-19 år gamle) evne til å forstå sammenhengen mellom kjemiske fenomener og kjemiske reaksjoner. Det var flere elever som ikke klarte å identifisere kjemiske fenomener med kjemiske reaksjoner, og en av utfordringene som ble trukket fram var benevnelsene «fysiske»- og «kjemiske» endringer. TSAPARLIS konkluderte med at benevnelsene var med på å skape problemer for elevene, og at de dermed ikke burde brukes lenger. Dette blant annet fordi en forståelse av skillet mellom fysiske og kjemiske endringer involverer en forståelse av hva som skjer på mikronivået under stoffers endringer. Ahtee og Varjola (1998) påpeker også at det er kun når elevene får kjennskap til mikronivået og begrepet atom, at skillet mellom fysiske og kjemiske endringer blir opplagt. De råder likevel naturfaglærere til å ikke haste med å introdusere mikroskopiske beskrivelser, siden elevene vil trenge mange erfaringer av ulike fenomener for å kunne utvikle en forståelse for hvilket stort område atom-teorien gjelder.

Det har blitt spekulert rundt hvordan undervisning om fenomenet kjemiske reaksjoner med spektakulære eksempler, kan gjøre fenomenet vanskelig å forstå for elevene (Papageorgiou et al., 2010). Makroskopiske observasjoner som lys, smelting og gassdannelse kan være forstyrrende for elevenes forståelse, særlig hvis de ikke har etablert en god forståelse av stoffer på forhånd. Papageorgiou et al. mener at fenomenet kjemiske reaksjoner kunne blitt introdusert med mindre spektakulære eksempler, eksempler som ikke inkluderer gass-fasen og pulver, slik at elevene klarer å fokusere på stoffenes endringer.

Gjennom en toårig studie, som involverte en klasse fra den videregående skolen i Spania, ble det gjennomført undersøkelser knyttet til elevenes begrepsutvikling i forbindelse med begrepet kjemisk endring (Solsona et al., 2003). Resultatene viste overraskende nok at det hadde skjedd en dramatisk økning av elever (fra 14 % til 33%) som etter en lengre periode med undervisning om temaer knyttet til begrepet kjemisk endring, ikke klarte å produsere en forklaring på begrepet. Forfatterne konkluderte med at en økning av antall undervisningstimer knyttet til fenomenet kjemisk endring, og andre relevante temaer innenfor kjemi, ikke gir noen sikkerhet for at elevene skal forstå begrepet bedre og på en mer vitenskapelig måte.

Gjennom sin longitudinelle studie knyttet til norske elevers (10-13 år gamle) forståelse av stoffer og stoffers endringer, fant Øyehaug og Holt (2013) resultater som indikerer at

feilaktige forklaringer kanskje er en nødvendig del av læringsprosessen. Studenter utviklet i starten en fragmentert og ufullstendig forståelse av stoffer og stoffers endringer, men resultatene viste, ifølge dem selv, at elevenes forståelse av stoffer og stoffers endringer hadde utviklet seg mot det de omtalte som mer «integrert og helhetlig». Det ble altså funnet at elevene hadde restrukturert og omorganisert sine kunnskaps strukturer gjennom de to årene som studien pågikk. I sammenheng med disse resultatene burde kanskje undervisningen legges opp slik at elevene får muligheten til å undersøke, beskrive og sammenligne utgangsstoffene og produktene i en kjemisk reaksjon. Diskusjoner og spekuleringer omkring kjemiske reaksjoner burde oppmuntres, istedenfor å hoppe rett på hva som er det «riktige» svaret, dette for å engasjere elevene til å skape seg en forståelse av fenomenet (Ahtee & Varjola, 1998). Elevene må også lære seg å lete etter observerbare kjennetegn på kjemiske reaksjoner. Dette kan blant annet være temperaturendring, fargeforandring, gassutvikling, dannelselse av bunnfall og luktendringer (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 139).

For å lettere kunne gjenkjenne en kjemisk reaksjon, forsøkte Johnson (2000) i sin longitudinell studie på britiske elever (11-14 år gamle) å introdusere ideen om at stoffers koke- og smeltepunkt kunne brukes for å identifisere et stoff, altså det samme stoffet vil alltid ha samme koke- og smeltepunkt. Meningen med å introdusere denne ideen var å gi elevene et verktøy for å kunne gjenkjenne en kjemisk reaksjon, siden utgangsstoffene og produktene av en kjemisk reaksjon ville hatt ulike koke- og smeltepunkt. Resultatene viste derimot at elevene ikke klarte å benytte seg av denne ideen. Grunnen til dette var at elevene ikke hadde en god nok vitenskapelig forståelse for begrepet stoff. Muligheten for at et stoff kunne endres til andre stoffer var ikke en del av deres tankegang, og derfor hadde elevene ingen mulighet for å kunne kjenne igjen en kjemisk reaksjon.

2.3.3 Elevers forestillinger knyttet til stoffer og kjemisk reaksjon

Hvordan elever snakker om stoffer og materialer, og endringer disse kan gjennomgå, kan si mye om hvilke forestillinger de sitter inne med. Det har blitt funnet at nybegynnere i kjemi ofte har en tendens til å snakke på en måte som antyder at stoffer og materialer har egen «vilje» (Barke et al., 2009, s. 38). Særlig kommer dette til syne når elevene snakker om stoffers endringer. Et eksempel er elevenes omtale av ved. Uttalelser som «veden *vil* ikke brenne» og «veden brenner *for* at vi skal få lys og varme» er eksempler hvor veden blir omtalt som om den hadde mulighet til å bestemme om den vil brenne eller ikke.

Det er blitt avdekket at flere elever sitter med forestillinger om at gasser ikke er stoffer (Horton, 2007). Særlig kan dette komme til uttrykk i elevenes hverdagslige omtale av luft, der

ikke alle har en forståelse for at luft er noe, veier noe og tar plass. Et annet sentralt tema vil være å skille elevene fra forestillinger om at alle gasser er farlige, giftige eller brennbare (Barke et al., 2009, s. 50-52). Det er også blitt funnet at mange elever gir gasser og luft motstridende affektive kjennetegn. Luft er «bra» siden vi trenger det til å puste og dermed leve, mens gasser er «ikke bra» siden de kan være både giftige og brennbare (Driver, Squires, et al., 1994, s. 80).

Fenomenet kjemisk reaksjon

At det har skjedd en kjemisk reaksjon kan ut ifra et vitenskapelig synspunkt observeres ved at egenskapene til produktene skiller seg fra egenskapene til utgangsstoffene. Elevene har derimot en tendens til å identifisere kjemiske reaksjoner ved å se etter uvanlige og uventede hendelser, slik som brusing, eksplosjoner og fargeendringer (Driver, Squires, et al., 1994, s. 86).

Elever assosierer ikke alltid stoffers endringer og dannelsen av nye stoffer med kjemiske reaksjoner, men de ser heller for seg at de har å gjøre med det samme stoffet, bare egenskapene til stoffet er endret. Eksempler på dette er: kobbertak blir grønt, sølvbestikk blir svart, jern blir rustfarget og vann blir rødt (Barke et al., 2009, s. 39-41). Dette er i overensstemmelse med flere hovedtyper av elevers forestillinger knyttet til kjemiske reaksjoner som er identifisert og beskrevet. Eksempler er at produktene av en kjemisk reaksjon bare er en modifisert utgave av utgangsstoffene, og at utgangsstoffene kan omdannes til produktene (Andersson, 1990). For at elevene skal kunne utvikle en forståelse av kjemiske reaksjoner som bygger på vitenskapelig aksepterte teorier, så må nye egenskaper assosieres med nye stoffer.

Koblingene mellom språket som benyttes i elevenes hverdag og det naturvitenskapelige språket kan, som nevnt i kapittel 2.2.1, by på mange utfordringer. Språket som benyttes i elevenes hverdag legger for eksempel ofte opp til at elevene får en forestilling om at stoffer kan ødelegges og dermed slutte å eksistere. Uttalelser som «veden *brenner opp*», «bensinen er *brukt opp*», «planter *råtner bort*» og «spikeren har *rustet bort*» støtter særlig en slik forestilling (Barke et al., 2009, s. 43-44). Elevene trenger undervisning for å kunne forstå at stoffer ikke kan ødelegges og forsvinne, men at mengden stoff er bevart gjennom en kjemisk reaksjon. Det er ikke mulig for elevene å komme frem til et slikt «bevarings»-begrep ut fra egne observasjoner, og samtidig vil hverdagspråket bare styrke et «ødeleggelses»-begrep (Barke et al., 2009, s. 44).

Særlig relevant for denne oppgaven er elevers forestillinger knyttet til forbrenning. Mange elever forestiller seg at stoffer «brenner opp» og blir borte under en forbrenningsprosess. Dette strider mot dagens vitenskapelige aksepterte forklaring for forbrenning, som er at det skjer en kjemisk reaksjon mellom oksygen i luften og et eller flere stoffer i det som brenner (Sjøberg, 2009, s. 341). Elevenes forestillinger knyttet til forbrenning har flere likheter med og kan sammenlignes med flogistonteorien som den tyske vitenskapsmannen Stahl introduserte seint på 1600-tallet (Barke et al., 2009, s. 11). Stahl observerte, på samme måte som dagens elever, brennbare stoffer som tilsynelatende forsvant etter forbrenningsprosessen. Dette ble forklart ved at alle brennbare stoffer inneholdt flogiston som forsvant under forbrenning. Stahl mente, som flere andre på denne tiden, at vann og jord var de viktigste elementene i alle kjemiske stoffer. Flogiston var ifølge Stahl en av tre typer jord, nemlig brennbar jord, og det var dermed flogiston som gjorde det mulig for stoffer å brenne (Barke et al., 2009, s. 11-12; Levere, 2001, s. 35-36).

Det finnes flere eksempler av elevers forestillinger knyttet til begrepet forbrenning og et hverdagslig konstruert «ødeleggelses»-begrep. Et eksempel er at «noe» forsvinner opp i lufta og bare en liten mengde aske ligger igjen (Barke et al., 2009, s. 46). Dette «noe» kan ses i sammenheng med flogiston, og da er det mulig å diskutere og sammenligne elevenes forestillinger med flogistonteorien. Diskusjoner med elevene om forbrenningsprosessen kan også fokusere på rollen luft eller, mer korrekt, oksygen har i prosessen. Hva som skjer hvis branner får mye eller lite tilgang på oksygen, er spørsmål som kan undersøkes sammen med elevene, og forhåpentligvis understreke oksygenets betydning for forbrenningen (Barke et al., 2009, s. 46-50).

Andre relevante forestillinger knyttet til stoffer og fenomenet kjemisk reaksjon er:

- Luft har negativ vekt (Schmidt (97) gjengitt i Horton, 2007).
- Faste stoffer, væsker og gasser er ulike stoffer. Den ene forsvinner når den andre dukker opp (Kind (04) gjengitt i Horton, 2007).
- Produktet av en kjemisk reaksjon består av en av utgangsstoffene (deVos (87) gjengitt i Horton, 2007).
- Kjemiske reaksjoner skjer på grunn av at stoffer blandes (Strong (70) gjengitt i Horton, 2007)
- Rust er en type jern (Talanquer, 2006).
- Varme er hovedårsaken bak alle kjemiske reaksjoner (Talanquer, 2006).

2.4 Partikkelmodellen for stoffer

Flere av studiene som er nevnt under kapittel 2.3 «Fenomenet kjemiske reaksjoner» påpeker at det er nødvendig at elevene etablerer en solid og god forståelse av stoffer før de skal lære om kjemiske reaksjoner. Flere studier hevder blant annet at uten en vitenskapelig forståelse for begrepet «stoffer» er det ikke mulig for elevene å ha en vitenskapelig forståelse for stoffers endringer og begrepet «kjemiske reaksjoner» (Johnson, 2000, 2002; Papageorgiou & Johnson, 2005). Begrepene henger sammen og er avhengige av hverandre, noe som gjør det vanskelig å balansere forholdet mellom hvilke begreper elevene trenger å lære med en gang og hvilke som kan introduseres seinere i utdanningen. Dette er et paradoks som ble omtalt under kapittel 2.2.1 «Det naturvitenskapelige språket og begreper». Spørsmålet her blir da om det er nødvendig og ønskelig å introdusere partikkelmodellen for stoffer for å kunne gi elevene en forståelse av fenomenet kjemiske reaksjoner, eller om det er mulig å etablere en «god nok» forståelse uten partikkelmodellen? Dette skal vi nå se litt nærmere på.

Partikkelmodellen for stoffer er en modell for å beskrive stoffer. Modellen tar utgangspunkt i at alle stoffer er bygd opp av submikroskopiske partikler som alltid er i bevegelse, og bevegelsen til partiklene øker med temperaturen. Alle partiklene i et bestemt stoff er like, og kan da være enten atomer eller molekyler, avhengig av om det er snakk om et grunnstoff eller ikke (Tveita, 2011). Partikkelmodellen for stoffer blir omtalt i læreplanen (LK06) for naturfag under kompetansemålene for elever fra 5-7. årstrinn. Følgende kompetansemål beskriver hva det er elevene skal kunne i forhold til partikkelmodellen:

- beskrive sentrale egenskaper ved gasser, væsker, faste stoffer og faseoverganger ved hjelp av partikkelmodellen (Utdanningsdirektoratet, 2013, s. 8).

Spørsmålet om partikkelmodellen er til hjelp eller hinder for elevenes forståelse av fenomener er nettopp det Papageorgiou og Johnson (2005) adresserer i sin undersøkelse blant greske elever (10-11 år gamle). I undersøkelsen deres sammenlignes to elevgrupper som begge har fått undervisning om fenomenene faseoverganger og blandinger, men kun den ene gruppen ble introdusert for partikkelmodellen. Resultatene tydet på at elevene som gjennomgikk det undervisningsopplegget der partikkelmodellen ble introdusert, hadde utviklet en bedre forståelse for fenomenene faseoverganger og blandinger. Papageorgiou og Johnson mener at det ut i fra resultatene er grunn til å være optimistisk med tanke på elevenes utvikling av forklaringsmodeller, men poengterer da at undervisningsopplegget knyttet til partikkelmodellen må være godt planlagt og strekke seg over en tidsperiode på flere år.

Merino og Sanmarti (2008) gjennomførte en undersøkelse på 172 spanske studenter (9-11 år gamle) der de analyserte elevenes forestillinger knyttet til fenomenet kjemiske reaksjoner ved hjelp av elevtegninger. Elevene ble delt inn i to grupper, der den ene gruppen hadde kjennskap til partikkelmodellen for stoffer, mens den andre gruppen ikke hadde det. Resultatene viste at elevene som ikke var introdusert for partikkelmodellen ikke klarte å forestille seg, og dermed tegne, «innsiden» av stoffer. Med «innsiden» mener forfatterne det stoffene består av, altså mikronivået. Elevene hadde ingen forklaringsmodell for noe så abstrakt som hva stoffer er bygd opp av, og uten kjennskap til partikkelmodellen begrenset elevene seg til å beskrive egne observasjoner. Elevgruppen med kjennskap til partikkelmodellen klarte å forestille og konstruere flere forklaringsmodeller for observerte reaksjoner. Selv om partikkelmodellen kan være komplisert og vanskelig å forstå for unge elever, kan det tenkes at introduksjon av partikkelmodellen kan være første steg i en læringsprogresjon der målet er å forstå naturvitenskapelige fenomener.

I sin longitudinelle studie undersøkte Johnson (2000, 2002) britiske 11-14 år gamle elevers forståelse av kjemiske reaksjoner (også omtalt under kap 2.3.2). Han undersøkte hvordan elevene gjenkjente og forklarte kjemiske reaksjoner. Han fant i sin undersøkelse at for at elevene skulle kunne danne seg en forståelse av kjemiske reaksjoner måtte de kunne se på stoffer som en enhet som kan: forandres mellom tre former, oppstå og forsvinne og identifiseres ved sine egenskaper. I denne sammenhengen betyr «oppstår og forsvinner» at stoffene kan reagere og danne nye stoffer, altså ikke at stoffer forsvinner i «løse luften» eller ødelegges. For at elevene skulle kunne se på stoffer på denne måten, og dermed ha mulighet til å danne seg en vitenskapelig akseptert forklaring på kjemiske endringer, mente han at partikkelmodellen måtte innføres.

Viktigheten av partikkelmodellen uttrykkes også av Ringnes og Hannisdal (2014): «En partikkelforståelse av stoffer er nødvendig ikke bare for å forstå oppbygningen av stoffene, men også for å forstå deres egenskaper og reaksjoner og for å tolke reaksjonslikningene.» (s. 27). Selv om tolkning av reaksjonslikninger og en omfattende forståelse av stoffers oppbygning er på et mye høyere faglig nivå enn det denne oppgaven omhandler, er det mye som tyder på at første steg i prosessen med å forstå fenomenet kjemiske reaksjoner er å utvikle en større forståelse for stoffer og deres egenskaper.

Gjennom en treårig longitudinell undersøkelse knyttet til elevers forståelse av partikkelmodellen, fant Johnson (1998) resultater som indikerer at partikkel-ideer faktisk hjelper elevene til utvikle en tanke om at også gasser er stoffer. Dette er et viktig steg for at

elevene faktisk skal kunne forstå kjemiske reaksjoner. Johnson hevder, på samme måte som Øyehaug og Holt (se kap. 2.3.2), at elevenes vanskeligheter og de mange oppdagede alternative forestillingene som elever har etablert seg, faktisk kan være et viktig steg i utviklingsprosessen mot en mer vitenskapelig akseptert forklaringsmodell. Papageorgiou et al. (2010) påpeker også at resultatene fra flere av forfatterens tidligere studier tyder på at kjennskap til partikkelmodellen vil kunne hjelpe elever til å utvikle en makroskopisk forståelse av stoffer, spesielt gass-fasen.

3 Metode

3.1 Forskningsstrategi, design og datainnsamling

Hensikten med denne studien var å få større innsikt i elevers forståelse knyttet til fenomenet kjemiske reaksjoner, spesielt med tanke på eventuelle utfordringer som er til hinder for at elevenes læringsutbytte. Jeg vil nå utdype studiens forskningsstrategi, forskningsdesign og datainnsamling.

3.1.1 Kvalitativ forskningsstrategi

For å få større innsikt i elevers forståelse og utfordringer knyttet til fenomenet kjemiske reaksjoner har jeg valgt å utvikle, gjennomføre og evaluere et undervisningsopplegg. Undersøkelsen tok utgangspunkt i et lite utvalg elever, der det var nærhet mellom forsker og elevene, og undersøkelsen foregikk på elevenes skole. Jeg valgte å benytte meg av en kvalitativ forskningsstrategi. Grunnen til dette er fordi en kvalitativ forskningsstrategi baserer seg på rik og dyp informasjon om et lite utvalg studieobjekter, der forskeren er ute etter informantens meninger, og forsøker å forstå informantenes situasjon eller handlinger (Ringdal, 2013, s. 104-105). Hensikten med denne oppgaven er ikke å gå i bredden og skape sammenlignbare resultater som kan generaliseres, men å gå i dybden å innhente rik informasjon om enkeltelevers opplevelse og forståelse knyttet til temaet kjemiske reaksjoner.

3.1.2 Forskningsdesign

Det er hovedsakelig faktoren «endring» som skal studeres i undersøkelsen, nærmere bestemt endring av elevenes forståelse knyttet til begrepet kjemiske reaksjoner etter å ha gjennomført et målrettet undervisningsopplegg. Jeg hadde to klasser til rådighet for å gjennomføre undersøkelsen min. Jeg valgte dermed å benytte en av klassene til å gjennomføre en pilotstudie, der intervjuguider, tester og undervisningsopplegget ble testet ut.

Undersøkelsen bestod av to tester (pre- og posttest), to gruppeintervjuer og det nevnte undervisningsopplegget (figur 3-1).



Figur 3-1: Forskningsdesignet for undersøkelsen. Pilene illustrerer rekkefølgen de ulike elementene ble gjennomført.

Undervisningsopplegget varte i seks uker, og for å kunne gjøre endringer fra første til andre gjennomføring, startet pilotstudien en uke før selve studien. Undervisningsopplegget vil bli beskrevet under kapittel 3.2 «Undervisningsopplegget».

3.1.3 Datainnsamlingen

Dataene som er samlet inn til denne masteroppgaven består av elevenes pre- og posttest og transkripsjoner fra gruppeintervjuene. Informert samtykke ble innhentet fra elevenes foreldre (vedlegg 2) og godkjenning fra NSD ble gitt for å sette i gang undersøkelsen (vedlegg 1).

I vurderingen av undervisningsopplegget var jeg ute etter å skaffe informasjon om elevenes læringsutbytte, opplevelse og meninger knyttet til opplegget. For å kunne vurdere elevenes læringsutbytte valgte jeg å benytte meg av flere metoder, såkalt metodetriangulering (Johannessen, Christoffersen, & Tufte, 2010, s. 230). Den samme testen, og gruppeintervjuer med de samme informantene, ble gjennomført både før og etter undervisningsoppleggets økt 2-7 (figur 3-1).

Undersøkelsen ble gjennomført på en barneskole jeg har valgt å kalle Sjøsidens barneskole. Sjøsidens barneskole ligger i en mindre by i Norge og har omtrent 300 elever fra 1-7. klasse, der en vesentlig del av elevene er flerspråklige. Undersøkelsen ble gjennomført i to parallellklasser på 5. trinn, som jeg har valgt å kalle for klasse 1 og klasse 2. Utvalget som det vil bli presentert data fra i denne oppgaven stammer kun fra klasse 2.

En utfordring ved å forske ved Sjøsidens barneskole, var at jeg kjente mange av elevene fra før. For å ivareta anonymiteten til skolen og elevene spesielt, har jeg valgt å ikke utdype min tilknytning til skolen noe mer enn dette. Jeg vil utdype problematikken med å forske på en kjent informantgruppe under kapittel 3.5.4 «etiske problemstillinger».

I tillegg til begrepet «kjemisk reaksjon» har det også blitt fokusert på de tilknyttede begrepene «gass» og «stoff» i testene og i gruppeintervjuene. Grunnen til at jeg var interessert i begrepene «gass» og «stoff» når temaet er kjemiske reaksjoner er fordi flere forskere har hevdet at det ikke er mulig å ha en vitenskapelig forståelse for begrepet «kjemiske reaksjoner» uten en vitenskapelig forståelse for begrepet «stoffer» (Driver, Squires, et al., 1994, s. 85; Johnson, 2000; Papageorgiou & Johnson, 2005). Jeg vil nå beskrive pre- og posttesten og intervjuguidene fra gruppeintervjuene hver for seg.

Pre- og posttesten

Den nøyaktig samme testen ble gjennomført både før og etter undervisningsopplegget (vedlegg 3), og tok omtrent 30 minutter å gjennomføre. Oppgavene i pre- og posttesten var nøyaktig like for å lettere kunne analysere og sammenligne elevenes besvarelser. Jeg vil derfor omtale begge som «testene» videre i oppgaven. Oppgavene ble valgt ut med utgangspunkt i relevante kompetansemål og utvalgte hverdagsforestillinger som har blitt beskrevet av forskning innenfor området (se kap. 2.3.3). Testene bestod av ni ulike oppgaver, disse kan igjen deles inn i fire oppgavetyper:

- Grubletegninger der elevene skal lese ulike påstander, for deretter å velge ut den påstanden de er mest enige med og begrunne valget.
- Tegneoppgave der elevene skal forestille seg hvordan luft ville sett ut med «magiske briller».
- Utdypingsoppgaver der elevene må forklare noe eller begrunne et svar.
- Avkryssingsoppgaver der spørsmålstillingen kan være enig/uenig, fleip/fakta og sett kryss ved riktig påstand.

Ikke alle oppgavene er utviklet kun for denne undersøkelsen, men er laget med inspirasjon fra lærebøker (Gran & Nordbakke, 2008; Spilde & Bungum, 2006), læringsressurser (Chase, s.a.) (vedlegg 8 og 9) og forskningslitteraturen (Tveita, 1994). Grubletegningene er hentet fra naturfagsenterets hjemmesider (Naturfagsenteret, s.a.-a) (vedlegg 3).

Siden det har blitt benyttet både åpne og lukkede spørsmål, kan testene kategoriseres som semistrukturerte spørreskjemaer (Johannessen et al., 2010, s. 261). Fordelen med åpne spørsmål er at de kan gi rik informasjon om elevenes forståelse, men kan være vanskelige å analysere siden det ikke finnes standardiserte teknikker (Ringdal, 2013, s. 202 & 248). Grunnen til at jeg har valgt å benytte mange lukkede spørsmål av typen der elevene må ta stilling til en påstand, og i noen tilfeller utdype svaret sitt, var for at oppgavene ikke skulle bli for vanskelige for elevene. Ved første gjennomføring skulle elevene besvare spørsmålene før de hadde fått noen som helst undervisning om temaet, så oppgavene er også valgt strategisk for å unngå mange «blanke» svar.

«Magiske briller», et begrep som ble benyttet i tegneoppgaven (oppgave 2) i testene, var for å gi elevene et «verktøy» for å kunne se hva stoffer var bygd opp av. Begrepet ble benyttet for at alle elevene skulle forstå når det var snakk om noe vi ikke kunne se, men måtte forestille oss. Resultatene fra pre- og posttesten ble benyttet til å kartlegge elevenes forståelse og endring av forståelse som følge av undervisningsopplegget. Testene var også ment for å kunne avdekke

eventuelle hverdagsforestillinger og misoppfatninger elevene satt med før og etter undervisningsopplegget. Testene og resultatene fra testene ble også benyttet som et utgangspunkt for samtale og utdypende forklaringer i gruppeintervjuene.

Gruppeintervjuene

Til gruppeintervjuene ble det gjennomført et strategisk utvalg av informanter, og jeg valgte å bruke utvalgsstrategien «kriteriebasert utvelgelse» (Johannessen et al., 2010, s. 109). Informantene i min undersøkelse måtte oppfylle følgende kriterier: være muntlig aktiv i faglige sammenhenger, ha gode forutsetninger for å kunne sitte 30-45 minutter å diskutere faglige problemstillinger, og det måtte være sannsynlig at de skulle være til stede under hele tidsrommet undersøkelsen varte. Det var også ønskelig at begge kjønn var representert i alle grupper. Utvelgelsen ble tatt i samarbeid med kontaktlærerne til de to klassene. De seks elevene som ble intervjuet, har blitt anonymisert og fått fiktive navn. Tabell 3-1 gir en oversikt over de to gruppene og elevenes pseudonymer.

Tabell 3-1: oversikt over gruppene og pseudonymer.

Gruppe:	Fiktive navn:
Gruppe A	Arnt, Anne og Amalie
Gruppe B	Bjørn, Bernt og Britt

Maktforholdet mellom forskeren og de som blir intervjuet i et kvalitativt forskningsintervju vil være tydelig asymmetrisk (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 52-53), og det at jeg inntar en «dobbel-rolle» som både forsker og en som kjenner elevene vil nok ikke gjøre dette forholdet mindre asymmetrisk (se kap. 3.5.4). Valg av gruppeintervjuer er da tatt for å motvirke dette asymmetriske maktforholdet og forhåpentligvis gjøre intervjusituasjonen tryggere for elevene. En annen fordel med et gruppeintervju er at deltakerne kan bygge på hverandres utspill og dermed få frem flere sider, meninger og synspunkter knyttet til et tema. Flere personer tilstede vil også kunne fungere som en kvalitetssikring, slik at de ulike deltakerne kontrollerer hverandres utsagn og tilføyer informasjon hvis dette trengs (Repstad, 2007).

Intervjuene var semi-strukturerte og tok utgangspunkt i en intervjuguide. Intervjuguide gir en viss grad av standardisering ved at alle gruppene får stilt de samme nøkkelspørsmålene, men gir også muligheten til å variere på rekkefølgen spørsmålene blir stilt og eventuelt følge opp

viktige uttalelser (Johannessen et al., 2010, s. 139). Det ble benyttet to ulike intervjuguides, en til intervjuet før (vedlegg 4) og en til intervjuet etter undervisningsopplegget (vedlegg 6).

Begge intervjuguidene besto av tre deler: en introduserende del, hovedtemaer og veiledende intervju spørsmål. I den introduserende delen av intervjuene presenterte jeg min rolle under intervjuet, informasjonen om undersøkelsen ble gjentatt og elevene fikk informasjon om intervjuet. Elevene ble minnet på at deltakelsen var frivillig og de hadde rett til å trekke seg når som helst. Intervjuene ble tatt opp med en båndopptaker, og senere transkribert (vedlegg 23). Jeg vil nå utdype hovedtemaer og veiledende intervju spørsmål i de to intervjuguidene.

Gruppeintervju før undervisningsopplegget

Spørsmålene i de første gruppeintervjuene tok utgangspunkt i tre hovedtemaer (vedlegg 4):

- Elevenes holdninger og forventninger til naturfag og undervisningsopplegget.
- Pretesten og starten på undervisningsopplegget.
- Begrepet kjemiske reaksjoner.

Den første delen av intervjuet gikk ut på å snakke om elevenes tanker, holdninger og forventninger til naturfag generelt og undervisningsopplegget spesielt. Deretter fikk elevene utdelt hver sin kopi av pretesten. Vi gikk gjennom spørsmålene, og elevene fikk generelle spørsmål om hva de synes om oppgavene og om noen spørsmål var spesielt utfordrende. Elevene fikk deretter spørsmål om hvordan de opplevde starten på undervisningsopplegget, hva de tenker om ordet «gass» og om de ble overbevist av forsøkene vi gjennomførte om luft (vedlegg 8, se også kap. 3.2.3 for en beskrivelse av økt 1).

Den siste delen av intervjuet handlet om begrepet «kjemiske reaksjoner». Elevene hadde på dette tidspunktet ikke hatt noen form for undervisning om emnet, så intervjuet omhandlet hvilke forestillinger og forkunnskaper elevene hadde. Elevene fikk lest opp den definisjonen på en kjemisk reaksjon som vi skulle bruke senere i undervisningsopplegget (se kap. 2.3), og deretter fikk de oppgaver knyttet til definisjonen (se vedlegg 4). Ett av spørsmålene var en «hvem skal ut?»-oppgave (vedlegg 5). Elevene ble da presentert for fire ulike illustrasjoner, og fikk spørsmålet om hvem av illustrasjonene som ikke passet inn og dermed skulle ut. Hensikten med oppgaven var å se hvilke kriterier elevene baserte valget sitt på, og om det var noen som tenkte i retning av kjemiske reaksjoner.

Gruppeintervju etter undervisningsopplegget

De veiledende intervju spørsmålene i gruppeintervjuene etter undervisningsopplegget tok utgangspunkt i fire hovedtemaer:

- Undervisningsopplegget knyttet til kjemiske reaksjoner.
- Begrepet «kjemiske reaksjoner» og andre relevante begreper.
- To tester i forbindelse med undervisningsopplegget.
- Anvende kunnskapen om kjemiske reaksjoner.

Elevene ble spurt om læringsaktivitetene de hadde gjennomført i forbindelse med undervisningsopplegget, og om det var noen som var spesielt spennende og/eller lærerike. Før jeg gikk videre med intervjuet gjorde jeg det klart ovenfor elevene at dette intervjuet ikke var en prøve, men heller en samtale der jeg ville forsøke å forstå hva de hadde lært og hvordan de hadde lært det.

Resten av intervjuet handlet om begrepet kjemisk reaksjon, slik som hva en kjemisk reaksjon er og hvilke observerbare kjennetegn som finnes. Elevene fikk utdelt pre- og posttesten sin, og vi snakket om besvarelsene av utvalgte oppgaver og eventuelle endringer elevene hadde gjort. Den faglige delen av intervjuet ble avsluttet med å gjenta «hvem skal ut?»-oppgaven. Målet denne gangen var å se om elevene klarte å anvende sine nyervervede kunnskaper.

3.2 Undervisningsopplegget

3.2.1 Mål for undervisningen

For å kunne vurdere undervisningsopplegget ble det satt opp konkrete læringsmål som elevene skulle være i stand til å oppnå etter at undervisningsopplegget var gjennomført. Læringsmålene ble satt opp med utgangspunkt i kompetansemålene for naturfag etter 7. årstrinn (se kap 2.3). De oppsatte læringsmålene var også tilpasset elevenes alder og tiden jeg hadde til rådighet for å gjennomføre undersøkelsen.

Etter at undervisningsopplegget var gjennomført skulle elevene være i stand til å

- forklare at luft er noe, veier noe og tar plass.
- forklare hvilke tre faser et stoff kan opptre i.
- forklare hva vi mener med begrepene stoff, stoffblanding og kjemisk reaksjon, og kunne vise til eksempler.
- definere begrepet kjemisk reaksjon og forklare hva som skjer i en kjemisk reaksjon (makronivå).
- gjennomføre forsøk der utgangsstoffer og produkter av kjemiske reaksjoner skal observeres og beskrives.
- beskrive hva som kan kjennetegne kjemiske reaksjoner.
- fortelle om noen grunnleggende sikkerhetsregler for arbeid med kjemi.

3.2.2 Begrunnelse for undervisningsmetoder og oversikt over faglig innhold

Undervisningsmetodene som ble benyttet i undervisningsopplegget var tavleundervisning, plenumsdiskusjoner, diskusjoner i mindre grupper og praktiske aktiviteter slik som dramatisering, demonstrering av interessevekkende forsøk og elevøvelser. Elevene fikk også tid til individuelle læringsaktiviteter, der de blant annet arbeidet med begrepskart og bearbeiding av fagtekst ved å lese og gjøre oppgaver knyttet til teksten. Tabell 3-2 gir en kort oppsummering av det faglige innholdet i undervisningen (se vedlegg 7 for en mer detaljert oversikt over undervisningsopplegget).

Tabell 3-2: Oversikt over undervisningsopplegget.

Økt (tid):	Faglig innhold:
Økt 1 (ca. 30 min)	Forklare hva som karakteriserer luft (luft er noe, tar plass og veier noe).
Økt 2 (60 min)	Alt består av partikler. En mengde stoff kan opptre i en av tre tilstander. Gasser er også stoff.
Økt 3 (120 min)	Stoffer og egenskaper til stoffer.
Økt 4 (60 min)	Begrepet «kjemisk reaksjon». Hva er en kjemisk reaksjon? Observere ulike kjemiske reaksjoner.
Økt 5 (60 min)	Begrepene «stoff», «stoffblanding», «kjemisk reaksjon» og andre relevante begreper.
Økt 6 (120 min)	Observere, beskrive og forklare kjemiske reaksjoner (makronivå). Skaffe erfaringer med ulike kjemiske reaksjoner.
Økt 7 (60 min)	Kjennetegn på kjemiske reaksjoner.

Undervisningsopplegget har som mål å unngå at alternative forestillinger fester seg, og planleggingen er, i tillegg til kompetansemålene i LK06, gjort med utgangspunkt i litteraturstudier og resultater oppgitt der.

Inspirasjon til undervisningsmetoder er hentet fra relevant forskningslitteratur, egne erfaringer fra undervisning og forskning rundt temaet, og anbefalinger fra ulike naturfaglige læreverk, forskningsprogrammer og nettsider. Forsøkene som ble benyttet var utprøvde undervisningsopplegg som var utviklet av Naturfagsenteret (vedlegg 8 og 9). Fordelene med å benytte meg av ferdig utviklede forsøk, er at disse er utarbeidet av faglig dyktige forskere og kvalitetssikret av mange lærere. Dette sikrer at oppleggene er gjennomførbare, samtidig som forsøkene poengterer det faglige innholdet på en god måte.

Progresjonen av det faglige innholdet i undervisningsopplegget tok utgangspunkt i anbefalinger fra forskningslitteratur (Johnson, 1998, 2000, 2002; Papageorgiou et al., 2010; Papageorgiou & Johnson, 2005), og startet dermed med undervisning om *stoffer* før temaet *kjemiske reaksjoner* ble introdusert. Undervisningsopplegget fokuserer på en forklaring av kjemiske reaksjoner på makronivået. Mikronivået, med begreper som atomer, molekyler og

bindinger, og representasjoner, med likninger og systematiske navn, var ikke med i opplegget. Dette på grunn av elevenes alder og anbefalinger fra lærere, lærebøker og forskningslitteratur.

3.2.3 Gjennomføring av undervisningsopplegget

Gjennomføringen av undervisningsopplegget vil nå bli kort beskrevet. Alle undervisningsøktene utenom økt 1, 3 og 6 varte i en skoletime (60 minutter) (tabell 3-2). Undervisningen ble enten gjennomført på elevenes klasserom eller på skolens naturfagrom.

Økt 1

Det faglige temaet for denne økten var gasser, og målet var å overbevise elevene om at gasser er noe, tar plass og veier noe. For å overbevise elevene ble det gjennomført faglige diskusjoner og påfølgende forsøk knyttet til tre påstander (tabell nr. 2).

Tabell 3-3: Påstander som ble diskutert og gjort forsøk knyttet til i økt 1 av undervisningsopplegget.

Påstand (spørsmål)	Forsøk
Luft er noe (er luft noe?)	Sanse luft i bevegelse – Blåse på hendene/vifte på hverandre.
Luft tar plass (tar luft plass?)	Fange luft i pose. Fange luft i et glass som senkes i vann. Forsøke å blåse opp en ballong inne i en flaske.
Luft veier noe (veier luft noe?)	Veie den samme ballen før og etter at luften har gått ut av den.

Hensikten med forsøkene var å gi elevene erfaringer med at luft faktisk er noe, tar plass og veier noe, og på denne måten overbevise de elevene som hadde forestilt seg noe annet. Utvalgte elever stilte opp som hjelpere for å gjennomføre, undersøke og lese av vekt underveis. Siste del av økten diskuterte vi hvordan luften ville sett ut med «magiske briller». «Magiske briller» var som nevnt (se kap. 3.1.3) et begrep som ble benyttet i pretesten for å gi elevene et «verktøy» for å kunne se hva stoffer var bygd opp av. Begrepet ble benyttet for at alle elevene skulle forstå når det var snakk om noe vi ikke kunne se, men måtte forestille oss. Det ble deretter vist frem ulike hypoteser/modeller av hvordan partiklene i luft ville sett ut med «magiske briller» (Tveita, 1994, s. 10), og disse ble diskutert både elevene seg imellom (to og to) og sammen i plenum.

Økt 2

Det faglige temaet for denne økten var partikkelmodellen, der målet var at elevene skulle lære hva som er hovedideen bak partikkelmodellen og utvikle en tanke om at også gasser er stoffer. Som nevnt i kapittel 2.4 er det å forstå at også gasser er stoffer et viktig steg i retning mot at elevene faktisk skal kunne forstå fenomenet kjemiske reaksjoner.

Økten inneholdt plenumsdiskusjoner om hvilke tilstander et stoff kan opptre i, slik at elevene fikk i gang tankeprosessen og fikk frem sine forkunnskaper. Etter plenumsdiskusjonen så vi på en illustrasjon av fasene fast stoff, væske og gass. Illustrasjonen ble brukt for å vise elevene hvordan et tenkt stoff kunne sett ut i de tre fasene gass, væske og fast stoff, både på makronivå og på mikronivå med bilder som illustrerte partikler. For at elevene skulle vite når det var snakk om ting vi kunne se (makronivået) og ting vi ikke kunne se (mikronivået), ble de fiktive «magiske brillene» tatt på når vi skulle se på illustrasjoner av partikler.

Elevene fikk deretter se en animasjon av gass-partikler i en beholder (vedlegg 8), slik at de skulle få kjennskap til at også gasser er en av aggregattilstandene til stoffer. Elevene dramatiserte deretter gass-partikler i en beholder (se vedlegg 8). Helt til slutt i økt 2 gjennomgikk vi en beskrivelse av hvordan partiklene i væsker og faste stoffer «oppfører seg», og dramatisering ble også gjennomført her. Dramatisering ble brukt i undervisningen for å formidle partikkelmodellen til elevene og for at elevene skulle lære om stoffenes tre tilstander (Tveita, 1994).

Økt 3

Det faglige temaet for denne økten var stoffer og stoffers egenskaper. Målet med økten var at elevene skulle lære hva som menes med begrepene *stoff* og *stoffblanding*, gjennomføre forsøk med stoffer og lære noen grunnleggende sikkerhetsregler for arbeid med kjemi. Som forberedelse til forsøket som skulle gjennomføres ble begrepene «stoff», «observere» og «egenskap» introdusert for elevene. Siden dette var første gang elevene skulle arbeide med kjemi og stoffer på naturfagrommet, var det også naturlig å inkludere grunnleggende sikkerhetsregler for arbeid med kjemi i denne økten (vedlegg 9).

Forsøket som ble gjennomført i denne økten heter «spennende stoffer» (se beskrivelse av forsøket i vedlegg 11). Dette er et undervisningsopplegg som er utviklet av Naturfagsenteret (Naturfagsenteret, s.a.-b), der formålet med forsøket var at elevene skulle få observere, beskrive og bygge seg opp erfaringer med stoffer.

Økt 4

Det faglige temaet for de resterende øktene var begrepet «kjemisk reaksjon». Målet med økt 4 var at elevene skulle lære å definere begrepet kjemisk reaksjon, forklare hva som skjer i en kjemisk reaksjon (makronivå) og gi noen eksempler på kjemiske reaksjoner.

Undervisningsøkten startet med en aktivitet som kalles «å skrive seg inn i emnet» (Mork & Erlien, 2010, s. 85). Elevene fikk da tre minutter til å besvare spørsmålet «hva kan jeg/tror jeg

om kjemiske reaksjoner?». Dette ble gjort for å aktivisere elevenes forkunnskaper og trekke frem eventuelle assosiasjoner elevene har til begrepet kjemiske reaksjoner. For å undersøke elevenes forståelse ble spørsmålene «har dere hørt om noen kjemiske reaksjoner?», «hva er en kjemisk reaksjon tror dere?» og «hva vil det si å reagere?» diskutert i plenum.

Det ble deretter omtalt hva forskerne før i tiden trodde (se vedlegg 7). I undervisningen ble flogistonteorien diskutert og sammenlignet med noen kjente forestillinger knyttet til forbrenning, slik som at *noe* forsvinner når vi fyrer bål. Å først diskutere elevenes forestillinger og, i dette tilfellet, tidligere vitenskapsmenns forestillinger, og deretter presentere den vitenskapelige forklaringen på fenomenet, er en av strategiene som tidligere ble omtalt (se kap. 2.2.2) for å påvirke elevene mot en vitenskapelig akseptert forklaring.

I introduksjonen av begrepet kjemiske reaksjoner valgte jeg å benytte meg av noen utvalgte sider fra læreboken «Gaia 5» (side 66, 67 og 69). Dette gjorde jeg fordi introduksjonen i Gaia 5 var tydelig og hadde mange gode hverdagslige eksempler på kjemiske reaksjoner. Sidene var på forhånd skannet inn og ble gjennomgått i plenum. Begrepet kjemiske reaksjoner ble deretter definert ved hjelp av læreboken «Yggdrasil 5» (se kap. 2.3), som var læreboken som ble benyttet på Sjøsidens skole.

Etter introduksjonen ble det gjennomført en rekke forsøk fremme ved tavlen. Noen av forsøkene hadde som målsetning å skape engasjement, mens andre var med for å illustrere faglige poenger. I tillegg til diskusjoner etter hvert forsøk, ble det også vist frem en video fra «NRK skole» og en grubletegning i forbindelse med to av forsøkene (vedlegg 8).

Økt 5

Denne økten var en arbeidsøkt der elevene skulle lese og gjøre oppgaver i læreboka «Yggdrasil 5». Målet var at elevene skulle styrke sin forståelse av begrepene «stoff», «stoffblanding», «kjemisk reaksjon» og andre relevante begreper. Det ble gjennomført en quiz om farepiktogrammer (vedlegg 8), og det ble utdelt et begrepskart (vedlegg 13) som elevene skulle arbeide med. Elevene benyttet heftet «Kjemiske reaksjoner overalt» (se omtale i vedlegg 9), i tillegg til læreboka «Yggdrasil 5», for å finne beskrivelser til de ulike begrepene.

Økt 6

Målet med økten var at elevene skulle gjennomføre forsøk der utgangsstoffer og produkter av kjemiske reaksjoner skal observeres og beskrives, skaffe erfaringer med ulike kjemiske reaksjoner og lære hva som kan kjennetegne kjemiske reaksjoner. Undervisningsøkten startet med å introdusere begrepene «utgangsstoffer» og «produkter». Spørsmålene «hva skjer i en

kjemisk reaksjon?» og «hvordan kan vi gjenkjenne en kjemisk reaksjon?» ble først diskutert i grupper, før vi oppsummerte i plenum. Spørsmålene ble diskutert for å fremme viktige tanker eller meninger, og dermed gjøre disse tilgjengelig for alle elevene, slik at en unngår misoppfatninger (se kap. 2.2.2).

Videre ble det spesielt lagt vekt på at det i en kjemisk reaksjon dannes nye stoffer (etter definisjonen vi benyttet), og disse skiller seg fra utgangsstoffene ved at de har andre egenskaper. Før vi gjennomførte forsøk med kjemiske reaksjoner, ble det gjennomgått hvilke kjennetegn som kan være beviser for at det har skjedd en kjemisk reaksjon (vedlegg 9).

Vi gjennomførte to forsøk, et demonstrasjonsforsøk og et elevforsøk. Jeg valgte å gjennomføre forbrenning av en magnesiumstrimmel som et demonstrasjonsforsøk, siden det er forbundet noe risiko ved forsøket (vedlegg 12). Formålet med å gjennomføre dette forsøket var for å gi elevene muligheten til å observere og beskrive hvor forskjellig et utgangsstoff og et produkt av en kjemisk reaksjon kan være. Forsøket behandlet alle målene som var satt for økten, og i tillegg til å ha en engasjerende effekt, ga det et godt utgangspunkt for videre diskusjoner.

Elevforsøket, som ble gjennomført etter demonstrasjonsforsøket, kan på grunn av en detaljert fremgangsmåte kategoriseres som et «kokebokforsøk» (Hannisdal & Ringnes, 2011, s. 42). Kort fortalt gikk forsøket ut på å blande sammen tre stoffer, og deretter observere endringer som fargeforandring, gassutveksling og varmeutveksling (se vedlegg 10). Formålet med elevforsøket var at elevene skulle få observere, beskrive og bygge seg opp erfaringer med stoffer og reaksjoner mellom stoffer. Forsøket er hentet fra Naturfagsenterets forsknings- og utviklingsprosjekt *Forskerføtter og leserøtter* (se omtale i vedlegg 9).

Økt 7

Målet med den siste undervisningsøkten var at elevene skulle få anvende sine nyervervede kunnskaper om stoffer og stoffers endringer. Økten startet med en oppsummering av hva som egentlig skjer i en kjemisk reaksjon (makronivå), og hvilke observerbare kjennetegn som kan indikere at en kjemisk reaksjon har skjedd. Etter oppsummeringen arbeidet elevene med heftet «Kjemiske reaksjoner overalt», der de skulle lese om ulike kjemiske reaksjoner og skrive ned alle observerbare tegn som var beskrevet.

Det ble deretter gjennomført diskusjoner knyttet til alle forsøkene vi hadde gjort i økt 3 og økt 6. Diskusjonene gikk ut på hvordan vi kunne skille mellom kjemiske reaksjoner og stoffblandinger, og alle forsøkene vi hadde gjort ble diskutert i fellesskap. Spørsmålet «hvilke

beviser har du?» ble vektlagt de gangene elevene påsto at det hadde skjedd en kjemisk reaksjon i et forsøk. Økten ble avsluttet med diskusjonsoppgaver fra heftet «Kjemiske reaksjoner overalt». Elevene skulle da sitte sammen to og to for å diskutere åtte ulike før og etter bilder av ulike illustrasjoner. Oppgaven var da å avgjøre om bildene illustrerte en kjemisk reaksjon eller ikke.

3.3 Databehandling og analyse

Analysering av et datamateriell har i utgangspunktet to hensikter: å organisere data etter tema og å analysere og tolke (Johannessen et al., 2010, s. 165). For å besvare problemstillingen ble det som nevnt innhentet datamateriale fra et lite utvalg elever (kap. 3.1.3), nærmere bestemt 16 elevers pre- og posttester og gruppeintervjuer med seks elever. I analysen av datamaterialet ble det benyttet en kategoribasert inndeling av data, der temaene i intervjuguidene (vedlegg 4 og 6) og testene (vedlegg 3), i tillegg til forskningsspørsmålene, ble benyttet som et utgangspunkt for inndelingen. I det følgende vil jeg beskrive datareduksjonsprosessen og systematiseringen av datamaterialet.

Første steg i arbeidet med datamaterialet var å transkribere lydopptakene fra gruppeintervjuene. Alle intervjuene ble både gjennomført og transkribert av undertegnede. I transkripsjonene er korte pauser i ytringer underveis i intervjuene indikert som (...). Alle intervjuene har fått egne koder for å lettere holde oversikt og henviser underveis i presentasjonen av resultatene. Intervjuene med gruppe A har fått kodene A-1 og A-2, mens intervjuene med gruppe B har fått kodene B-1 og B-2. Bokstaven i koden indikerer gruppen, mens tallet indikerer om intervjuet ble gjennomført før (1) eller etter undervisningsopplegget (2).

Etter at lydopptakene fra gruppeintervjuene var transkribert startet arbeidet med å skape oversikt over datamaterialet. Oppgavene i testene var allerede organisert etter de forhåndsbestemte temaene «gass/luft» (oppgave 1 og 2), «stoff» (oppgave 3 og 4) og «kjemisk reaksjon» (oppgave 5, 6, 7, 8 og 9). Dette var noe som forenklet den systematiske gjennomgangen og identifiseringen av informasjon som var relevant for problemstillingen. De forhåndsbestemte kategoriene (deduktive kategorier) er basert på tidligere forskning og undersøkelser knyttet til elevers forståelse av begrepet «kjemisk reaksjon».

For å skille ut relevant informasjon fra transkripsjonene ble materialet kodet ut ifra hvilke av temaene og spørsmålene i intervjuguidene de tilhørte (Johannessen et al., 2010, s. 165-168). Deretter gikk arbeidet ut på å finne og skille ut de utdragene som var relevante for

problemstillingen og forskningsspørsmålene, og ikke minst skille ut informasjon som ikke var relevant.

Etter datareduksjonen og systematiseringen av datamaterialet endte jeg opp med tre kategorier, som både intervjuene og testene ble organisert etter:

1. Elevenes forståelse *før* undervisningsopplegget.
2. Elevenes forståelse *etter* undervisningsopplegget-
3. I hvilken grad endres elevenes forståelse gjennom målrettet undervisning?

Den første kategorien omhandler elevenes kunnskaper og forestillinger om kjemiske reaksjoner og tilknyttede begreper før de har gjennomført det beskrevne undervisningsopplegget (se kap 3.2). I den andre kategorien blir datamaterialet fra posttesten og intervjuene etter undervisningsopplegget presentert og analysert. Begge de to første kategoriene er igjen delt inn i underkategoriene «elevenes stoff-forståelse» og «elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner», der både datamaterialet fra testene og gruppeintervjuene vil bli presentert og sett i sammenheng. Grunnen til at de samme underkategoriene blir brukt flere ganger er for å kunne sammenligne elevenes ytringer og resultater fra før undervisningen med de etter.

Den siste kategorien er inspirert av forskningsspørsmålene, og tar for seg sammenligninger av elevenes resultater på testene og ytringer i gruppeintervjuene. Siden «Hvem skal ut?»-oppgaven ble gitt til begge intervjugruppene, både i intervjuene før og etter undervisningsopplegget, ble det naturlig at dette datamaterialet kunne brukes for å undersøke hvordan elevenes forklaringer har endret seg. Sammenligninger av resultatene fra pre- og posttestene vil også bli presentert og analysert for å kunne si noe om hvordan undervisningsopplegget har påvirket elevenes forståelse.

Jeg har som nevnt (se kap. 3.1.3) valgt å benytte pseudonymer på de seks elevene som deltok på gruppeintervjuene. Resten av informantene, som alle besvarte testene, har fått tildelt initialene E1, E2, E3..., E10. Datamaterialet er totalt sett omfattende, og for å skape en helhetlig framstilling av resultatene, der jeg unngår mange gjentakelser eller henvisninger, har jeg valgt å fullstendig overlate presentasjonen av oppgavene fra testene og spørsmålene fra intervjuene til det neste kapittelet.

Etter at datamaterialet var sortert etter disse tre kategoriene, startet arbeidet med å analysere det sorterte datamaterialet. Analysearbeidet består i hovedtrekk av å identifisere og beskrive

mønstre, sammenhenger og prosesser som avdekkes i datamaterialet (Johannessen et al., 2010, s. 177-178). I analysen ble elevenes besvarelser kategorisert ut ifra forståelsen de uttrykte på de ulike problemstillingene. I tabell 3-4 presenteres en generell nivå-beskrivelse av de ulike nivåene av elevenes uttrykte forståelse knyttet til begrepene «stoffer» og «kjemisk reaksjon», inspirert av Øyehaug og Holts (2013, s. 465) detaljerte nivåbeskrivelse knyttet til de samme begrepene.

Tabell 3-4: En generell nivå-beskrivelse elevenes besvarelser ble kategorisert etter.

Nivå:	Stoffer:	Kjemisk reaksjon:
1	Eleven viser ingen eller svært mangelfull makroskopisk forståelse av begrepet stoffer. Viser tegn til at forståelsen er preget av mange forestillinger, manglende kunnskaper og liten forståelse for sentrale begreper.	Eleven viser ingen eller svært mangelfull makroskopisk forståelse av begrepet kjemiske reaksjoner. Viser tegn til at forståelsen er preget av mange forestillinger, manglende kunnskaper og liten forståelse for sentrale begreper.
2	Eleven viser i noen grad en forståelse, men den er preget av en forestilling om stoffer og/eller en hverdagslig måte å prate om fenomener på. Viser noe forståelse for sentrale begreper.	Eleven viser i noen grad en forståelse, men den er preget av en forestilling om kjemiske reaksjoner og/eller en hverdagslig måte å prate om fenomener på. Viser noe forståelse for sentrale begreper.
3	Eleven viser i stor grad en forståelse som samsvarer med aksepterte vitenskapelige teorier og har en vitenskapelig måte å snakke om stoffer og stoffers egenskaper på.	Eleven viser i stor grad en forståelse som samsvarer med aksepterte vitenskapelige teorier og benytter en eller flere vitenskapelige begreper i sine forklaringer.

Fire av oppgavene (oppgave 5, 6, 7 og 8) var som nevnt (kap. 3.2) lukkede spørsmål der elevene skulle ta stilling til påstander. Dermed er det noen kvantitative innslag i undersøkelsen, og disse resultatene vil visualiseres ved hjelp av diagrammer.

3.4 Undersøkelsens kvalitet

3.4.1 Reliabilitet og validitet

Oppgavens reliabilitet handler om i hvilken grad undersøkelsens resultater er nøyaktige og pålitelige (Johannessen et al., 2010, s. 40). Dataene som er hentet inn til denne undersøkelsen er som sagt (kap. 3.1.3) gjort ved hjelp av to datainnsamlingsmetoder, tester og gruppeintervju. Alle elevene gjennomførte testene individuelt under oppsyn og uten hjelpemidler. Samtalene under gruppeintervjuene ble tatt opp med hjelp av en lydopptaker, slik at dataene er blitt transkribert og kan leses gjennom flere ganger (vedlegg 23). Måten testene ble gjennomført og dokumenteringen av gruppeintervjuene mener jeg styrker denne oppgavens reliabilitet. Eventuelle feilkilder som kan ha påvirket undersøkelsens resultater er måten spørsmål har blitt

stilt, om elevene forstår hva som menes med spørsmålene, det asymmetriske forholdet mellom forsker og elevene, og elevenes påvirkning på hverandre under gruppeintervjuene.

Validiteten til en undersøkelse handler om en faktisk har målt det som var intensjonen å måle, og dermed om hvor relevant dataene som er samlet inn er for å beskrive fenomenet som skal studeres (Johannessen et al., 2010, s. 69; Ringdal, 2013, s. 248). I undersøkelsen min ble det gjennomført en pilotstudie, slik at alle delene av undersøkelsen har blitt gjennomført og evaluert først en gang, før den siste og gjeldene gjennomføringen med den andre klassen. Dette gjorde at jeg kunne kvalitetssikre og endre på både undervisningsopplegget, testene og intervjuguidene underveis, noe jeg mener styrker validiteten til denne oppgaven. At testene og intervjuguidene er utviklet spesielt for denne undersøkelsen sikrer at spørsmålene er relevante og gjennomtenkte. Standardiserte tester og intervjuguiden i gruppeintervjuene sikrer samtidig at alle elevene ble spurt de samme spørsmålene (test) og nøkkelspørsmålene (gruppeintervju).

3.4.2 Pilotstudien

Endringer som ble gjort som konsekvens av pilotstudien er:

1. En endring av rekkefølgen på øktene.
2. En utvidelse fra 6 til 7 økter med undervisning.
3. Den faglige progresjonen i timene.
4. Fokus på utfordringer som flere elever delte.

I forhold til rekkefølgen på øktene var i utgangspunktet økt 3 og 6 etter hverandre. Ved første gjennomføring fant jeg ut at dette ikke var ideelt, og endret dermed dette. Økt 5 var i utgangspunktet ikke en planlagt del av opplegget, men ved gjennomføringen av undervisningsopplegget med klasse 1 ble nødvendigheten av en ekstra arbeidsøkt veldig tydelig. Etter samtaler med kontaktlærere fikk jeg «lånt» en ekstra time.

Den faglige progresjonen i timene ble ofte endret litt på underveis, særlig i forhold til å trekke inn gode eksempler og legge opp til gode diskusjoner i forhold til det vi snakket om. Jeg som forsker fikk også trent meg i å formulere spørsmål og faglige utredelser, og mange av disse ble endret fra første til andre gjennomføring. Når det kommer til utfordringer som flere elever delte, fant jeg fra resultatene til klasse 1 at en vesentlig del av elevene hadde dannet seg en misoppfatning om at vann som koker var en kjemisk reaksjon. Denne oppdagelsen ble brukt til å legge spesielt vekt på eksemplet med vann i den andre klassen.

3.4.3 Ethiske problemstillinger

Som nevnt tidligere (se kap. 3.1.3) hadde jeg som forsker kjennskap til både skolen det ble forsket på og informantene som deltok i undersøkelsen. Jeg inntok på mange måter en *dobbelrolle*, både som forsker og som en elevene kjente fra før. For å motvirke betydningen av denne dobbeltrollen gjorde jeg følgende grep:

- Det ble tydeliggjort for foreldrene og elevene at jeg inntok en ny rolle i forbindelse med prosjektet.
- Det ble tydeliggjort at elevenes deltakelse var til enhver tid frivillig, og de kunne trekke seg når som helst uten å måtte begrunne valget.
- Det ble gjennomført gruppeintervjuer slik at elevene alltid var sammen med flere klassekamerater.

Alle tre punktene over var grep som skulle sikre at prosjektet gikk riktig for seg og at elevenes ble godt ivaretatt.

4 Resultater og analyse

Datamaterialet som presenteres i dette kapittelet består av resultatene fra pre- og posttesten og de fire gruppeintervjuene (A-1, A-2, B-1 og B-2) som ble gjennomført i løpet av studien (se kap. 3.1.3). Målet med undersøkelsen var å få større innsikt i elevers forståelse og utfordringer knyttet til stoffer og stoffers endringer. I analysen av datamaterialet ble det benyttet en kategoribasert inndeling av data (se kap. 3.3), noe som har resultert i at dette kapittelet er delt inn i tre delkapitler. Det første delkapittelet omhandler elevenes forståelse *før* undervisningsopplegget. Det neste delkapitlet tar for seg elevenes forståelse *etter* undervisningsopplegget. I det siste delkapittelet vil det bli sett på hvordan elevenes forståelse har endret seg som følge av undervisningsopplegget.

4.1 Elevenes forståelse før undervisningsopplegget

Dataene som presenteres i dette delkapittelet stammer fra pretesten og de to første gruppeintervjuene (A-1 og B-1). Jeg har valgt å presentere disse samlet fordi de omhandler de samme temaene, og diskusjonene i gruppeintervjuene er med på å utdype og begrunne resultatene på pretesten. Som nevnt i gjennomgangen av forskningsdesignet til denne oppgaven (se kap. 3.1.2 og 3.2.3), ble pretesten gjennomført uten at elevene hadde fått noe som helst undervisning om temaene, mens det første gruppeintervjuet ble gjennomført etter økt 1. Datamaterialet knyttet til temaene «elevenes stoff-forståelse» og «elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner» er analysert hver for seg. I analysen har det blitt fokusert på hva elevene kan om temaet fra før og hvilke forestillinger de har om temaet.

4.1.1 Elevenes stoff-forståelse

Jeg har valgt å dele dette delkapittelet opp i «elevenes forståelse av gasser» og «elevenes forståelse av stoffer». Dette har jeg gjort fordi det var egne spørsmål i testen og i intervjuene knyttet til begrepene «gass» og «stoff», noe som gjorde det naturlig å dele resultatene inn i disse kategoriene. Grunnen til at «elevenes forståelse av gasser» kommer under delkapittelet «elevenes stoff-forståelse», er fordi gasser også er en av stoffets tre aggregattilstander, og et av målene for det beskrevne undervisningsopplegget (se kap. 3.2.1) var at elevene skulle kunne «forklare at luft er noe, veier noe og tar plass».

Elevenes forståelse av gasser

I de første intervjuene ble elevene spurt om hva de forbinder med ordet «gass». I testene ble ikke begrepet «gass» benyttet, men heller gass-blandingen «luft». Dette valgte jeg for å ikke

komplisere spørsmålene, med tanke på at elevene ikke hadde fått undervisning om temaet før. Det forutsettes dermed at eventuelle elev-forestillinger om luft også vil være gjeldende for gasser generelt.

Forståelsen av et begrep handler i stor grad om hvilke assosiasjoner en forbinder med begrepet (omtalt i kap. 2.3). Følgende to utdrag, der elevene forteller hva de assosierer med ordet gass, er hentet fra intervju A-1:

1. Arnt: «vet ikke. (puster ut/ånder)».

Forsker: «Det vi puster ut tenker du er en gass?».

Arnt: «(...) og det vi puster inn.».

Forsker: «og puster inn, ja».

Arnt: «hm... luft, karbioksid (...), et eller annet og oksygen».

2. Forsker: «nå ble det nevnt karbondioksid, oksygen og luft, men har du hørt om gass i noen andre tilfeller?».

Anne: «hm... nei...».

Arnt: «planeter er laget av gass.».

Forsker: «det har du [Arnt] hørt ja, har du [Amalie] hørt om noe?».

Amalie: «dem [dykkere] som skal puste under vann har en gass på ryggen».

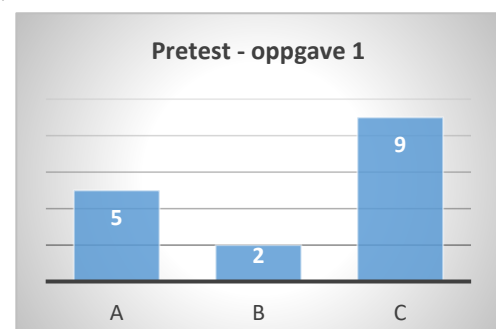
I utdrag 1 nevnte eleven Arnt luft, oksygen og noe som høres ut som karbondioksid, som begreper han assosierte med begrepet gass. Som vi ser i utdrag 2, kom det også fram at Arnt tenkte på planeter som er laget av gass og Amalie tenkte på at dykkere må ha en gasstank med seg for å kunne puste under vann. Anne klarte ikke uttrykke noen assosiasjoner til ordet gass.

I oppgave 1 på pretesten fikk elevene presentert en grubletegning hvor de skulle ta stilling til tre påstander knyttet til egenskapene til luft (vedlegg 3):

A. «Jo mer luft jeg blåser inn i ballongen, jo tyngre blir den.»

B. «Luft veier ingenting. Ballongens vekt vil ikke forandre seg.»

C. «Luft er lett. Når ballongen blir blåst opp, blir den lettere.»



Figur 4-1: Resultatene fra oppgave 1 på pretesten. Se vedlegg 14 for detaljerte resultater.

Påstandene B og C er knyttet til feilaktige forestillinger om luft, mens påstand A bygger på en akseptert vitenskapelig forklaring. Oppgaven gikk ut på at elevene skulle skrive hvilken av

påstandene de var mest enige i, og deretter forklare hvorfor. Resultatene (se figur 4-1) viste at mange av elevene satt med en forestilling om at luft hadde negativ vekt, slik at mer luft i en ballong ville gjøre ballongen lettere (påstand C). Resultatene viser også at bare et fåtall av elevene har valgt å begrunne svarene sine. Denne oppgaven ble derimot diskutert i gruppeintervju A-1, og i følgende utdrag utdypes Bjørn og Britt forklaringene sine:

Britt: «jeg tror at... egentlig mest A».

Forsker: «du tror A ja?».

Britt: «fordi når jeg blåser luft i en ballong da blir den... den flyr jo liksom ikke sånn opp i eh... lufta».

Forsker: «den flyr ikke opp i lufta nei».

Britt: «nei».

Forsker: «nei... enn du da Bjørn?».

Bjørn: «jeg tok den der... den her [alternativ C]! Først tenkte jeg...».

Forsker: «hva er den her? Er det C?».

Bjørn: «ja, men jeg tenkte først den her [alternativ C] fordi når jeg kaster opp ballongen før den er blåst opp, så drar den rett ned igjen. Men når jeg blåser den opp og knytter igjen, så går det jo mer langsomt.».

Utdraget over viser at både Britt og Bjørn har reflekterte tanker om hvorfor de valgte henholdsvis påstand A og C. Bjørn nevner at han har erfart at ballonger med luft i faller sakte, mens ballonger uten luft i vil falle fortere. Uten en forståelse for rollen tyngdekraften og oppdriften spiller på ballongen, vil den vitenskapelige forklaringen (påstand A) i dette tilfellet stride med elevens erfaringer, og dermed virker det som at en hverdagsforestilling kan ha etablert seg. Selv om Britt valgte den korrekte påstanden A, så er det tydelig at hun er usikker og at forståelsen hennes bygger på erfaringer.

I oppgave 2 på pretesten, som også omhandlet elevenes forståelse av luft, fikk elevene følgende oppgave (vedlegg 3):

«Tegningen under viser en tett glasskrukke (med lokk) som kun inneholder luft. Tenk deg at du fant et par «magiske briller» hjemme på rommet. Når du tok på disse brillene var ikke lenger luften rundt deg gjennomsiktig, men du kunne faktisk se luft. Tegn hvordan du tror luften ville sett ut i krukken under:»

Elevene skulle altså ta på seg «magiske briller» og tegne hvordan de trodde luften (mikronivå) ville sett ut i en tett glasskrukke. Oppgaven og begrepet «magiske briller» ble forklart for elevene før de gjennomførte testen (se økt 1 i kap. 3.2.3). I analysen av denne oppgaven

valgte jeg å kategorisere elevenes tegninger ut ifra tre nivåer. Nivåene er beskrevet i delkapittelet «databehandling og analyse» (kap 3.3), men jeg vil her utdype hva som ligger i de tre nivåene for akkurat denne oppgaven:

- Nivå 1: eleven har valgt å ikke gjøre oppgaven eller har tegnet noe som tydelig viser at de enten tar oppgaven lite seriøst eller ikke forstår hva de skal gjøre.
- Nivå 2: eleven har skravert eller tegnet rundinger/prikker i deler av krukken.
- Nivå 3: eleven har skravert hele krukken, tegnet små rundinger/prikker i hele krukken eller kombinert skravering og prikker.



Figur 4-2: Resultatene fra oppgave 2 i pretesten. Elevenes tegninger er kategorisert ut ifra tre nivåer. Se vedlegg 15 for detaljerte resultater.

Resultatene er presentert i figur 4-2, og viser at de fleste elevene har skravert eller tegnet i hele krukken (nivå 3). Dette er tegn på at elevene har forstått at luft er noe, og samtidig forstått at luften er spredt ut over hele krukken. De elevene som har valgt å kun skravere eller tegne i deler av krukken (nivå 2), viser også at de har forstått at luft er noe, men viser også tegn til at de har en forestilling om at luft enten er veldig lett (bare tegnet i toppen av krukken), ikke veier noe (tegnet luft som «svever» i midten av krukken) eller tung (bare tegnet i bunnen av krukken). Nivå 1-besvarelser er elever som ikke viser noen forståelse for at luft er noe og som mest sannsynlig sitter med en forestilling om at gasser ikke er stoffer.

Elevenes forståelse av stoffer

Når elevene, på samme måte som med ordet gass, ble spurt om hva de forbandt med ordet «stoff», nevnte elevene i gruppe A blant annet klær, telefoner og metaller, mens elevene i gruppe B nevnte klær, melis og grunnstoffer. Selv om elevene assosierte mange eksempler til begrepet, så ga elevene også uttrykk for noen feilaktige forestillinger. Følgende utdrag fra intervju A-1 tydeliggjør en av dem:

Arnt: «stein er stoff, eh... metall er stoff, bronse er stoff, gull er stoff».

Forsker: «så du tenker (...)».

Arnt: «diamant er stoff».

Forsker: «mhm (...) så alt det er stoff?».

Arnt: «mhm (...) alt er stoff!»

Forsker: «alt er stoff ja?».

Arnt: «utenom oss».

Forsker: «vi er ikke stoff tenker du?».

Arnt: «nei, vi er mennesker».

I intervjuet sier Arnt at alt er stoff, unntatt oss mennesker. Her kan det virke som at Arnt har etablert seg en forestilling om at stoffer kun er forbundet med ikke-levende objekter, slik som metaller. Arnt viser ingen forståelse for at også vi mennesker består av stoffer og stoffblandinger som hud, hår, negler og blod.

Videre i intervjuet ble elevene spurt om hva de tenkte om begrepet «kjemisk stoff», dette for å se om elevenes assosiasjoner endret seg når adjektivet «kjemisk» ble lagt til begrepet «stoff». Følgende utdrag fra intervju B-1 viser hva elevene tenkte om begrepet:

Britt: «jo, det er kanskje noe sånt brennstoff eller noe sånt.».

Forsker: «du tenker noe brennstoff».

Bjørn: «bombestoff».

Forsker: «Du tenker bombestoff».

Britt: «TNT».

Forsker: «Bernt? Har du noen tanker om det?».

Bernt: «em... flamme».

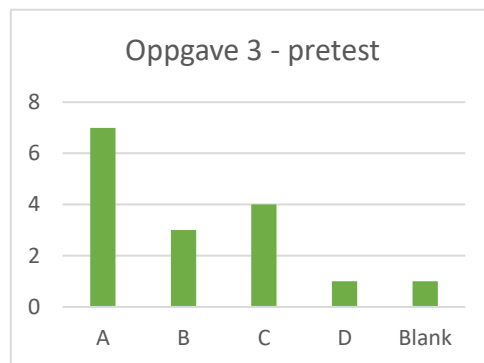
Fra utdraget over ser vi at adjektivet «kjemisk» gjorde at assosiasjonene til elevene i gruppe B gikk fra klær, melis og grunnstoffer til brennstoff, bombestoff (TNT) og flammer. Dette tydeliggjør at adjektivet «kjemisk» kan være forbundet med noe farlig. Dette kan dermed ha betydning for elevenes assosiasjoner og forestillinger knyttet til kjemiske reaksjoner.

På oppgave 3 og 4 (vedlegg 3) skulle elevene, på samme måte som på oppgave 1, ta stilling til ulike påstander og deretter begrunne svaret sitt. Begge oppgavene handlet om kjemiske reaksjoner, men hensikten var først og fremst å avdekke elevenes stoff-forståelse. På oppgave 3 skulle elevene ta stilling til følgende påstander om et stearinlys som brenner:

- A. «Når lyset brenner, smelter stearinen og veken brenner opp.»
- B. «Stearinlyset brenner opp og forsvinner.»
- C. «Stearinen er der for å holde veken på plass.»

D. «Jeg tror at stearinlyset blir til nye stoffer.»

Resultatene på denne oppgaven kan kategoriseres ut ifra de samme tre nivåene som er generelt beskrevet tidligere (kap. 3.3), men jeg vil beskrive hva som ligger i de ulike nivåene for akkurat denne oppgaven: På *nivå 1* er alle elevene som mener at stearinen er der for å holde veken på plass (alternativ C) eller som har valgt å ikke besvare oppgaven. Elev-besvarelser som er kategorisert som *nivå 2-besvarelser*, er på denne oppgaven elevene som støtter forklaringer som preges av en forestilling om at stoffer brenner opp og ødelegges/forsvinner (alternativ A og B). *Nivå 3-besvarelser* er de elevene som ser for seg muligheten for at stearinlyset blir til nye stoffer (alternativ D).



Figur 4-3: Resultatene fra oppgave 3 på pretesten. Se vedlegg 16 for detaljerte resultater.

Resultatene er presentert i figur 4-3, og som vi ser av diagrammet viser majoriteten av elevene en stoff-forståelse på nivå 2 (alternativ A og B), noe som betyr at forståelsen deres er preget av en forestilling og/eller at de har en hverdagslig måte å prate om fenomener på. Flere elever viser ingen forståelse (nivå 1) av problemstillingen knyttet til stoffene i stearinlyset, mens kun en elev viser en forståelse som er i samsvar med den vitenskapelige forklaringen (nivå 3).

Tabell 4-1: Forklaringene til de 5 elevene som begrunnet svaret sitt på oppgave 3 (se vedlegg 16 for fullstendig tabell).

Elev:	Svar:	Forklaring:
Anne	D	«Fordi det smelter og er ikke lenger stearin.»
Bernt	B	«Stearinen blir borte»
Britt	C	«Jeg C er det riktige svaret fordi det høres mest sannsynlig ut.»
E5	C	«Fordi hvis stearinen ikke hadde vært der, hvordan kunne vi tent lys da?»
E7	C	«For den skal ikke falle.»

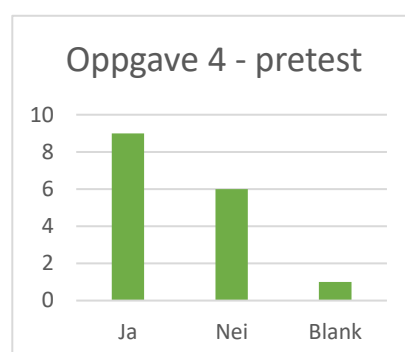
I tabell 4-1 har jeg valgt å presentere forklaringen til de elevene som har begrunnet svaret sitt (da har jeg sett bort fra de som kun skriver svaret og de som gjentar påstanden). Som vi ser av tabell 4-1 er Bernt mest enig med påstand B, noe han begrunner med at det må være riktig siden stearinen blir borte. Selv om påstand A og B er gode eksempler på hverdagslige ytringer, så er det i en vitenskapelig sammenheng ikke mulig for stoffer å «brenne opp», men heller omdannes til nye stoffer. Britt, elev E5 og elev E7, som alle har valgt påstand C, viser med forklaringene sine at de har en manglende forståelse knyttet til forbrenning. At stearinens eneste rolle i forbrenningen er å holde veken på plass, er direkte feil. Anne, som var den eneste som mente at stearinlyset var blitt til nye stoffer, og dermed viste en forståelse på nivå 3, viser også i begrunnelsen sin at hun forstår at det ikke lenger er stearin etter forbrenningen.

På oppgave 4 fikk elevene spørsmålet:

«En jernspiker som ruster blir etter hvert et brunt og sprøtt stoff, men hva er egentlig dette for et stoff? Er rust en type jern? (ja/nei, fordi...)»

På samme måte som tidligere kan elevenes besvarelser kategoriseres ut ifra nivåene 1, 2 og 3 (beskrevet i kap. 3.3). Elevene som velger å svare blankt viser da ingen forståelse (nivå 1). Elevene som svarer at rust og jern er det samme stoffet viser at forståelsen deres er preget av en forestilling om stoffer og/eller har en hverdagslig måte å prate om fenomenet på (nivå 2). Elevene som svarer at rust og jern ikke er det samme stoffet viser en forståelse som er i samsvar med aksepterte vitenskapelige teorier (nivå 3).

Resultatene fra oppgave 4 er presentert i figur 4-4 og viser at nesten ingen elever har valgt å ikke svare (nivå 1-forståelse). Flest elever viser en forståelse som virker å være preget av en forestilling om at stoffers egenskaper kan forandre seg, men fremdeles være det samme stoffet (nivå 2-forståelse). Flere elever har også svart at jern og rust ikke kan være det samme stoffet, og viser da en forståelse på nivå 3.



Figur 4-4: resultatene på oppgave 4 på pretesten. Se vedlegg 17 for detaljerte resultater.

Forklaringen til elevene som valgte å begrunne svaret på

denne oppgaven er vist i tabell 4-2, og det er tydelig at mange elever forestiller seg at rust er en type jern og at egenskapene til et stoff kan endres, men fremdeles være det samme stoffet. Noen elever gir blant annet uttrykk for at rust forekommer *fordi* jern etter hvert blir gammelt (Bjørn og elev E1). Elev E5 og E6 gir begge uttrykk for en forestilling om at henholdsvis rust er en del av en jernspiker som etter hvert faller av spikeren og at en spiker ikke har noe med kjemi å gjøre. Elev E3 virker å ha misforstått oppgaven, og svarer dermed på at han/hun tror jern kan ruste. Mange av elevene uttrykker altså forestillinger på oppgave 4, men vi ser også eksempler på det motsatte: Amalie og Bernt påpeker begge at egenskapene til stoffene er så forskjellige at det ikke kan være det samme stoffet, og viser dermed allerede før undervisningen en forståelse som samsvarer med den vitenskapelige forklaringen.

Tabell 4-2: Oversikt over begrunnelsene til de 7 elevene som valgte å begrunne svaret sitt på oppgave 4 (se vedlegg 17 for fullstendig tabell).

Elev:	Svar:	Forklaring:
Amalie	Nei	«Nei fordi det er sprøtt og jern kan ikke gå bort med cola»
Bjørn	Ja	«Rust er gammelt jern»
Bernt	Nei	«Nei det tåler mindre»
E1	Nei	«Fordi at rust kommer av at de er gamle og at de ikke kan brukes»

E3	Ja	«Ja fordi jeg tror at jern kan ruste»
E5	Nei	«Rust er bare litt av metallet som faller av»
E6	Nei	«Nei fordi en spiker har ikke noe med kjemi å gjøre»

Oppgave 4 ble mye diskutert i gruppeintervjuene, og i følgende utdrag setter Arnt ord på hvorfor han mener rust og jern er det samme stoffet:

Arnt: «ja, rust. Den var jeg egentlig helt sikker på at var en slags jerntype.».

Forsker: «okei».

Arnt: «Fordi den har jo vært jern».

Amalie: «det var ikke jeg for eh...».

Arnt: «så blir det langtidsspikra (...) når en spiker ruste så er det nesten det samme bare at (...) det er bare litt forskjellig farge (...) også er det litt mer råttent.».

Fra utdraget ser vi at Arnt har etablert seg en forestilling om at rust er en egen jerntype, noe han begrunner med historien til rusten: «Den har jo vært jern». Gjennom diskusjonene i intervju A-1 og B-2 viste det seg at flere av elevene satt med en forestilling om at rust var det samme som gammelt jern. Også i gruppe B var denne forestillingen sentral, men elevene i begge gruppene ga tydelig uttrykk for at dette var en vanskelig oppgave.

4.1.2 Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner

Jeg vil nå presentere resultatene fra pretesten og gruppeintervjuene (A-1 og B-1) som omhandler elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner *før* de har gjennomført undervisningsopplegget. Først vil jeg presentere diskusjoner fra gruppeintervjuene knyttet til begrepet «kjemiske reaksjoner», før jeg presenterer og analyserer resultatene fra oppgave 5-9.

Begrepet «kjemiske reaksjoner»

I de første intervjuene (A-1 og B-1) ble det spurt om elevenes tanker knyttet til begrepet kjemiske reaksjoner. Gruppe A ble blant annet spurt om hvor de trodde kjemiske reaksjoner skjer, og følgende utdrag viser hva elevene svarte på spørsmålet:

Arnt: «de skjer, som oftest så skjer det på en lab eller hytte. Hytte eller lab».

Amalie: «overalt».

Forsker: «du tenker overalt?».

Amalie: «mhm».

Arnt forteller at kjemiske reaksjoner som oftest skjer på en lab eller en hytte. Å tenke seg at kjemiske reaksjoner ofte skjer i en hytte var en uttalelse som skilte seg noe ut, men kan kanskje stamme fra en forestilling om at kjemiske reaksjoner er noe skummelt og derfor må

skje på et eget (skjermet) sted. Amalies uttalelse støtter derimot at kjemiske reaksjoner kan være noe vanlig som skjer ofte og overalt.

Gruppe B ble ikke spurt om hvor de trodde at kjemiske reaksjoner ofte skjer, men de ble spurt om de anså kjemiske reaksjoner for å være noe farlig:

Britt: «ja, hvis en står veldig nært ett eller annet».

Bjørn: «noen kan være farlig».

Forsker: «du tenker at noen kan være farlig?».

Bjørn og Britt: «ja».

Forsker: «mhm, er det da noen som ikke er det?».

Britt: «ja... det er sikkert noen som...».

Bjørn: «kjemisk reaksjon, det er jo når man lager en kake for eksempel. Det er jo ikke farlig det».

Elevene Bjørn og Britt virker å sitte med gode forkunnskaper om kjemiske reaksjoner, der de begge uttalte i intervjuet (utdraget over) at noen kjemiske reaksjoner kan være farlige, men ikke alle. Bjørn nevner blant annet at kjemiske reaksjoner skjer når man baker, og følger senere i intervjuet opp med å si «at man kan bake er jo på grunn av kjemiske reaksjoner» (vedlegg 23).

Etter at elevenes tanker knyttet til begrepet kjemiske reaksjoner var diskutert, ble definisjonen på en kjemisk reaksjon lest opp for elevene:

«To eller flere stoffer som reagerer med hverandre og danner et nytt stoff» (Gran & Nordbakke, 2008, s. 127).

Elevene ble deretter spurt om å forklare definisjonen med egne ord, slik de ville forklart det til en klassekamerat. Følgende utdrag viser den påfølgende diskusjonen i gruppe B:

Bjørn: «to stoffer som blandes».

Britt: «hvis man blander to stoffer, da kan man lage et nytt stoff... og... ja... det kan oppstå av kanskje varme? Vet ikke».

Forsker: «hm... Bjørn hva tenker du om det?».

Bjørn: «hva jeg?».

Forsker: «hvis du skulle sagt det der med egne ord, kanskje gjort det litt... Hvordan ville du forklart det så en klassekamerat hadde forstått?».

Bjørn: «eh... det er når to... stoffa blandes... også blir det et nytt stoff. Som eksploderer!».

Både Bjørn og Britt virker å ha forstått definisjonen av begrepet «kjemisk reaksjon» som at en kjemisk reaksjon er en blanding av stoffer og/eller skjer på grunn av at stoffer blandes. Britt nevner i utdraget over at en kjemisk reaksjon *kan* oppstå på grunn av høy temperatur, mens hun på pretesten (oppgave 9) gir uttrykk for en forestilling om at varme *alltid* er hovedårsaken bak kjemiske reaksjoner (blir omtalt lenger ned). I utdraget over trekker Bjørn inn eksplosjoner som noe han forbinder med en kjemisk reaksjon. Hvis Bjørn forbinder enhver kjemisk reaksjon med eksplosjoner, så kan dette være et eksempel på en forestilling, men i så fall veldig kontekstavhengig siden han tidligere virker å være overbevisst om at kjemiske reaksjoner skjer når en baker.

Begge gruppene ble også spurt om eventuelle kjennetegn på kjemiske reaksjoner, men spørsmålet var kanskje i vanskeligste laget for elevene før undervisningen. Dette viste seg særlig i gruppe A, der elevene kun foreslo lukt og lyd som mulige kjennetegn på kjemiske reaksjoner. Ytringene til Arnt i intervju A-1 tydet på at han trodde at selve fenomenet «lyd» kunne være en kjemisk reaksjon, altså ikke bare et kjennetegn på en kjemisk reaksjon (vedlegg 23).

I gruppe B hadde elevene derimot flere forslag til kjennetegn, der blant annet lukt, koking og brennmerker ble nevnt. Følgende utdrag viser Bjørns refleksjoner knyttet til spørsmålet:

Forsker: «hvis vi sier at vi blander to ting... blander to stoffer, også står det at dem reagerer. Hvordan kan vi se at de reagerer tenker dere da?».

Bjørn: «det skjer noe.».

Forsker: «det skjer noe, hva er det som skjer?».

Bjørn: «det blir sp... det skjer noe n... noe...».

Forsker: «ja?».

Bjørn: «noe nytt».

Forsker: «noe nytt? Hva kan vi si er nytt da?».

Britt: «bedre...».

Bjørn: «noe... to stoffer, også blir de to stoffene noe helt annet».

Forsker: «okei, hvordan kan det se ut da? Hva er det som kan endre seg?».

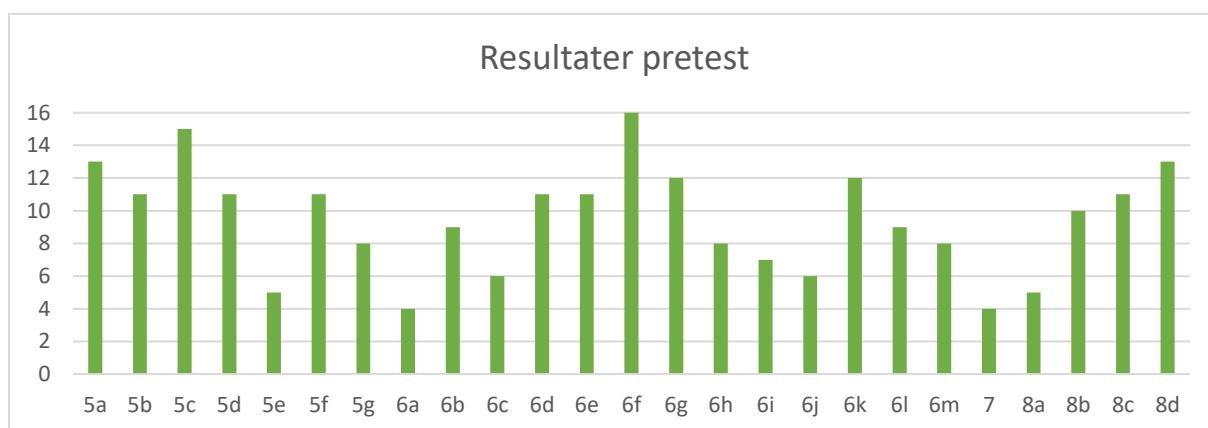
Bjørn: «eh...».

I utdraget forteller Bjørn at han vil kjenne igjen en kjemisk reaksjon ved at det skjer noe nytt, ved at for eksempel to stoffer blir til noe helt annet. Bjørn virker å forestille seg at han kan

kjenne igjen kjemiske reaksjoner ved at det skjer noe ekstraordinært. Å kunne si helt konkret hva det var ved et stoff som kunne endre seg var Bjørn derimot usikker på.

Påstander knyttet til kjemiske reaksjoner

På pretesten var oppgave 5, 6, 7 og 8 avkrysningsoppgaver (se vedlegg 3) der elevene skulle ta stilling til ulike påstander og hendelser knyttet til kjemiske reaksjoner. Oppgave 7 var den eneste av avkrysningsoppgavene hvor elevene fikk flere enn to svaralternativer til et spørsmål. Resultatene fra alle avkrysningsoppgavene er presentert i figur 4-5, og jeg vil referere til denne figuren når jeg omtaler de ulike oppgavene.



Figur 4-5: Resultatene fra oppgave 5-8 i pretesten. Søylene indikerer antall elever med riktig svar på oppgavene.

På oppgave 5 skulle elevene ta stilling til påstander ved å krysse av for om de mente påstanden var fleip eller fakta (vedlegg 3). Påstandene elevene skulle ta stilling til var:

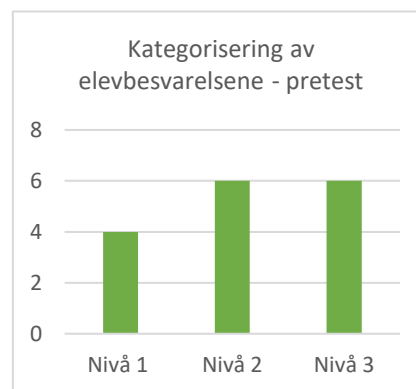
- Alle kjemiske reaksjoner oppstår på grunn av varme
- Gasser i luften kan ikke være med i en kjemisk reaksjon
- Kjemiske reaksjoner er noe som skjer rundt oss hele tiden
- To helt ulike stoffer kan reagere og danne et nytt stoff som ikke ligner på noen av de to første stoffene
- Kjemiske reaksjoner er kun en blanding av ulike stoffer
- Luft er ingenting
- Resultatet av en kjemisk reaksjon mellom to stoffer vil alltid være et nytt stoff

Resultatene på oppgave 5 viser (se figur 4-5) at mange av elevene var enige i at kjemiske reaksjoner kun er en blanding av stoffer (oppgave 5e). Lignende resultater ble også funnet i gruppeintervjuene (omtalt tidligere i kapittelet). Selv om resultatene tyder på at mange elever hadde gode forkunnskaper knyttet til temaet kjemiske reaksjoner, var det likevel flere som ikke anerkjente at resultatet av en kjemisk reaksjon er nye stoffer (oppgave 5g).

Elevenes forståelse kan på denne oppgaven kategoriseres ut ifra hvor mange av deloppgavene hver enkelt elev svarte riktig på. Jeg har valgt å benytte meg av nivåene 1, 2 og 3 også på denne oppgaven, der en nivå 3-besvarelse viser en forståelse som i stor grad samsvarer med vitenskapelige forklaringer. Dette vil da på denne oppgaven si at elevene klarer å ta stilling til påstandene a-g og klarer å

kategorisere de fleste riktig som enten fleip eller fakta. En nivå 2-besvarelse kjennetegnes ved at elevene klarer å

kategorisere flere av påstandene riktig, men viser også tegn til flere forestillinger om kjemiske reaksjoner. En nivå 1-besvarelse kategoriserer kun noen få påstander riktig, og viser tegn til store kunnskapsmangler og flere forestillinger. Etter at resultatene er kategorisert ut ifra nivåer av forståelse, ser vi av figur 4-6 at elevgruppen inneholder elever på alle nivåer.



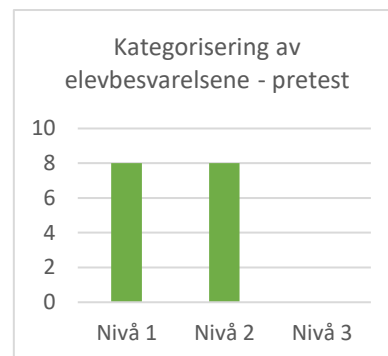
Figur 4-6: Elevenes besvarelser av oppgave 5 kategorisert ut ifra tre nivåer av forståelse. Se vedlegg 18 for detaljerte resultater.

På oppgave 6 i pretesten skulle elevene avgjøre om ulike hendelser var eksempler på en kjemisk reaksjon eller ikke (vedlegg 3). Hendelsene elevene skulle ta stilling til var:

- a) Vann som koker
- b) Ved som brenner
- c) En hydrogenballong som svever opp i luften
- d) En glassrute som knuses
- e) Når vi steker mat i panna, vil den etter hvert få en brun farge.
- f) Fyrverkeri som eksploderer og lyser opp himmelen over oss.
- g) Bruspulver (godteri) som bruser i munnen når vi spiser det.
- h) Et stearinlys som brenner.
- i) Vann som skifter farge når vi blander det med saft.
- j) Sukker som løses opp i varmt vann
- k) Muffins og kaker som hever når vi steker dem.
- l) Sykler som ruster.
- m) Mat som råtner.

Resultatene viste (se figur 4-5) at mange elever hadde problemer med å gjenkjenne hendelsene «et stearinlys som brenner» (oppgave 6h) og «mat som råtner» (oppgave 6m) som eksempler på kjemiske reaksjoner. At mange elever også svarte at hendelsene «vann som koker» (oppgave 6a), «en hydrogenballong som svever opp i luften» (oppgave 6c) og «vann som skifter farge når vi blander det med saft» (oppgave 6i) er eksempler på kjemiske reaksjoner, er tydelige tegn på at elevene før undervisningen hadde vanskeligheter med å skille kjemiske reaksjoner fra faseoverganger, stoffblandinger og hendelser der det skjer noe.

Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner avhenger av hvilke eksempler og ikke-eksempler de assosierer med begrepet, og for å få en oversikt over elevenes forståelse før undervisningen har jeg igjen kategorisere besvarelsene. På samme måte som i oppgave 5 vil besvarelsene bli kategorisert ut ifra i hvor stor grad elevene uttrykker en forståelse som samsvarer med vitenskapelige forklaringer (se kap. 3.3). Det som kjennetegner forståelsen på de ulike nivåene på denne oppgaven er i hvor stor grad elevene viser at de assosierer ulike eksempler og ikke-eksempler med kjemiske reaksjoner. En høy grad av forståelse på denne oppgaven kjennetegnes ved elever som klarer å skille eksempler på kjemiske reaksjoner, fysiske forandringer, stoffblandinger og hendelser fra hverandre. Etter resultatene er kategorisert ut ifra de tre nivåene, ser vi av figur 4-7 at ingen av elevene viser høy grad av forståelse (nivå 3) på denne oppgaven. Elevene fordeler seg derimot mellom å finne det noe utfordrende (nivå 2) og å finne det veldig utfordrende å skille ulike eksempler fra hverandre (nivå 1).



Figur 4-7: Elevenes besvarelse av oppgave 6 kategorisert ut ifra tre nivåer av forståelse. Se vedlegg 19 for detaljerte resultater.

På oppgave 7, der hensikten var å avdekke om det fantes forestillinger knyttet til forbrenning blant elevene i min undersøkelse, fikk elevene følgende oppgave (vedlegg 3):

«Når en stor kubbe ved brenner, vil det til slutt bare være aske igjen på plassen kubben brant. Hva har da skjedd med vekten til den store vedkubben?»

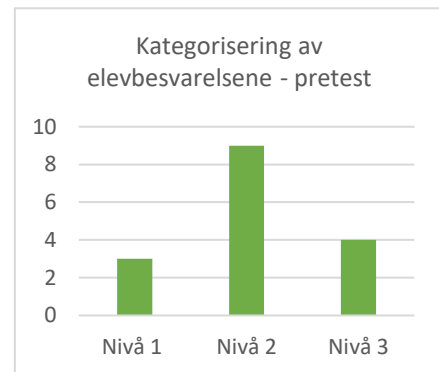
Dette var en avkrysningsoppgave der elevene måtte ta stilling til og avgjøre hvilken av svaralternativene de mente var riktig. Elevene kunne velge mellom svaralternativene:

- Asken veier noe, mens resten har forsvunnet.
- Asken veier noe, mens resten har blitt til noe annet.
- Asken veier like mye som vedkubben gjorde.
- Det er ingen sammenheng mellom asken og vedkubben.

Elevenes besvarelse på oppgave 7 (se figur 4-5) kan, på samme måte som oppgave 1, 3 og 4, kategoriseres ut ifra hvilken påstand elevene svarer seg enige med. Elevene som svarer at det ikke er noen sammenheng mellom asken og vedkubben (alternativ d) eller som svarer at asken veier like mye som vedkubben gjorde (alternativ c), viser ingen forståelse av forbrenningsprosessen og besvarelsen blir kategorisert som en nivå 1-besvarelse (se kap 3.3 for en beskrivelse av de ulike nivåene). Elever som svarer at noe av vekten har forsvunnet

(alternativ a) viser en forståelse som er preget av en forestilling og/eller av et hverdagslig språk, og kategoriseres dermed som en nivå 2-besvarelse. Nivå 3-besvarelser kjennetegnes ved at elevene viser at de har forstått at noe av vekten til den opprinnelige vedkubben er blitt til andre stoffer (alternativ b).

Ut ifra figur 4-8 ser vi at det er noen elever på nivå 1 og nivå 3, men de fleste elevene viser en forståelse som er preget av en forestilling eller hverdagslig språk (nivå 2). Resultatene fra pretesten tyder på at flere elever sitter med forestillinger om at stoffer kan brenne opp og dermed slutte å eksistere. Denne oppgaven ble også diskutert i de første gruppeintervjuene, og følgende to utdrag viser diskusjoner knyttet til påstanden om at noe forsvinner:



Figur 4-8: Elevenes besvarelser av oppgave 7 kategorisert ut ifra tre nivåer av forståelse. Se vedlegg 20 for detaljerte resultater.

1. Arnt: «asken veier bittlitt».

Forsker: «hvor tenker du det er blitt av resten av vekten da Arnt?».

Arnt: «eh... resten av vekten har kanskje flydd vekk, fordi at med aske blir det bare sånn at den bare knekk. Kubben bare knekk til slutt».

Forsker: «du sa at asken bare hadde flydd vekk, hva tenker du da?».

Arnt: «fordi man kan jo knekke hele. Da er den... da er den...»:

Forsker: «hva har det flydd vekk som tenker du da?».

Arnt: «aske».

Forsker: «som aske? At det er aske som bare flyr, med vinden?».

Arnt: «mhm». (Intervju A-1).

2. Forsker: «Forsvunnet... hvor har det forsvunnet da?».

Britt: «i løse luften».

Forsker: «i løse luften... blitt borte tenker dere?».

Bernt: «mhm, det liksom...».

Bjørn: «det blir til støv...». (Intervju B-1).

I det første utdraget virker det som Arnt har gjort et aktivt forsøk på å forstå problemstillingen knyttet til hvor vekten til vedkubben har blitt av, og kommer til slutt fram til at hele vekten til vedkubben må ha blitt til aske. Arnt forestiller seg da at noe av asken ligger igjen på plassen vedkubben brant, mens resten har blitt fraktet bort med vinden. I det andre utdraget over er Britt og Bernt enige om at resten av vekten har forsvunnet, mens Bjørn svarer at vekten har

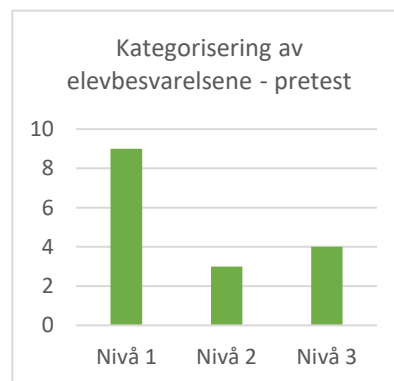
blitt om til noe (støv). Selv om det ikke er riktig at vekten til vedkubben blir til støv, så virker det som at Bjørn anerkjenner at stoffer kan bli til andre stoffer, noe som er et godt utgangspunkt for å forstå kjemiske reaksjoner.

På oppgave 8 skulle elevene ta stilling til følgende fire påstander (vedlegg 3):

- Kjemiske reaksjoner kjennetegnes ved at noe eksploderer.
- Kjemiske reaksjoner skjer ofte når kokker lager mat på kjøkkenet.
- Resultatet av en kjemisk reaksjon mellom to stoffer vil fremdeles være to forskjellige stoffer.
- Fra du står opp om morgenen, til du legger deg om kvelden, foregår det kjemiske reaksjoner i kroppen din og i omgivelsene dine.

Resultatene viser (se figur 4-5) at mange elever sitter med en forestilling om at kjemiske reaksjoner er synonyme med eksplosjoner (oppgave 8a). Flesteparten av elevene var derimot også enige i påstandene om at det skjer mange kjemiske reaksjoner i kroppen vår og når kokker lager mat på kjøkkenet. Resultatene kan dermed tyde på at elevenes svar er veldig avhengig av konteksten, og at elevene ikke klarer å vurdere svarene på ulike oppgaver opp mot hverandre.

Ser man på alle deloppgavene på oppgave 8 samlet for hver enkelt elev, er det også her mulig å kategorisere elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner. Elever som viser at de forstår hvor kjemiske reaksjoner kan skje, at kjemiske reaksjoner ikke alltid eksploderer og at to utgangsstoffer ikke vil fortsette å være de samme stoffene etter en kjemisk reaksjon, viser en høy grad av forståelse på denne oppgaven (nivå 3). Nivå 2-besvarelser viser tegn til *én* forestilling, mens elevene som viser tegn til *flere* forestillinger uttrykker en forståelse på nivå 1. Som figur 4-9 viser, uttrykker flest elever liten grad av forståelse på denne oppgaven. Noen elever viser derimot at de forstår mye, men forståelsen er preget av en forestilling eller et hverdagslig språk (nivå 2). Det er også eksempler på elever som, allerede før undervisningen, viser en høy grad av forståelse på oppgave 8.



Figur 4-9: Elevenes besvarelser av oppgave 8 kategorisert ut ifra tre nivåer av forståelse. Se vedlegg 21 for detaljerte resultater.

Hva er en «kjemiske reaksjon»?

Den siste oppgaven på pretesten var (vedlegg 3):

«Tenk deg at du fikk en utfordring der du skulle forklare hva en «kjemisk reaksjon» er til en klassekamerat. Hva ville du sagt?»

I oppgaven fikk elevene muligheten til å forklare, med egne ord, hva en kjemisk reaksjon er. I tabell 4-3 blir elevenes besvarelser presentert, og som øvrige resultater fra undersøkelsen kan også disse kategoriseres i tre kategorier: nivå 1, 2 og 3. Nivåene er beskrevet generelt i delkapittel 4.3, men jeg har valgt å utdype nivåene for akkurat denne oppgaven:

Nivå 1: Elever på dette nivået mangler en forklaring, nevner feilaktige eksempler på kjemiske reaksjoner og/eller nevner kun hvor kjemiske reaksjoner skjer.

Nivå 2: Elevene på dette nivået har enten kun skrevet eksempler på kjemiske reaksjoner eller skrevet en forklaring som er preget av en forestilling.

Nivå 3: Elevene på dette nivået har skrevet en forklaring på kjemiske reaksjoner som inneholder ord som «nytt stoff», «nye stoffer» eller «nytt produkt».

Tabell 4-3: Elevenes pretest-besvarelser på oppgave 9.

Elev:	Forklaring pretest:	Nivå:
Anne	Det er noe som skjer når noe blandes eller noe koker.	2
Amalie	En kjemisk reaksjon skjer når du blander to stoffer.	2
Arnt	At reaksjonen går mellom to ulike ting eller to like ting som eksploderer kraftigere.	2
Bjørn	Det er stoffer som blandes sammen.	2
Bernt	Når fyrverkeri eksploderer skjer det en kjemisk reaksjon.	2
Britt	En kjemisk reaksjon oppstår av en varme. Gasser i luften kan ikke være med i kjemiske reaksjoner. En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes sammen. Jeg vet ikke så mye mer.	2
E1	En kjemisk reaksjon er stoffer som man blander sammen.	2
E2		1
E3	Eeeeeh må vi snakke om det? Hva skal vi finne på?!	1
E4	Det er ?	1
E5	Noe som blander seg.	2
E6	En kjemisk reaksjon er som for eksempel brus, pannekaker og eksplosjoner.	2
E7	Kjemisk reaksjon er hvis noe eksploderer og ikke bare det.	2
E8	?	1
E9	En kjemisk reaksjon er noe som blandes med mange stoffer!	2
E10	En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes sammen sånn at de reagerer med (f. eks) en eksplosjon.	2

Som tabell 4-3 viser, var det ingen elever som viste høy grad av forståelse (nivå 3) på denne oppgaven. Flere elever ga nemlig uttrykk for forestillinger om at kjemiske reaksjoner enten er en blanding av stoffer eller skjer på grunn av at stoffer blandes, og har dermed blitt kategorisert som nivå 2-besvareler. Besvarelsen til Anne, der hun forklarer at en kjemisk reaksjon er noe som skjer når noe blandes eller kokes, er et eksempel på en slik forestilling.

Anne virker også å forsøke å identifisere kjemiske reaksjoner ved å tenke på hendelser der det faktisk skjer noe, slik som koking. Britt, som også har skrevet en nivå 2-besvarelse, uttrykker en forestilling om at varme er hovedårsaken til at kjemiske reaksjoner oppstår.

Selv om resultatene fra oppgave 9 viser at mange av elevene enten ikke viser noen forståelse eller har en forståelse som er preget av en forestilling, så viser blant annet Elev E10 gode forkunnskaper. Eleven nevner, som den eneste eleven, at det må skje en interaksjon mellom stoffene i en kjemisk reaksjon. Eleven bruker det vitenskapelige begrepet «reagerer», og kommer deretter med et eksempel på en kjemisk reaksjon.

4.2 Elevenes forståelse etter undervisningsopplegget

I dette delkapittelet presenteres resultatene fra elevenes posttest og utdrag fra gruppeintervjuene *etter* undervisningsopplegget (A-2 og B-2). På samme måte som i delkapittel 4.1 har jeg valgt å presentere resultatene fra testene og intervjuene samlet, der datamaterialet knyttet til temaene «elevenes stoff-forståelse» og «elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner» vil bli presentert hver for seg. Oppgaveteksten til spørsmålene ble presentert underveis i kapittel 4.1.2, og for å unngå gjentakelser vil jeg i dette delkapittelet henvise istedenfor å nevne oppgavene på nytt.

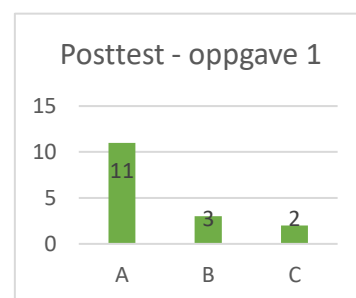
4.2.1 Elevenes stoff-forståelse

Jeg vil nå presentere resultatene som omhandler elevenes stoff-forståelse. Dette inkluderer oppgave 1-4 på posttesten og utdrag fra gruppeintervju A-2 og B-2.

Elevenes forståelse av gasser

I gruppeintervju A-2 og B-2 ble ikke elevene spurt om begrepet gass, men elevene måtte fremdeles svare på oppgave 1 og 2 på posttesten. På oppgave 1 på posttesten skulle elevene igjen ta stilling til påstander om luft som blåses inn i en ballong (se kap. 4.1.1). Når elevenes besvarelser igjen kategoriseres ut ifra nivåer på forståelse (se kap. 3.3 og 4.1.1), så viser resultatene (figur 4-10) at et klart flertall elever hadde svart at luft faktisk veier noe (alternativ A), og dermed uttrykt høy grad av forståelse (nivå 3).

Elevene skulle også begrunne svaret sitt på denne oppgaven, og tabell 4-4 viser elevene som gjorde dette. Begrunnelsene til elevene viser, på samme måte som oversikten i figur 4-10, at mange elever har akseptert at luft veier noe. Britt, elev E3, elev



Figur 4-10: Resultatene på oppgave 1 på posttesten. Se vedlegg 14 for detaljerte resultater.

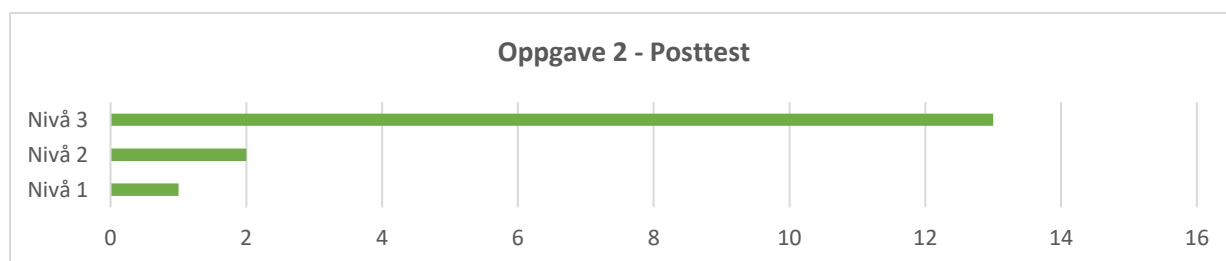
E4 og elev E6 forklarer alle at grunnen til at ballongen blir tyngre er fordi «luft veier (faktisk) noe». Anne, Bjørn, elev E5 og elev E7 sier ikke direkte at luft veier noe, men det kan tolkes slik når de sier at ballongen vil veie mer etter den er blåst opp.

Tabell 4-4: Oversikt over begrunnelsene til de elevene som begrunnet svaret sitt på oppgave 1 (se vedlegg 14 for fullstendig tabell).

Elev	Forklaring
Anne	Jeg tror A, fordi hvis man tar og blåser mer og mer, så blir ballongen tyngre.
Arnt	C: fordi den blir lettere.
Bjørn	A. Fordi når den ikke er blåst opp veier den litt, men den veier mer når vi blåser den opp.
Bernt	A, men C hvis det er helium.
Britt	A. Fordi luft veier faktisk noe.
E3	A, fordi luft veier faktisk noe
E4	A. Ballongen blir tyngre. For luft veier noe.
E5	A. Fordi når du blåser ballongen opp, blir den tyngre.
E6	A er riktig fordi luft veier noe.
E7	A. Luft tar plass og ballongen blir tyngre.

Som figur 4-10 viser, er det fremdeles noen elever som holder fast ved forestillinger om at ballongen vil bli lettere eller veie like mye, og dermed viser en forståelse på nivå 2. Arnt er den eneste av elevene som har gitt uttrykk for en forestilling på oppgave 1, som har begrunnet svaret sitt (se tabell 4-4). Arnt forklarer at ballongen vil bli lettere når den blir blåst opp, og viser med dette at undervisningen ikke har hjulpet han med å konstruere en forklaring som er i samsvar med den aksepterte vitenskapelige forklaringen om at luft veier noe.

Videre kan resultatene av oppgave 2 (figur 4-11) tyde på, i likhet med resultatene fra oppgave 1, at flere elever har akseptert at luft faktisk er noe. På oppgave 2 skulle elevene (som nevnt i kap. 4.1.1) ta på seg de «magiske brillene» og tegne hvordan de trodde luft ville sett ut i en glasskrukke. Som figur 4-11 viser har de fleste elevene på denne oppgaven uttrykt høy grad av forståelse (nivå 3) ved å produsere tegninger som understreker at de har forstått at luft er noe. Nivå 1 og nivå 2-tegninger er, som beskrevet i kap 4.1.1, mest sannsynlig besvarelser fra elever med forestillinger om at luft enten ikke er noe (ikke tegnet noe) eller at luft er veldig lett, tungt eller ikke veier noe (tegnert luft kun i bunnen, i toppen eller i midten av krukken).



Figur 4-11: Resultatene på oppgave 2 fra posttesten. Elevenes tegninger er delt inn i 3 nivåer (som beskrevet i kap 4.1.1). Se vedlegg 15 for detaljerte resultater.

Elevenes forståelse av stoffer

I intervjuene etter undervisningsopplegget (A-2 og B-2) ble elevene igjen spurt om hva de forbinder med begrepet stoff. I intervju B-2 var det Britt som først svarte på spørsmålet, mens Bjørn og Bernt sa seg enig. Britt svarte at «Stoff det er alt som er rundt oss, alt består av stoffer». Følgende utdrag viser hva elevene i gruppe A tenkte om begrepet (intervju A-2):

Arnt: «alt er stoff!».

Forsker: «alt er stoff sier du ja, jaha».

Amalie: «til og med det vi puster inn og ut er stoff. Det vi har på oss, klær er stoff.».

Både Arnt og Amalie svarer at alt er stoff. Selv om hun ikke direkte bruker begrepet gass, så er det tydelig at det er gasser Amalie sikter til når hun sier at «til og med det vi puster inn og ut er stoff». Amalie virker dermed overbevisst om at også gasser er stoffer.

Når elevene i gruppe B (intervju B-2) ble spurt om de har noen eksempler på stoffer, så svarer de «fast stoff» (Bjørn) og «flytende stoff» (Britt). Elevene så ut til å blande sammen eksempler på stoffer og tilstandene stoffer kan være i, men de nevner etter hvert tre (bord), vann og oksygen som eksempler på stoffer. Elevene fikk deretter spørsmål om hva som menes med egenskapene til et stoff, og da ble det tydelig at elevene fremdeles ikke hadde utviklet en fullstendig stoff-forståelse. Følgende dialog mellom forsker og eleven Britt tydeliggjør dette:

Forsker: «vi skulle beskrive egenskapene til ulike stoffer. Hva menes egentlig med egenskap eller egenskapene til et stoff?».

Britt: «det det [stoffet] var i stand til å gjøre».

Forsker: «i stand til å gjøre, hva tenker du da?».

Britt: «likksom, mm... en kake... også når du putter den inn i ovnen, også har du sikkert oppi egg og mel og alt det der der».

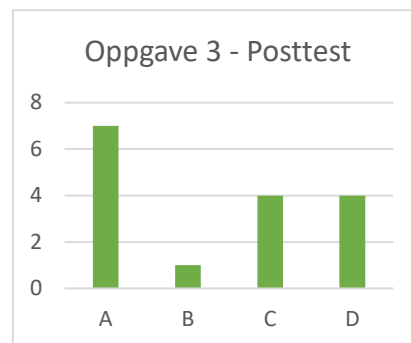
Forsker: «mhm».

Britt: «også... skjer det som en kjemisk reaksjon. At det kan være en egenskap?».

I utdraget over sier Britt at egenskapene til stoffer er «det det [stoffet] var i stand til å gjøre». Britt forklarer videre i utdraget at hun er usikker, men tror at begrepet «egenskap» har sammenheng med at det skjer en kjemisk reaksjon. I hverdagslige sammenhenger kan begrepet «egenskap» brukes til å beskrive hva noen er flinke til, som for eksempel «mine beste egenskaper som fotballspiller er hurtighet og pasningssikkerhet». I en vitenskapelig sammenheng betyr derimot begrepet «egenskap» det du kan observere eller måle ved et stoff.

Britts beskrivelse av hva som menes med begrepet «egenskap» blir i dette tilfellet feil sett med naturvitenskapelige øyne.

Resultatene på oppgave 3 og 4 på posttesten (figur 4-12 og figur 4-13) viste at enkelte forestillinger fremdeles preget elevenes stoff-forståelse. Når elevene igjen skulle ta stilling til påstander knyttet til et stearinlys som brenner (oppgave 3), så ble elevenes besvarelser kategoriseres ut ifra 3 nivåer av forståelse (se kap. 3.3). I delkapittel 4.1.1 ble kjennetegnene for hvert enkelt nivå beskrevet detaljert for akkurat denne oppgaven. Som vi ser av figur 4-12 er det like mange elev-besvarelser på nivå 1 som nivå 3 etter undervisningsopplegget. Den største gruppen av elever uttrykker derimot en forståelse som viser at de fremdeles er preget av en forestilling om stoffer (nivå 2).



Figur 4-12: Resultatene på oppgave 3 (posttest). Se vedlegg 16 for detaljerte resultater.

Kategoriserer vi på samme måte de skriftlige begrunnelsene til elevene på oppgave 3 (se tabell 4-5), så er det to elever som uttrykker høy grad av forståelse (nivå 3). Dette er elevene Bernt og E6, som begge gir uttrykk for at stearinlyset blir til nye stoffer. På nivå 2 finner vi forklaringene til Anne, Bjørn, elev E2 og elev E3. Elevene Bjørn og E2 svarer begge at de tror stoffer blir borte, forsvinner og dermed slutter å eksistere. Dette kan være elevenes dagligdagse måte å prate om fenomener på, men det virker som elevene fremdeles sitter med forestillinger om at stoffer kan slutte å eksistere (bli borte). Anne påpeker at hun synes påstand A høres mest riktig ut, mens elev E3 påpeker at «når ting blir varmt brenner/smelter det». Det er for så vidt riktig at stoffer kan brenne og smelte når de varmes opp, noe som har sammenheng med forbrenning og faseoverganger, men påstand A er likevel ikke i samsvar med den vitenskapelige aksepterte forklaringen på forbrenning. Eleven benytter heller ikke det vitenskapelige begrepet «stoffer», men velger heller å benytte begrepet «ting».

Britt forklarer i sin besvarelse at hun mener stearinen kun er der for å holde veken på plass, dette fordi «det høres bare ganske så fornuftig ut». Britt ser ikke sammenhengen mellom stearinen og forbrenningsprosessen, og viser dermed ingen forståelse. Denne forklaringen har jeg dermed kategorisert som en nivå 1-forklaring.

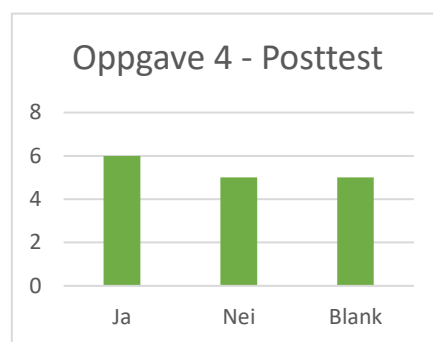
Tabell 4-5: Begrunnelsene til de elevene (ser bort fra de som skriver «svaret er ...») og de som gjentar påstanden) som begrunnet svaret sitt på oppgave 3 på posttesten (se vedlegg 16 for fullstendig tabell).

Elev	Svar	Begrunnelse
Anne	A	Jeg tror A fordi den høres mest riktig ut.
Bjørn	B	B fordi den tråden man fyrer på forsvinner.

Bernt	D	For jeg tror det blir til noe nytt når stearinlyset forsvinner
Britt	C	Fordi... Jeg vet ikke. Det høres bare ganske så fornuftig ut.
E2	A	Fordi når det brenner blir veken og stearinen borte.
E3	A	A for når ting blir varmt brenner/smelter det.
E6	D	D er riktig fordi talg blir til

Også på oppgave 4 kan elevenes besvarelser kategoriseres ut ifra nivåer (som beskrevet i kap. 3.3). På spørsmålet «er rust en type jern?» fordelte svarene på posttesten seg nesten jevnt ut over svaralternativene «ja», «nei» og «blank» (se figur 4-13), som illustrerer henholdsvis nivå 2, nivå 3 og nivå 1 (se beskrivelse i kap 4.1.1).

I tabell 4-6 er begrunnelsene til elevenes svar presentert, og disse kan som nevnt (kap. 4.1.1) også kategoriseres ut ifra de samme kategoriene som øvrige resultater. Elevene Amalie, E2, E3, E5 og E6 uttrykker alle i sine begrunnelser at jern og rust er det samme stoffet. Elevenes viser dermed at forståelsen deres er preget av en forestilling om at et stoff kan endre egenskapene sine, men fremdeles være det samme stoffet. Disse begrunnelsene er kategorisert som nivå 2-besvarelser. Elev E2 viser forståelse for at rusting har noe med luften å gjøre, men virker å ha etablert seg en misoppfatning om at rust dannes når luft treffer spikeren. Elevene Amalie og E6 svarer begge at rust ikke er en type jern, men i forklaringen sier de det motsatte. Dette kan være tegn på at oppgaven er vanskelig å forstå eller at elevene ikke forstår begrepene «jern» og «metall».



Figur 4-13: Resultatene på oppgave 4 på posttesten. Se vedlegg 17 for detaljerte resultater.

Tabell 4-6: Begrunnelsene til de elevene som begrunnet svaret sitt på oppgave 4 (se vedlegg 17 for fullstendig tabell).

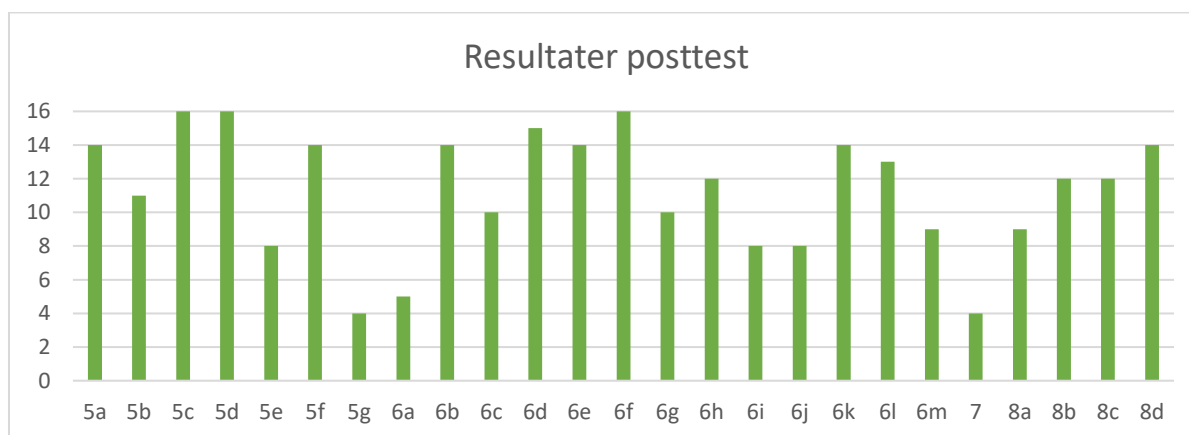
Elev	Svar	Forklaring
Amalie	Nei	Nei fordi det er det samme metallet, bare brunt
Bernt	Nei	Nei fordi det er brunt
Britt		Det må jo være et stoff. Alt rundt oss består jo av stoffer
E2	Ja	Når spikeren er i en glasskrukke med lokk og luft. Fordi når luften treffer spikeren da blir den rusten.
E3	Ja	Ja fordi jern kan ruste og spikere ser ganske ut som jern
E5	Ja	Ja fordi når ruste faller av blir det ikke borte
E6	Nei	Nei fordi at metallet er det samme bare blitt gammelt

Bernt er den eneste eleven som på oppgave 4 viser høy grad av forståelse (nivå 3). Bernt uttrykker at rust og jern ikke kan være det samme stoffet fordi «...det er brunt», og virker dermed å ha forstått at et stoff kjennetegnes ved sine egenskaper. Britt viser (se tabell 4-6) derimot ingen forståelse knyttet til problemstillingen på oppgave 4 (nivå 1-forklaring), siden hun virker å ha misforstått oppgaven.

4.2.2 Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner

Jeg vil nå presentere resultatene fra posttesten og gruppeintervjuene (A-2 og B-2) som omhandler elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner. Først vil jeg presentere resultatene av oppgave 5, 6, 7 og 8 på posttesten, som alle var lukkede spørsmål, og underveis vil også relevante utdrag fra gruppeintervjuene bli presentert. Til slutt i dette delkapittelet vil resultatene fra oppgave 9 bli presentert, der elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner ble undersøkt, i tillegg til at utvalgte utdrag fra gruppeintervjuene vil bli presentert og analysert.

Påstander knyttet til kjemiske reaksjoner

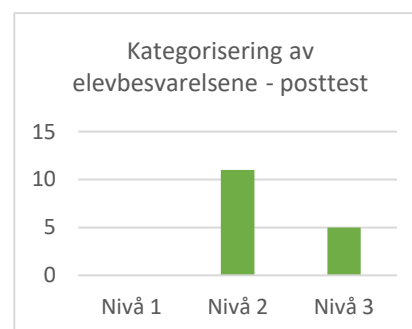


Figur 4-14: Resultatene fra oppgave 5-8 i pretesten. Søylen indikerer antall elever med riktig svar på oppgavene.

På oppgave 5 skulle elevene ta stilling til 7 påstander (se kap. 4.1.2) om kjemiske reaksjoner ved å krysse av for om de mente påstandene var fleip eller fakta. Resultatene er presentert samlet i figur 4-14, men som beskrevet i delkapittel 4.1.2 har jeg kategorisert elevenes forståelse på de ulike oppgavene ved å se på hvilken forståelse elevene totalt sett uttrykker.

Resultatet av denne kategoriseringen er presentert i figur 4-15, og viser at ingen elever uttrykker en forståelse på det laveste nivået (nivå 1). Det er noen elever som viser høy grad av forståelse (nivå 3), men flest elever uttrykker en nivå 2-forståelse på denne oppgaven.

Enkelte av deloppgavene (oppgave 5b og 5g) ble i intervjuene diskutert, og jeg har valgt å trekke frem og analysere utdrag fra diskusjonene for å synliggjøre elevenes forståelse og hva de har utfordringer med å forstå. Følgende utdrag, hvor påstanden «gasser i luften kan ikke være med i en kjemisk reaksjon» (oppgave 5b) blir diskutert, er hentet fra intervju B-2:



Figur 4-15: kategorisering av elevenes besvarelser på oppgave 5 på posttesten. Se vedlegg 18 for detaljerte resultater.

Forsker: «du er overbevisst om det? At gasser også kan være med?».

Britt: «ja, jeg tenker at det kan være... jeg tror...».

Bjørn: «ja! Det kom jo en gass når vi blandet det der... fenolrødt og...».

Forsker: «ja, der hadde du et godt eksempel».

Britt: «hm?».

Bjørn: «da kom det jo en ny gass».

Uttalelsene fra Britt i intervjuet viser at hun er noe usikker, men har likevel svart at det er fleip at gasser ikke kan være med i kjemiske reaksjoner. Bjørn kommer da på et eksempel fra undervisningen der det faktisk ble dannet en gass fra en kjemisk reaksjon. Bjørns forståelse kan i dette tilfellet kategoriseres som å være på nivå 3, noe som betyr at Bjørn har en forståelse som samsvarer med aksepterte vitenskapelige teorier (se kap. 3.3). I dette tilfellet virker det som undervisningsopplegget har styrket Bjørns forståelse av kjemiske reaksjoner ved å gi han muligheten til å danne seg assosiasjoner til fenomenet.

Oppgave 5g, der elevene skulle ta stilling til påstanden «resultatet av en kjemisk reaksjon mellom to stoffer vil alltid være et nytt stoff», ble også diskutert i gruppeintervju B-2. Alle elevene i gruppe B hadde svart fleip på denne påstanden, og dermed vist liten grad av forståelse, noe de fleste andre i klasse 2 også hadde gjort på denne oppgaven. Etter å ha diskutert spørsmålet forsto derimot Bjørn at han skulle svart fakta. Slik gikk diskusjonen:

Forsker: «var det noen gang dere tenkte at nå skjedde det en kjemisk reaksjon, men vi fikk ikke noe nytt stoff?».

Bjørn: «jeg tror... jeg tror det er fakta nå».

Forsker: «du tenker det er fakta? Du endrer svaret ditt nå?».

Bjørn: «mhm».

Bernt: «(latter)».

Bjørn: «jeg kommer ikke på noe som ikke ble et nytt stoff».

Forsker: «nei ikke sant. Enn dere to?».

Britt: «hm...».

Forsker: «kommer dere på noe som ikke ble et nytt stoff? Etter en kjemisk reaksjon?».

Bjørn: «det er jo det som...».

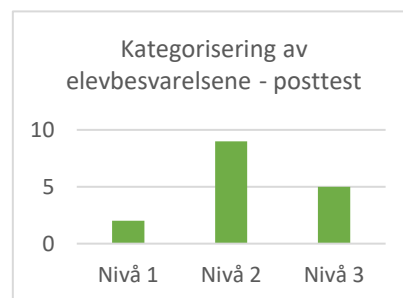
Forsker: «en gang til Bjørn».

Bjørn: «det er jo det som er en kjemisk reaksjon».

Definisjonen av en kjemisk reaksjon som elevene ble introdusert for, var som nevnt (kap. 2.3) slik: «To eller flere stoffer som reagerer med hverandre og danner et nytt stoff» (Gran & Nordbakke, 2008, s. 127). Etter å ha diskutert påstanden virker det som det plutselig går opp for Bjørn hva det egentlig blir spurt om i oppgave 5g, og da viser Bjørn med sine ytringer en forståelse som samsvarer med definisjonen han har lært gjennom undervisningsopplegget (nivå 3-forståelse).

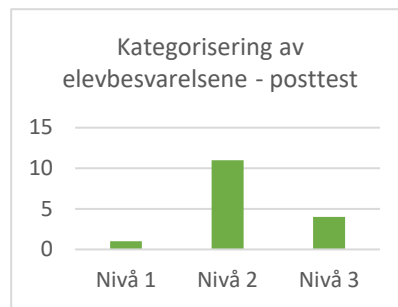
På oppgave 6 skulle elevene ta stilling til ulike hendelser og avgjøre om de var eksempler på kjemiske reaksjoner eller ikke. Ut ifra figur 4-14 kan man se hvilke hendelser elevene assosierer med kjemiske reaksjoner og hvilke de ikke gjør det. Resultatene viser at de fleste elevene assosierer forbrenning av ved (6b), matlaging (6e) og fyrverkeri (6f) med kjemiske reaksjoner, mens en glassrute som knuses (6d) blir av nesten alle assosiert med et ikke-eksempel på en kjemisk reaksjon. Resultatene på oppgave 6 viser også at hendelsene «vann som koker», «vann som skifter farge når vi blander det med saft» og «sukker som løses opp i varmt vann» ble kategorisert feil av mange elever, noe som kan ha sammenheng med at elevene finner det vanskelig å skille mellom kjemiske reaksjoner og stoffblandinger.

Ut ifra elevenes totale besvarelse på oppgave 6 har jeg, som beskrevet i delkapittel 4.1.2, kategorisert elevene etter tre nivåer. Resultatet av denne kategoriseringen er presentert i figur 4-16, og viser hvor mange elever som uttrykker høy (nivå 3), middels (nivå 2) og lav grad av forståelse på denne oppgaven. Flere elever har klart å skille de fleste eksemplene som enten kjemiske reaksjoner eller ikke, og viser da en høy grad av forståelse (nivå 3). Eksemplene som ikke er kjemiske reaksjoner kan da være fysiske forandringer, stoffblandinger eller hendelser, men elevene fikk ikke muligheten til å utdype dette. Mange av elevene viser at de har mange eksempler og ikke-eksempler assosiert med kjemiske reaksjoner, men viser også tegn på misoppfatninger (nivå 2). Dette er da eksempler som elevene ikke har kategorisert riktig, og som nevnt over er det spesielt stoffblandinger elevene finner utfordrende å skille fra kjemiske reaksjoner. Som vi ser av figur 4-16 var det noen få elever som uttrykte liten grad av forståelse på denne oppgaven. Elevene hadde da store problemer med å kategorisere eksempler og ikke-eksempler på kjemiske reaksjoner riktig.



Figur 4-16: kategorisering av elevenes besvarelser på oppgave 6 på posttesten. Se vedlegg 19 for detaljerte resultater.

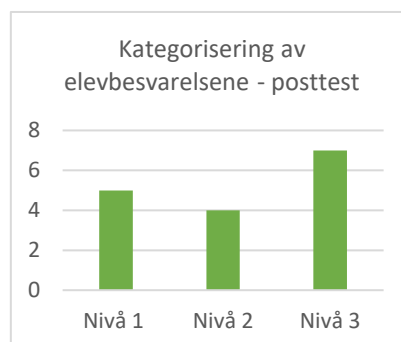
Resultatene på oppgave 7 (se figur 4-14) viste at bare et fåtall elever svarte seg enig i at noe av vekten til den store vedkubben ligger igjen som aske, mens resten har blitt til nye stoffer (se kap. 4.1.2). I figur 4-17 er elevenes besvarelser kategorisert ut ifra tre nivåer av forståelse (beskrevet spesielt for denne oppgaven i delkapittel 4.1.2). Anne, Britt, elev E2 og elev E10 var de eneste elevene som så for seg at stoffene i den opprinnelige vedkubben kunne bli til noe annet, og dermed viste høy grad av forståelse.



Figur 4-17: kategorisering av elevenes besvarelser på oppgave 7 på posttesten. Se vedlegg 20 for detaljerte resultater.

Arnt er den eneste eleven som svarer at asken veier like mye som den opprinnelige vedkubben, og dermed viser liten forståelse av forbrenningsprosessen. På oppgave 4 svarte Arnt som nevnt (se kap. 4.2.1) at rust og jern var det samme stoffet, og det er dermed ikke utenkelig at eleven også her sitter med en forestilling om at aske og ved er det samme stoffet, bare endret noen egenskaper. Flest elever, deriblant Amalie, Bjørn og Bernt, har derimot svart at noe av vekten fra vedkubben har forsvunnet, og viser dermed en forståelse som er preget av en forestilling om at noe «forsvinner» eller «brenner opp» (nivå 2).

På oppgave 8 skulle elevene ta stilling til fire påstander (se kap 4.1.2) om kjemiske reaksjoner. I figur 4-14 er resultatet av hvor mange elever som svarte riktig på hver påstand presentert, mens i figur 4-18 er elevenes besvarelse kategorisert ut ifra forståelse de uttrykte totalt på oppgave 8. Resultatene viser at det var flest elever som viser høy grad av forståelse (nivå 3) på oppgave 8. Elevene uttrykte da at de har forstått at kjemiske reaksjoner ikke alltid kjennetegnes ved eksplosjoner, men derimot ofte skjer i kroppen vår og på kjøkkenet når kokker lager mat. Samtidig viser de at de har forstått at resultatet av en kjemisk reaksjon ikke vil være de to samme stoffene, men derimot nye stoffer. På denne oppgaven var det også flere elever som viste lav grad av forståelse, noe som betyr at de uttrykker en forståelse som er preget av flere forestillinger om kjemiske reaksjoner.



Figur 4-18: kategorisering av elevenes besvarelser på oppgave 8 på posttesten. Se vedlegg 21 for detaljerte resultater.

Anne, Arnt, Bernt og Britt viser, sammen med tre andre elever, at deres forståelse fremdeles preges av en forestilling om kjemiske reaksjoner (nivå 2). Det er særlig en forestilling om at kjemiske reaksjoner kjennetegnes ved at noe eksploderer (oppgave 8a) som går igjen blant elevene. Denne påstanden ble diskutert i gruppeintervjuene, der Britt påpeker at enkelte

kjemiske reaksjoner kan kjennetegnes ved at det skjer en eksplosjon. Det kan dermed være at resultatet på denne deloppgaven er påvirket av at påstanden ikke er skrevet presis nok.

Hva er en «kjemiske reaksjon»?

På oppgave 9 skulle elevene forklare hva en kjemisk reaksjon er med egne ord (se kap. 4.1.2). I tabell 4-7 blir elevenes besvarelser presentert og kategoriseres etter tre kategorier: nivå 1, 2 og 3. Nivåene er generelt beskrevet i delkapittel 3.3, men hva som ligger i nivåene for akkurat denne oppgaven er beskrevet i delkapittel 4.1.2.

Tabell 4-7: Elevenes posttest-besvarelser på oppgaven «Tenk deg at du fikk en utfordring der du skulle forklare hva en «kjemisk reaksjon» er til en klassekamerat. Hva ville du sagt?».

Elev:	Forklaring posttest:	Nivå:
Anne	Jeg ville ha sagt en kjemisk reaksjon er noe som kan lage nye stoffer eller kan koke eller noe sånt.	3
Amalie	En kjemisk reaksjon er når man blander to ulike stoffer også dannes et nytt stoff. Man kan se det på kjøkkenet, i en lab og rundt i hele verden.	3
Arnt	En kjemisk reaksjon er to eller flere stoffer som danner nye stoffer.	3
Bjørn	To eller flere stoffer som blandes sammen og blir til et nytt stoff. Det skjer kjemiske reaksjoner i kroppen din fra du våkner til du legger deg.	3
Bernt	Mat som blir svidd og hever seg.	2
Britt	En kjemisk reaksjon er når man blander to forskjellige stoffer og danner et nytt stoff.	3
E1	Har du sett fyrverkeri når du tenner på lunta? Da skjer det en kjemisk reaksjon før det begynner å lyse.	1
E2	Jeg vet hva en kjemisk reaksjon er, men jeg vet ikke hvordan jeg skal forklare.	1
E3	Det er... tja... det skjer i hvert fall hele tiden rundt oss...	1
E4	Jeg ville sagt at en kjemisk reaksjon kan for eksempel være når du blander to eller flere stoffer og det skjer en kjemisk reaksjon.	2
E5	Noe som skjer rundt eller andre steder.	1
E6	En kjemisk reaksjon er to forskjellige stoffer som blandes og blir til et nytt produkt.	3
E7	Kjemisk reaksjon er når en sykkel ruster, fyrverkeri eksploderer og lyser. Kjemiske reaksjoner skjer nesten hele tiden.	2
E8	Hvis man putter mentos i cola, så blir det masse bobler som spruter ut av colaen.	1
E9	At det er noen stoffer som blandes sammen og blir til et nytt stoff.	3
E10	En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes og blir til et nytt stoff.	3

Som vi kan se av tabell 4-7, strekker halvparten av elevene seg opp på det høyeste nivået av forståelse med sine forklaringer. Eksempler på dette er forklaringene til elevene Arnt og E6, som begge skriver gode forklaringer på hva en kjemisk reaksjon er. Begge forklaringene er veldig lik den definisjonen elevene ble introdusert for i undervisningen (kap. 2.3), men elev E6 skiller seg ut ved å benytte ordet «produkt». Ordet produkt ble som nevnt (under

beskrivelsen av undervisningsøktene i kap. 3.2.3) benyttet i undervisningen som et begrep på stoffene som ble dannet fra en kjemisk reaksjon. At eleven har modifisert definisjonen han opprinnelig har lært, tyder på en styrket forståelse.

Tre av elevene (Bernt, E1 og E7) har hovedsakelig bygget forklaringen sin på eksempler på kjemiske reaksjoner. Elevene E1 og E7 nevner begge fyrverkeri som et eksempel på en kjemisk reaksjon, men elev E1 skriver at den kjemiske reaksjonen skjer «...før det begynner å lyse» (se tabell 4-7). Det skjer kjemiske reaksjoner før fyrverkeriet begynner å lyse (ved oppskyting), men lyset og fargene som kommer på himmelen er da også resultater av kjemiske reaksjoner. Det blir dermed ikke helt korrekt å si at den kjemiske reaksjonen skjer før det begynner å lyse.

Besvarelsene til elevene E4 og E8 virker begge å bygge på forestillinger om kjemiske reaksjoner. Elev E8 mangler en forklaring på hva en kjemisk reaksjon er, men beskriver isteden et eksempel som faktisk ikke er noen kjemisk reaksjon (mentos som puttes i cola). Når eleven både mangler en forklaring og nevner et feilaktig eksempel på en kjemisk reaksjon, så viser eleven svært mangelfull forståelse (nivå 1) av fenomenet kjemiske reaksjoner. Elev E4 har, i motsetning til elev E8, skrevet en forklaring på hva en kjemisk reaksjon er, men forklaringen er derimot preget av en forestilling. Som mange av elevene før undervisningsopplegget sitter elev E4 med en forestilling om at kjemiske reaksjoner skjer på grunn av at stoffer blandes. Begreper som «nytt stoff» og «reagerer» blir ikke benyttet, og eleven viser en forståelse på nivå 2.

Det var også noen elever som syntes det var vanskelig å forklare hva de ville sagt til en klassekamerat om kjemiske reaksjoner. Dette er elevene E2, E3 og E5 (se tabell 4-7) som alle virker veldig usikre, selv etter at de har gjennomført undervisningsopplegget, og viser alle ingen eller svært mangelfull forståelse av kjemiske reaksjoner (nivå 1). Elev E2 virker å mangle de grunnleggende ferdighetene i skriving som er nødvendig for å besvare en slik åpen oppgave, mens elev E3 og E5 kun nevner hvor kjemiske reaksjoner kan skje.

Amalie og Bjørn viste begge høy grad av forståelse på oppgave 9 (se tabell 4-7), noe de også gjør når de i henholdsvis intervju A-2 og B-2 får spørsmål om hva en kjemisk reaksjon er. Amalie svarte at en kjemisk reaksjon er «når to eller flere stoffer reagerer og danner et nytt stoff» (intervju A-2), mens Bjørn svarte at «det er to eller flere stoffer som blan... som blandes sammen eller... og blir til et nytt stoff» (intervju B-2). Begge elevene virket å huske definisjonen på en kjemisk reaksjon, Amalie nesten helt ordrett, og begge hadde med at det

dannes et nytt stoff. Amalie bruker i intervjuet, i motsetning til på posttesten, det vitenskapelige begrepet «reagerer», men spørsmålet er om hun forstår hva som ligger i begrepet eller om hun kun har pugget definisjonen.

Når gruppene videre fikk spørsmål om de kan nevne noen eksempler på kjemiske reaksjoner så nevnte Bernt ved og flamme (forbrenningsreaksjon), Bjørn nevnte reaksjonen mellom natron og eddik, mens Britt nevnte epler som holdt på å bli brune. I gruppe A nevnte Amalie reaksjonene mellom natron og eddik, mellom egg og eddik og samarin og vann. Anne nevnte reaksjonen mellom potetmel og jod-løsning, mens Arnt også nevnte reaksjonen mellom natron og eddik.

Etter at det hadde blitt fokusert på hva en kjemisk reaksjon var og eksempler på ulike kjemiske reaksjoner, så ble elevene i intervjuene (A-2 og B-2) stilt spørsmål om hva som kjennetegner en kjemisk reaksjon. Følgende utdrag er hentet fra intervju A-2:

Forsker: «ja, riktig (...) enn hvis dere skal se etter noen tegn da hvis det har skjedd en kjemisk reaksjon? Hva ville dere ha sett etter da?».

Anne, Arnt og Amalie: «hm...».

Anne: «lukt?».

Forsker: «lukt, ja bra».

Amalie: «høre».

Forsker: «ja».

Amalie: «se, føle, smake».

I undervisningen ble elevene introdusert for følgende kjennetegn på kjemiske reaksjoner: fargeendring, smaksendring, luktendring, temperaturendring, dannes gass, dannes elektrisitet og dannes lys. I utdraget over ser vi at elevene svarte at det er mulig å bruke sansene (lukte, høre, se, føle og smake) for å avgjøre om det har skjedd en kjemisk reaksjon. Elevene i gruppe A benytter ikke begreper som «endring» og «temperatur» i sine forklaringer. I intervju B-2 påpeker derimot Britt at det er endringer av farge, lukt og smak som kan avsløre for henne at det har skjedd en kjemisk reaksjon. En viktig forskjell mellom det Britt svarte og det Amalie og Anne svarte i utdraget over, er nettopp begrepet «endring». Britt viser dermed en høyere grad av forståelse enn resten av intervjuenelevne.

Hva har skjedd med utgangsstoffene etter en kjemisk reaksjon?

I undervisningsopplegget ble elevene introdusert for begrepene *utgangsstoffer* og *produkter* (se kap. 3.2.3). I intervju A-2 og B-2 ble elevene spurt om hva som skjer med utgangsstoffene

etter en kjemisk reaksjon, og følgende utdrag er hentet fra intervju A-2 og viser den påfølgende diskusjonen:

Forsker: «ja, hva tenker dere har skjedd med utgangsstoffene da? Er dem enda der?».

Amalie: «ja, bare dem...».

Arnt: «bare at dem blir litt myk også er det to stoffer som er det et nytt... Hvis jeg for eksempel tar... eh... ja noe som danner noe nytt. Slik som syre og... syre og eh... syre og noe sånn der, jeg vet ikke.».

Forsker: «ja?».

Arnt: «men det danner jo noe nytt, men det er jo akkurat det samme uansett fordi det er jo bare to stoffer som er blitt til et nytt».

Forsker: «men kan det både være det samme og også bli noe nytt?».

Arnt og Amalie: «ja!».

I utdraget over sier Arnt at utgangsstoffene er de samme etter en kjemisk reaksjon, men også blitt til noe nytt. Arnt viser med sine ytringer at han ikke har forstått at utgangsstoffene reagerer og omdannes til nye stoffer, og at stoffene du startet med dermed «forsvinner». Eleven klarer dermed ikke å skille mellom utgangsstoffer og produkter. Forståelsen til Arnt virker dermed å være preget av en forestilling, og det kan tenkes at det er samme forestilling som mange av elevene uttrykte på oppgave 9 på pretesten, nemlig at kjemiske reaksjoner kun er en blanding av stoffer. Amalie sier seg også enig med Arnt, men senere i intervjuet skifter hun mening. Den videre diskusjonen gikk slik:

Arnt: «det kan være nytt og gammelt».

Amalie: «det går ikke, fordi du har jo... tenk hvis du har en vedkubbe».

Forsker: «ja?».

Amalie: «hiver den i ovnen. Da har du en vedkubbe og en flamme, og det er to forskjellige...».

Forsker: «jaha?».

Amalie: «så hiver du vedkubben inn og det blir til...».

Anne: «aske».

Amalie: «aske, også da har du et nytt stoff».

Forsker: «ja (...) er det enda det samme som en vedkubbe da?».

Amalie og Anne: «nei».

Amalie trekker her frem et eksempel med forbrenning av en vedkubbe, og da kaster også Anne seg med i diskusjonen og svarer at vedkubben vil omdannes til aske. Amalie og Anne stiller seg dermed uenige i at utgangsstoffene i en kjemisk reaksjon både kan være de samme stoffene og samtidig bli til nye stoffer etter en kjemisk reaksjon. Amalie, som trekker frem et godt eksempel for å styrke sitt synspunkt, viser her høy grad av forståelse knyttet til denne problemstillingen. Anne, som til nå kun har hatt en tilbaketrucken rolle i diskusjonen, får også muligheten til å vise at hun har forstått hva som skjer med utgangsstoffene:

Anne: «jeg tror de er borte... de utgangsstoffene... også blir de et nytt stoff».

Forsker: «ja, du sier borte, hva tenker du da? At de bare forsvinner eller?».

Anne: «nei, at dem... liksom blandes også blir det et nytt stoff».

Refleksjonene til Anne viser her at hun besitter en høy grad av forståelse. Dette viser seg særlig ved at Anne klarer å uttrykke at utgangsstoffene er forsvunnet etter en kjemisk reaksjon, men de har ikke sluttet å eksistere, de har blitt til nye stoffer.

4.3 I hvilken grad endres elevenes forståelse gjennom målrettet undervisning?

I dette delkapittelet vil jeg presentere resultater som viser hvordan elevenes forståelse har endret seg som et resultat av det gjennomførte undervisningsopplegget. Først vil jeg presentere og analysere elevenes uttalelser knyttet til «hvem skal ut?»-oppgaven, både før og etter undervisningen. Deretter vil jeg sammenligne den forståelsen elevene viser *før* undervisningen med den forståelsen de viser *etter* undervisningen.

4.3.1 «Hvem skal ut?»-oppgaven

Mot slutten av alle intervjuene, både de før og de etter undervisningsopplegget, fikk elevene utdelt en «Hvem skal ut?»- oppgave (vedlegg 5). Oppgaven bestod av fire ulike illustrasjoner: en isbit som smelter, ved som brenner, glødende jernstenger og salt i en kasserolle med vann. Elevene fikk i oppgave å finne ut hvem av illustrasjonene som ikke passet sammen med de tre andre, og deretter forklare hvorfor. Hensikten med denne oppgaven var i første omgang å se hvilke kriterier elevene baserte valget sitt på og om de klarte å koble oppgaven til kjemiske reaksjoner. Oppgaven ble gjentatt etter undervisningsopplegget for å se om elevene klarte å anvende sine nyervervede kunnskaper om kjemiske reaksjoner.

Før undervisningsopplegget

I intervju A-1 og B-1 valgte elevene illustrasjonene som skulle ut hovedsakelig på bakgrunn av kriterier som temperatur, bruksområder og hvilke av gjenstandene som kunne lage lyd.

Følgende utdrag viser en diskusjon fra gruppe B:

Britt: «jeg tror det er som sist, at det er to stoffer som blandes».

Forsker: «to stoffer som blandes, og det er det ikke på de andre bildene?».

Britt: «nei... ikke sånn super».

Bjørn: «jeg ville tatt bort isbiten!».

Forsker: «hvorfor det?»

Bjørn: «fordi den har ingenting med det her... ingenting med noen av de tingene å gjøre.».

Forsker: «hm...».

Bernt: «jo, fordi bål og varme smelter jo isen».

Forsker: «bål og varme smelter isen? Du tenker på temperatur?».

Bjørn: «ja isen forsvinner jo bare uansett, den smelter jo».

Britt er i starten av diskusjonen inne på temaet stoffer, men Bjørn og Bernt trekker deretter diskusjonen inn på kriterier som sammenheng mellom illustrasjonene og temperatur. Etter at elevene hadde diskutert oppgaven en stund uten å komme inn på temaet kjemiske reaksjoner, ble de tipset om å tenke på dette temaet. Etter tipset, påstår Arnt i gruppe A umiddelbart at det er isklumpen som skal ut, noe han argumenterer for slik:

Arnt: «å! da vet jeg!».

Amalie: «salt!».

Arnt: «nei fordi salt og vann, også har vi bål, det er laget av ved og flammer. Og det her er ovn og... mens det der er bare ingenting».

Forsker: «isklumpen er bare ingenting?».

Arnt: «det er bare is som smelter».

Arnt argumenterer for at illustrasjonen av en isklump som smelter må ut, siden den «... er bare ingenting». Arnt virker å tenke på hvilke illustrasjoner som viser stoffer som er blandet sammen, og dermed vil han ha illustrasjonen av isbiten ut siden «det er bare is som smelter». Diskusjonen gjør det dermed tydelig at Arnt i forkant av undervisningsopplegget satt med en forestilling om at kjemiske reaksjoner kun er en blanding av stoffer.

I gruppe B argumenterte elevene flere ganger for at illustrasjonen av isklumpen skulle ut, men de fleste argumentene var lik de som allerede er omtalt over. Jeg har derfor valgt å presentere et annet utdrag, hvor elevene diskuterte illustrasjonen av glødende jern:

Bernt: «jeg vil egentlig ikke ha ut noe».

Forsker: «du vil ikke ta ut noen, fordi?».

Bernt: «fordi jernstenger kan jo liksom også bli noe.».

Britt: «det blir jo liksom varmt som bålet...».

Bernt: «det kan jo endre form, også når dem lager sverd så tar dem jo inn... i veldig varmt».

Forsker: «ja?».

Bernt: «så har dem det i bakken og former det».

Forsker: «okei, så det skifter form. Dem kan smi det om?».

Bernt: «mhm».

Forsker: «er det da en kjemisk reaksjon?».

Bernt: «hm... nei...».

Bjørn: «jo, fordi hvis man endrer seg så er det en kjemisk reaksjon.».

I diskusjonen argumenterer Bernt for at jernstenger også kan bli noe ved å endre form, og på bakgrunn av dette også må være en kjemisk reaksjon. Ved direkte spørsmål om dette da er en kjemisk reaksjon, svarer imidlertid Bernt, noe nølende, nei. Bjørn derimot, uttrykker en forestilling om at alle endringer stoffer gjennomgår må være eksempler på kjemiske reaksjoner. Selv om dette er noe annet enn en kjemisk reaksjon, nemlig smelting, så viser diskusjonen et eksempel på en forestilling om at kjemisk reaksjoner kjennetegnes ved, eller er, at et stoff endrer seg.

Etter undervisningsopplegget

Når elevene igjen ble presentert for «hvem skal ut?»-oppgaven i intervjuene etter undervisningsopplegget, la de frem flere faglige argumenter og viste flere ganger at de, til en viss grad, klarte å anvende det de hadde lært. Et eksempel er Arnt, som også denne gangen argumenterer for at isklumpen skal ut:

Arnt: «det er ingen kjemisk reaksjon, fordi det skjer jo ikke noe forskjell med det».

Forsker: «er det det samme stoffet hele tiden?».

Amalie: «nei».

Arnt: «ja, bare at det blir til vann og is og eh...».

Forsker: «ja?».

Arnt: «vann og is er jo... en sammenheng som er veldig stort».

Forsker: «så vann og is er det samme stoffet?».

Arnt: «ja».

Arnt argumenterer denne gangen for at illustrasjonen av en isbit som smelter skal ut siden «... det skjer jo ikke noe forskjell med det», noe jeg tolker som at han mener det ikke blir dannet noe nytt stoff, altså er det ikke en kjemisk reaksjon. I intervjuet før undervisningsopplegget argumenterte Arnt for at isbiten skulle ut fordi «det er bare is som smelter» og «... det der er bare ingenting». Elevens resoneringer og argumenter virker å være noe mer faglige i intervjuet etter undervisningsopplegget. Også de andre elevenes argumenter virker å være mer faglige i intervju A-2 og B-2, men som vi nå skal se, finner elevene det vanskelig å argumentere for hvorfor de ulike illustrasjonene skiller seg ut. Videre i intervjuet argumenterer også Amalie for at det er isbiten som smelter som skal ut:

Amalie: «fordi at... vann... når man har det i fryseren så blir det til is».

Forsker: «ja?».

Amalie: «også hvis man har det ute i varmen, så blir de til vann. Og det er jo det samme stoffet».

Forsker: «ja».

Amalie: «bare at... det ser... det er... først er det flytende stoff, også blir det til fast stoff. Og da kan man jo tro at det er en kjemisk reaksjon, men det er det ikke, det er det samme stoffet».

Forsker: «men hvis den skal ut da på grunn av at det ikke er en kjemisk reaksjon da, er alle de andre en kjemisk reaksjon da?».

Amalie: «nei».

Forsker: «hm... hvorfor skal isbiten ut da? Hvorfor skiller den seg ut?».

Amalie: «fordi...».

Amalie viser i utdraget over at hun forstår at stoffet vann kan opptre i både flytende og fast form avhengig av temperaturen, men fremdeles være det samme stoffet. Hun konkluderer med at dette ikke er et eksempel på en kjemisk reaksjon, og vil derfor ha illustrasjonen ut. Amalie er derimot ikke enig med at alle de tre andre illustrasjonene da er eksempler på kjemiske reaksjoner, og finner det dermed vanskelig å forklare hvorfor isbiten skal ut.

Også i intervjuet med gruppe B var elevene veldig ivrig etter å ta ut illustrasjonen av isbiten som smelter. Bernt, Bjørn og Britt deltar alle aktivt i diskusjonen knyttet til isbiten:

Forsker: «hvorfor vil du ha isklumpen ut?».

Britt: «fordi den smelter og det er ikke en blanding av to stoffer».

Forsker: «hva er det da?».

Bjørn: «det er bare noe som...».

Bernt: «det blir ikke et nytt stoff!».

Britt: «det er bare...».

Bjørn: «sol...».

Bernt: «det blir ikke et nytt stoff».

Britt: «det blir ikke et nytt stoff, det blir bare vann».

Forsker: «det blir bare vann ja».

Britt: «og det er jo egentlig bare vann, bare at det er et fast stoff, også blir det til et flytende stoff».

Forsker: «så det er altså ikke noen kjemisk reaksjon?».

Bernt: «nei».

Britt viser i diskusjonen over, som Amalie viste i intervjuet med gruppe A, at hun har forstått at stoffet vann kan opptre i flere former, men fremdeles være det samme stoffet. Bernt er også veldig ivrig etter å få frem argumentet om at isbiten som smelter ikke er noe eksempel på en kjemisk reaksjon, noe han argumenterer for ved å poengtere at «det blir ikke et nytt stoff». Britt og Bernt viser, på samme måte som Amalie, en høy grad av forståelse knyttet til stoffer og kjemiske reaksjoner ved at de klarer å anvende kunnskapene til å reflektere seg fram til en løsning på en problemstilling som ikke ble behandlet i undervisningen.

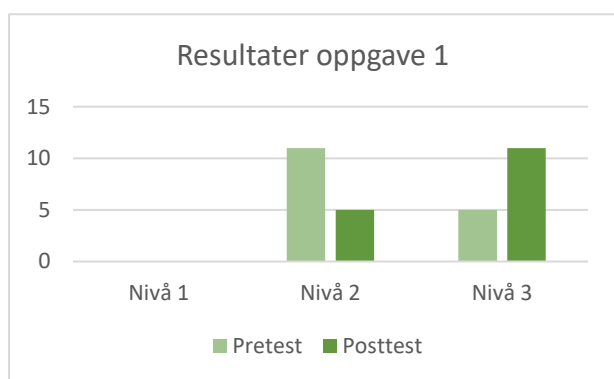
Selv om Britt akkurat hadde forklart (utdraget over) at is som smelter ikke var en kjemisk reaksjon, så viser Bjørn litt senere i diskusjonen at han ikke besitter den samme forståelsen. Bjørn sier nemlig det motsatte av Britt: «isbit, det er jo en kjemisk reaksjon. Fordi det blir... fra et fast stoff til et flytende stoff». Bjørns forståelse virker her å være preget av at han ikke klarer å skille mellom fysiske og kjemiske endringer, og dermed vil han kunne etablere en forestilling om at stoffers faseoverganger er eksempler på kjemiske reaksjoner.

Felles for begge gruppene var at ingen av elevene tenkte tanken om at kanskje det var et eksempel på en kjemisk reaksjon som skulle ut. Elevene i begge gruppene hadde klart å kategorisere alle illustrasjonene riktig, som enten kjemisk reaksjon (bålet) eller ikke (isbit som smelter, vann og salt i en kasserolle og glødende jern), men klarte ikke på egenhånd å komme frem til hvilken som skilte seg ut. Elevene virket likevel fast bestemt på at det måtte være en illustrasjon som viste et ikke-eksempel på en kjemisk reaksjon som skulle ut, og det kom

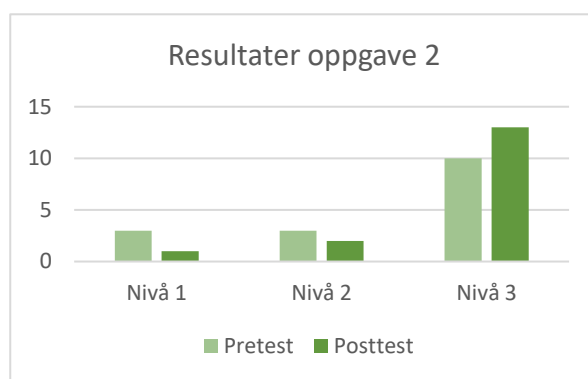
dermed aldri noe forslag om at illustrasjonen av bålet skulle ut. Det ble dermed vanskelig for begge gruppene når de etter hvert konkluderte med at det var flere illustrasjoner som ikke var eksempler på kjemiske reaksjoner. Elevene måtte til slutt ha noe hjelp for å komme frem til at svaret var illustrasjonen av bålet, det eneste eksempelet på en kjemisk reaksjon.

4.3.2 Fra pretest til posttest

I dette delkapittelet vil jeg se på i hvilken grad elevenes uttrykte forståelse har endret seg fra pretesten til posttesten. Dette vil jeg gjøre ved å presentere diagrammer som sammenligner antall elever på hvert nivå av forståelse (nivå 1, 2 og 3) for hver av de 9 oppgavene på pre- og posttesten. Jeg vil kun kort kommentere sammenligningene i dette delkapittelet, og ta disse opp igjen og diskutere dem i neste kapittel.

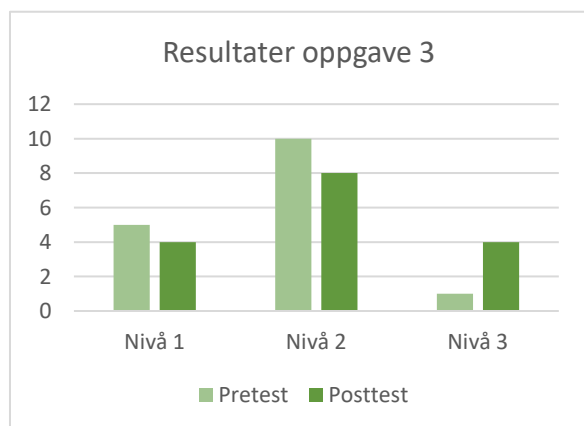


Figur 4-19: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 1 (se vedlegg 14).

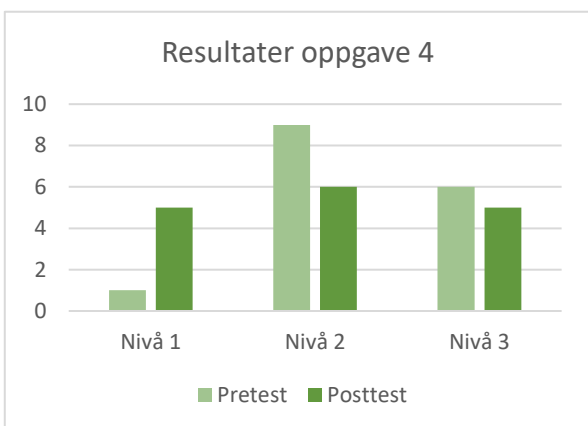


Figur 4-20: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 2 (se vedlegg 15).

I figur 4-19 og 4-20 er elevenes resultater på henholdsvis oppgave 1 og 2, begge knyttet til elevenes forståelse av luft og gasser, presentert. På disse oppgavene viser resultatene tydelig at elevenes forståelse har endret seg mot en høyere grad av forståelse etter undervisningsopplegget. Særlig er dette tydelig på oppgave 1, hvor antallet elever som uttrykker en forståelse på nivå 3 er mer enn doblet fra pretest til posttest.



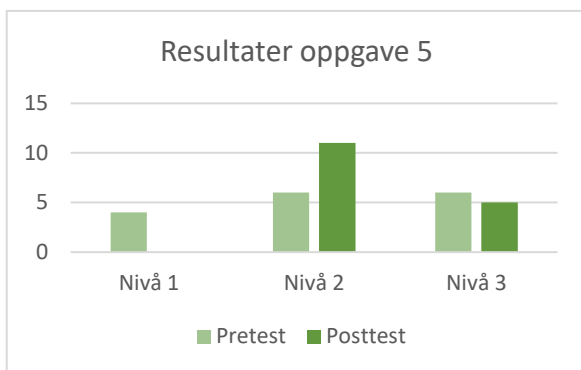
Figur 4-21: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 3. Se vedlegg 16 for oversikt over elevenes besvarelser.



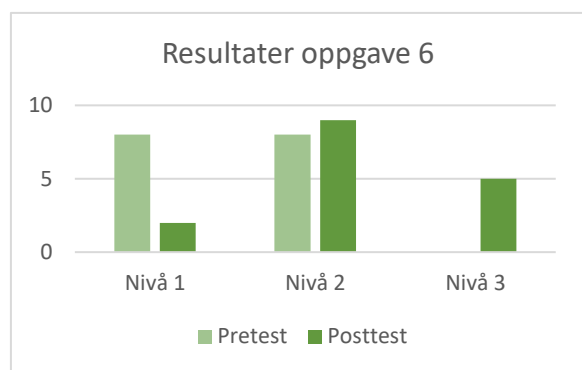
Figur 4-22: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 4. Se vedlegg 17 for oversikt over elevenes besvarelser.

Elevenes uttrykte forståelse på oppgave 3 og 4, som omhandlet begrepet «stoff», er presentert i tabell 4-22 og 4-23. Resultatene er noe tvetydige, der resultatene på oppgave 3 viser en beskjeden fremgang, mens resultatene på oppgave 4 viser en økning av elever på nivå 1.

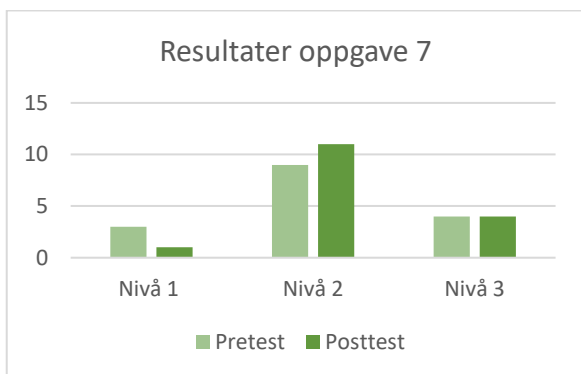
I figur 4-23, 4-24, 4-25 og 4-26 er resultatene fra kategoriseringen av elevenes besvarelser på henholdsvis oppgave 5, 6, 7 og 8 presentert. Sammenligningene av forståelsen elevene viste på pretesten og forståelsen de viste på posttesten, viser en tydelig tendens til at elevenes forståelse har blitt styrket som et resultat av undervisningsopplegget. Resultatene viser blant annet at elevene svarer riktig på flere påstander og har dannet flere assosiasjoner (eksempler og ikke-eksempler) til begrepet *kjemiske reaksjoner* etter undervisningsopplegget.



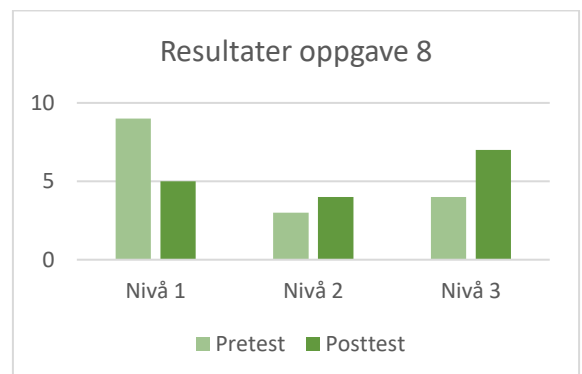
Figur 4-23: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 5. Se vedlegg 18 for oversikt over elevene besvarelser.



Figur 4-24: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 6. Se vedlegg 19 for oversikt over elevene besvarelser.

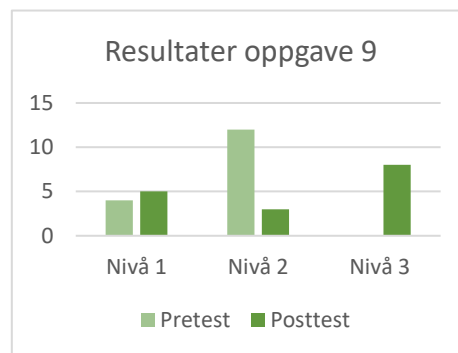


Figur 4-25: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 7. Se vedlegg 20 for oversikt over elevene besvarelser.



Figur 4-26: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 8. Se vedlegg 21 for oversikt over elevene besvarelser.

Etter at elevenes besvarelser på oppgave 9, fra både pre- og posttest, er kategorisert og sammenlignet (se figur 4-27), er det mulig å si noe om hvordan elevenes forståelse av fenomenet kjemiske reaksjoner har endret seg som et resultat av det gjennomførte undervisningsopplegget. Sammenligningen viser at antall elever som uttrykker liten eller ingen forståelse av kjemiske reaksjoner (nivå 1) og antall elever som uttrykker høy grad av forståelse, begge har økt. Det er likevel tydelig at totalt sett har elevenes uttrykte forståelse av kjemiske reaksjoner, på denne oppgaven, endret seg svært positivt. Mange elever har lært at det som først å fremst kjennetegner kjemiske reaksjoner, er dannelsen av nye stoffer.



Figur 4-27: En sammenligning av resultatene fra pre- og posttest på oppgave 9. Se vedlegg 22 for oversikt over elevenes besvarelser.

5 Diskusjon

Målet for denne masteroppgaven var å undersøke hvordan elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner endret seg som følge av et målrettet undervisningsopplegg. Det ble spesielt lagt vekt på elevenes utfordringer med å forstå begrepet og om disse har forandret seg som følge av undervisningen. Det var *ikke* hensikten å beskrive elevenes forståelse som en prosess gjennom arbeidet med undervisningsopplegget. Det ble derfor ikke gjennomført noen datainnsamlinger underveis i undervisningsopplegget, kun før og etter gjennomføringen.

I dette kapitlet vil jeg diskutere forskningsspørsmålene knyttet til elevenes utfordringer, undervisningsopplegget og elevenes forståelse opp mot resultatene fra undersøkelsen og relevant forskning knyttet til fenomenet kjemiske reaksjoner. Kapitlet består av to delkapitler. Elevenes utfordringer med å forstå fenomenet kjemiske reaksjoner vil bli behandlet først. Deretter vil undervisningsopplegget bli vurdert ved å diskutere hvordan elevenes forestillinger og forståelse har endret seg, og hvordan undervisningen kan forbedres.

5.1 Utfordringer med å forstå begrepet *kjemisk reaksjon*

I teorikapitlet til denne oppgaven stilte jeg spørsmålet «hva er det som gjør begrepet kjemisk reaksjon vanskelig å forstå, og som dermed fører til at elevene ikke klarer å tilegne seg vitenskapelig aksepterte forklaringer?». Utfordringer knyttet til det naturvitenskapelige språket, elevens forestillinger og elevenes stoff-forståelse ble deretter beskrevet av lærings- og kjemididaktisk forskning som de største problemene.

Utfordringen med elevenes stoff-forståelse er knyttet til forskning som tyder på at forståelsen av kjemiske reaksjoner avhenger av en grunnleggende og god forståelse av stoffer og deres egenskaper (Johnson, 2000, 2002; Papageorgiou & Johnson, 2005; Smith et al., 2006, s. 11-16). Det er blant annet blitt påstått at elever ikke ville klare å forstå fenomenet kjemiske reaksjoner før de klarer å se på stoffer som en enhet som kan forandre seg mellom tre former, oppstå og forsvinne og identifiseres ved sine egenskaper (Johnson, 2000, 2002). Jeg vil nå diskutere hva denne påstanden innebærer og i hvilken grad elevene i min undersøkelse uttrykker en forståelse for stoffer og deres egenskaper.

Stoffer kan, som Johnson nevner, *opptre og forandre seg mellom tre former* eller aggregattilstander: gass, væske og fast stoff. De fleste elever har erfaringer med faste stoffer og væsker, men det har vist seg at gasser er et noe vanskeligere tema for elevene å forstå. Gasser inngår i mange kjemiske reaksjoner, både som utgangsstoffer og produkter, og dermed

var det et mål for undervisningen at elevene skulle utvikle en større forståelse for gasser. Tidligere studier har vist at partikkel-ideer eller kjennskap til partikkelmodellen har hjulpet elever til å utvikle en makroskopisk forståelse av stoffer, spesielt knyttet til gass-fasen og tanken om at gasser også er stoffer (Johnson, 1998; Merino & Sanmarti, 2008; Papageorgiou & Johnson, 2005). Papageorgiou og Johnson (2005) poengterer imidlertid at undervisningsopplegget må strekke seg over en tidsperiode på flere år, mens denne undersøkelsen kun varte i 6 uker.

Jeg lot meg likevel inspirere av tanken og introduserte partikkelmodellen for elevene med en animasjon, illustrasjoner og dramatiseringer hvor elevene selv spilte rollen som partikler. Selv om partikkelmodellen omhandler det mikroskopiske, var likevel målet for undervisningsopplegget at elevene skulle danne seg en makroskopisk forståelse av stoffer og kjemiske reaksjoner. Resultatene fra pretesten viste at mange elever satt med forestillinger om at luft (gasser) ikke er stoffer, ikke har noen vekt eller har negativ vekt, noe som stemmer overens med funn fra tidligere undersøkelser (Barke et al., 2009, s.50-52; Schmidt (97) gjengitt i Horton, 2007; Horton, 2007). Tidligere undersøkelser har vist at barns forestillinger ofte er forankret i personlige erfaringer (Driver, Asoko, et al., 1994), noe som mest sannsynlig forklarer at den mest omfattende hverdagsforestillingen om gasser virket å være at luft har negativ vekt. Denne forestillingen begrunnet flere elever ved å forklare at en oppblåst ballong faller saktere enn en tom ballong.

For å utvikle seg en forståelse for fenomenet kjemiske reaksjoner ble det innledningsvis påstått at elevene måtte se på stoffer som en enhet som kunne *identifiseres ved sine egenskaper* (Johnson, 2000, 2002). Resultatene fra pretesten tydet på at dette var spesielt utfordrende for elevene, der mange elever uttrykte en forestilling om at stoffer kunne endre sine egenskaper, men fremdeles være det samme stoffet. Denne forestillingen er kjent fra forskningslitteraturen (Andersson, 1990; Barke et al., 2009, s. 39-41). For å lære om stoffer og stoffers egenskaper ble det dermed, som nevnt i beskrivelsen av undervisningsopplegget (kap 3.2.3), gjennomført to forsøk der elevene måtte beskrive egenskapene ved ulike stoffer.

Å se på stoffer som en enhet som kan *oppstå og forsvinne* handler om å forstå at stoffer kan oppstå som produkter fra en kjemisk reaksjon og forsvinne når de reagerer med andre stoffer og dermed omdannes til nye stoffer. Dette bringer oss inn på begrepet *kjemisk reaksjon* og en annen utfordring jeg nevnte innledningsvis i diskusjonen, nemlig *elevers forestillinger*.

Elevers forestillinger, som er en samlebetegnelse for mer kjente begreper som *hverdagsforestillinger* og *misoppfatninger*, er når barn og unge utvikler forklaringer og ideer på naturlige fenomener som ikke er i overensstemmelse med dagens naturvitenskapelige teorier og forklaringer (Barke et al., 2009, s. 1-6; Driver, Squires, et al., 1994, s. 1; Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 59-61). Disse er som nevnt godt forankret i personlig erfaring og sosialiseringen barnet har gjennomgått (Driver, Asoko, et al., 1994), og forskning har vist at de vanskeliggjør videre læring (Barke et al., 2009, s. 2) og utgjør store pedagogiske utfordringer for naturfagundervisningen (Sjøberg, 2009, s. 330-332).

For å svare på forskningsspørsmålet om hvilke forestillinger som eksisterte blant 10-11 år gamle elever, så var de mest omfattende forestillingene blant elevene i min undersøkelse knyttet til at *stoffer brenner opp og forsvinner*, at kjemiske reaksjoner *er eller skjer på grunn av at stoffer blandes* og at kjemiske reaksjoner *identifiseres ved å se etter uvanlige og uventede hendelser*. Resultatene viste også at elevene hadde store problemer med å skille mellom fysiske og kjemiske endringer, assosiere nye egenskaper med nye stoffer og det var noen få elever som forestilte seg at varme var hovedårsaken bak alle kjemiske reaksjoner.

Alle disse forestillingene er også oppdaget blant elever i tidligere undersøkelser og omtalt i kjemi- og naturfagdidaktisk forskningslitteratur (Ahtee & Varjola, 1998; Barke et al., 2009, s. 39-44; Driver, Squires, et al., 1994; Strong (70) gjengitt i Horton, 2007; Talanquer, 2006). At elevene forestiller seg at kjemiske reaksjoner kan kjennetegnes ved å se etter uvanlige og uventede hendelser har mest sannsynlig en sammenheng med elevenes forventninger til temaet. I gruppeintervjuene før undervisningsopplegget ble det blant annet avdekket at elevene assosierte adjektivet *kjemisk* med noe farlig, brennbart og eksplosivt. En av elevene uttrykker blant annet at han vil kjent igjen en kjemisk reaksjon ved at «det skjer noe».

At *noe* forsvinner som følge av en forbrenningsprosess er en forestilling mange elever ga uttrykk for når de skulle ta stilling til ulike påstander om forbrenning på pretesten (oppgave 3 og 7). Forestillinger som denne kan ha sammenheng med at begreper elevene benytter i sin hverdag, ikke har den samme betydningen i naturvitenskapelige settinger (Barke et al., 2009, s. 43-44). Dette bringer meg inn på den siste utfordringen med å forstå fenomenet kjemiske reaksjoner, som nevnt innledningsvis, nemlig det *naturvitenskapelige språket*.

Det naturvitenskapelige språket består av begreper med en bestemt mening og definisjon. Grunnen til at det å lære seg det naturvitenskapelige språket, med sine begreper og faguttrykk, blir beskrevet som en av hovedutfordringene med det å lære seg naturfag (Wellington &

Osborne, 2001, s. 1-8), er fordi begrepene i naturvitenskapelige settinger kan ha en betydning som strider med elevenes forkunnskaper (Mork & Erlien, 2010, s. 23-32; Sjøberg, 2009, s. 344-347; Wellington & Osborne, 2001, s. 1-8). I teorikapittelet ble det argumentert for et syn på læring i naturfag som går ut på at elevene velger språk ut ifra hvilket formål kommunikasjonen har (Leach & Scott, 2003; Sjøberg, 2009, s. 345). Ut ifra dette synet kan elevene bruke hverdagslige eller spontane begreper når det passer seg, slik som i hverdagslige samtaler med klassekamerater, men så kan de skifte til et mer presist språk bestående av vitenskapelige begreper når situasjonen krever det.

Å kunne skifte mellom et hverdagslig språk og et presist vitenskapelig språk er kanskje enklere sagt enn gjort. For det første må elevene kunne de ulike betydningene av begrepene, og deretter må de klare å vurdere hvilket språk ulike situasjoner krever. Før undervisningsopplegget er kanskje elevene enig i påstander som sier at noe har brent opp eller blitt borte fordi dette er måten de vanligvis kommuniserer om slike fenomener. Elevenes hverdagslige språk er dermed med på å styrke en forestilling om at stoffer kan ødelegges, og det er blitt hevdet at det ikke er mulig for elevene å komme frem til et «bevarings»-begrep uten undervisning (Barke et al., 2009, s. 44).

I de første gruppeintervjuene (A-1 og B-1) var det blant annet tydelig at elevene hadde problemer med det naturvitenskapelige språket, noe som forårsaker at elevenes ytringer om fenomener ikke stemmer overens med vitenskapelig aksepterte forklaringer. Elevene fikk blant annet opplest definisjonen på en kjemisk reaksjon (se kap. 2.3), men når de deretter skulle forklare denne definisjonen valgte flere av elevene å benytte spontane begreper. Selv om definisjonen som ble opplest for elevene inneholdt begrepet «reagerer», og ikke begrepet «blandes», så er det altså fremdeles begrepet «blandes» elevene foretrekker når de forklarer.

5.2 Vurdering av undervisningsopplegget

For å vurdere undervisningsopplegget har jeg valgt å først diskutere *i hvilken grad elevenes forestillinger har endret seg*, deretter *i hvilken grad forståelsen til elevene har utviklet seg* og til slutt *hva som fungerte og hva som ikke fungerte med undervisningsopplegget*.

I hvilken grad har elevenes forestillinger endret seg?

For å svare på forskningsspørsmålet mitt knyttet til i hvilken grad elevenes forestillinger har endret seg som følge av undervisningsopplegget, så har jeg valgt å trekke frem og diskutere resultater knyttet til de forestillingene som var mest omfattende i undersøkelsen (kap. 5.1).

En forestilling mange elever delte, var forestillingen om at *noe* forsvinner som følge av en forbrenningsprosess. Slike forestillinger knyttet til forbrenning har som nevnt (kap 2.3.3) mange likhetstrekk til flogistonteorien som ble introdusert på slutten av 1600-tallet (Barke et al., 2009, s. 11). I undervisningen ble flogistonteorien diskutert og sammenlignet med noen kjente forestillinger knyttet til forbrenning, men likevel viser resultatene på posttesten en økning av elever som forestiller seg at vekten til en vedkubbe har forsvunnet etter en forbrenningsreaksjon.

Dette er noe overraskende, men samsvarer godt med resultatene fra oppgave 3 (forbrenning av stearinlys), der mange av elevene uttrykker samme forestilling. Selv om slike forestillinger ble snakket om og diskutert i undervisningen, så virker det som elevenes hverdagslige språk fremdeles dominerer. Undervisningsopplegget har dermed ikke hjulpet elevene med å utvikle en god nok vitenskapelig forståelse av forbrenning til å kunne forklare fenomenet med vitenskapelige begreper.

Når det kommer til forestillingen om at kjemiske reaksjoner kjennetegnes ved uvanlige og uventede hendelser, så viser flere av elevene i gruppeintervjuet at de har forstått at de må benytte sansene for å kjenne igjen en kjemisk reaksjon. En del av en makroskopisk forståelse knyttet til kjemiske reaksjoner innebærer nemlig å lære seg observerbare kjennetegn på kjemiske reaksjoner (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 139). Når elevene i gruppeintervju A-2 og B-2 ble spurt om hvilke kjennetegn på kjemiske reaksjoner de kunne, svarer Anne og Amalie at de kan bruke sansene (lukte, høre, se, føle og smake), mens Britt påpeker korrekt at det er endringer av egenskaper (farge, lukt og smak) som gjør det mulig å kjenne igjen kjemiske reaksjoner. Enkelte elever gir derimot fremdeles uttrykk for en slik forestilling, der kjemiske reaksjoner kan kjennetegnes ved «at det skjer noe nytt».

Resultatet på oppgave 4 på posttesten viser at det fremdeles er noen elever som sitter med forestillinger om at stoffer kan endre sine egenskaper, og fremdeles være de samme stoffene. Dette er bekymringsverdig, særlig med tanke på at det mest karakteristiske for en kjemisk reaksjon nettopp er dannelsen av nye stoffer med nye (oftest observerbare) egenskaper (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 139). Mange av elevene har derimot gått fra å gi uttrykk for en forestilling før undervisningen til å svare blankt etter undervisningen. Dette kan være tegn på at de vet at sine tidligere forklaringer var feil, men fremdeles usikker på den vitenskapelige forklaringen.

På pretesten var forestillingen om at kjemiske reaksjoner er eller skjer på grunn av at stoffer blandes, sentral. Etter undervisningen har derimot mange av elevene gått fra en slik forestilling til å nevne at det dannes nye stoffer i kjemiske reaksjoner. Dette er svært positive resultater, særlig med tanke på at resultatene fra den internasjonale naturfagstudien TIMMS viste at elever helt oppe i 7-9. klasse hadde problemer med akkurat dette (Kjærnsli et al. gjengitt i Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 144).

I en lignende undersøkelse, med like unge elever som elevene i denne undersøkelsen, fant Øyehaug og Holt (2013) resultater som indikerte at feilaktige forestillinger var en nødvendig del av elevenes læringsprosess. Studentene i studien utviklet i starten en fragmentert og ufullstendig forståelse av stoffer og stoffers endringer, men i løpet av undervisningen utviklet forståelsen seg mot det Øyehaug og Holt omtaler som *integrert og helhetlig*. Elevene hadde med andre ord restrukturert og omorganisert sine kunnskaps strukturer, fra en forståelse preget av forestillinger til en forståelse preget av vitenskapelig aksepterte forklaringer.

Resultatene fra min undersøkelse viser derimot at flere av elevene gir uttrykk for de samme forestillingene etter undervisningen som de gjorde før undervisningen. En viktig forskjell mellom min undersøkelse og undersøkelsen til Øyehaug og Holt er lengden på opplegget. Undersøkelsen min varte i 6 uker, mens Øyehaug og Holts strakk seg over tre år. En økning av antall undervisningstimer knyttet til fenomenet kjemiske reaksjoner har derimot ingen garanti for at elevene skal utvikle en forståelse som er mer i samsvar med en vitenskapelig forklaring, noe Solsona et al. (2003) konkluderte med etter sin toårige studie knyttet til videregående elevs forståelse av begrepet kjemisk endring. Annen forskning antyder derimot at utviklingen av en forståelse knyttet til begrepet «kjemisk reaksjon» mest sannsynlig er en gradvis prosess (Papageorgiou et al., 2010) og burde strekke seg over en tidsperiode på flere år (Papageorgiou & Johnson, 2005).

Det er særlig forestillinger knyttet til forbrenning og egenskaper ved stoffer som elevene i min undersøkelse finner vanskelig. Mange av elevene klarer blant annet ikke koble «rusting av jern» med kjemiske reaksjoner, men tror heller dette har noe å gjøre med at metallet blir gammelt eller råtner. Dette til tross for at «rusting av en sykkel» var en av reaksjonene som ble behandlet i undervisningen. Selv om elevene på enkelte områder ikke viser en forståelse som er i samsvar med vitenskapelige forklaringer, og kanskje til og med har gått tilbake til sine egne forestillinger, så trenger ikke det bety at undervisningen var bortkastet.

Kjemididaktisk forskning påpeker at undervisningen likevel kan ha fått elevene til å reflektere over sine egne forestillinger (Barke et al., 2009, s. 52), noe som er sentralt i flere av

strategiene som er beskrevet for å kunne oppnå en begrepsendring (Barke et al., 2009, s. 30; Scott et al., 1992).

Resultatene fra undersøkelsen min viser også at flere kjente og beskrevne forestillinger har blitt unngått. Elevene viser blant annet ingen tegn til forestillinger om at stoffer har en egen «vilje» (Barke et al., 2009, s. 38), at alle gasser er farlige, giftige eller brennbare (Barke et al., 2009, s. 50-52) og at gasser og luft har motstridende affektive egenskaper (Driver, Squires, et al., 1994, s. 80). Dette tyder på at undervisningsopplegget har innfridd målet om å unngå at akkurat disse forestillingene etableres.

I hvilken grad har elevenes forståelse utviklet seg?

Da elevene var ferdige med undervisningsopplegget var målet at de skulle ha utviklet gode nok kunnskaper om stoffer og stoffers endringer til å kunne fortelle hva en kjemisk reaksjon er og forklare hva som skjer i en kjemisk reaksjon (jf. definisjonen til Gran og Nordbakke (2008, s. 127), beskrive hva som kjennetegner en kjemisk reaksjon og kunne nevne eksempler på ulike kjemiske reaksjoner. Men har egentlig undervisningsopplegget hjulpet elevene med å utvikle en forståelse av kjemiske reaksjoner? For å svare på dette spørsmålet vil jeg sammenligne elevenes resultater og ytringer fra før undervisningen med de etter.

«Hvem skal ut?»-oppgaven ble blant annet gjennomført både i intervjuene før og etter undervisningsopplegget. Elevene fikk med «hvem skal ut?»-oppgaven muligheten til å diskutere og spekulere omkring temaet kjemiske reaksjoner, uten å bli gitt svaret før eventuelt helt på slutten av det siste intervjuet. Enkelte forskere mener aktiviteter som denne burde oppmuntres for å forsøke å engasjere elevene til å skape seg en forståelse av fenomener (Ahtee & Varjola, 1998).

Analysen av elevenes diskusjoner (kap. 4.3) viser at elevene før undervisningen ikke klarte å komme inn på temaet «kjemiske reaksjoner» av seg selv, men måtte bli «tipset». Elevene fokuserte da på kriterier som «sammenheng mellom illustrasjonene», «temperatur» og «bruksområder». I intervjuet etter undervisningsopplegget var derimot oppgaven kjent for elevene, så da kom elevene naturlig inn på temaet fra starten av. I likhet med resultatene fra pretesten, viste analysen av elevenes diskusjoner før undervisningen at flere hadde en forestilling om at kjemiske reaksjoner kun var en blanding av stoffer.

Analysen viste også at elevene ofte foreslo, både før og etter undervisningen, at det måtte være illustrasjonen av isklumpen som måtte ut. Begrunnelsen for dette var hele tiden at illustrasjonen ikke var et eksempel på en kjemisk reaksjon, noe som er helt korrekt, men de

samme elevenes forklaringer er derimot veldig forskjellige før- og etter undervisningsopplegget. Før undervisningsopplegget skulle isklumpen ut fordi den «...er bare ingenting», «... er bare is som smelter» og fordi alle de andre illustrasjonene viser blandinger av stoffer, noe elevene mener illustrasjonen av en isbit som smelter ikke gjør. Etter undervisningsopplegget argumenterte elevene for at isklumpen skulle ut fordi «det er ingen kjemisk reaksjon...», «det blir ikke et nytt stoff!» og «... det er jo egentlig bare vann, bare at det er et fast stoff, også blir det til et flytende stoff».

Elevenes argumenter er tydelig mer faglige etter undervisningsopplegget, og flere av elevene viser at de klarer å anvende sine nyervervede kunnskaper om kjemiske reaksjoner og relaterte naturvitenskapelige begreper. Elevene klarte dermed i tur og orden, med noen veiledende spørsmål, å kategorisere alle illustrasjonene som enten en kjemisk reaksjon eller ikke. Før undervisningen forsto mange av elevene kjemiske reaksjoner som noe som kunne endre seg eller bli til noe. Etter undervisningsopplegget viste imidlertid flere av elevene at de har forstått at kjemiske reaksjoner må assosieres med dannelsen av nye stoffer.

Resultatene fra «hvem skal ut?»-oppgaven viser tydelig at elevenes makroskopiske forståelse av kjemiske reaksjoner har utviklet seg fra første til andre gjennomføring. Elevenes forståelse har gått fra å være fragmentert og svært preget av enkelte forestillinger, til å ha tilegnet seg en forklaring på hva begrepet «kjemisk reaksjon» betyr og dermed knyttet mange nye assosiasjoner til begrepet. Ses dette i sammenheng med resultater fra testene og målene for undervisningen, er det tydelig at elevenes forståelse har forbedret seg på mange områder. Resultatene viser at flere elever klarer å uttrykke en høy grad av forståelse (nivå 3) på flere av oppgavene etter undervisningen, men det finnes også flere eksempler på at forståelsen hos enkelte elever fremdeles er svært kontekstavhengig, ufullstendig og fremdeles preget av forestillinger.

Ser vi blant annet nærmere på resultatene fra testene om elevenes evne til å skille mellom eksempler og ikke-eksempler på kjemiske reaksjoner, blir det tydelig at flere elever uttrykte høy grad av forståelse etter undervisningsopplegget. Kjemididaktiske forskere påpeker at en viktig del av elevenes begrepsforståelse er alle de assosiasjonene de kan knytte til begrepet (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 53-54). Når elevene etter undervisningen klarer å kjenne igjen betraktelig flere eksempler og ikke-eksempler på kjemiske reaksjoner, så er dette svært positivt for elevenes forståelse av fenomenet kjemiske reaksjoner.

Å skille mellom fysiske og kjemiske endringer, og kjemiske reaksjoner og stoffblandinger er likevel noe flere elever fant utfordrende. Godt over halvparten av elevene kategoriserer blant annet «vann som koker» som en kjemisk reaksjon. Tidligere undersøkelser har vist at også eldre elever (7. klasse til universitetsnivå) finner det vanskelig å skille mellom kjemiske og fysiske forandringer (Ahtee & Varjola, 1998), og at benevnelsene i seg selv var med på å skape problemer for elevene (Tsaparlis, 2003). En av grunnene til at dette er vanskelig for elevene kan være at skillet mellom fysiske og kjemiske endringer ikke blir tydelig før de får kjennskap til mikronivået og begrepet atom (Ahtee & Varjola, 1998; Tsaparlis, 2003).

Resultatet av dette kan være, slik det er tegn til blant noen av elevene i min undersøkelse, at det dannes misoppfatninger slik som at faste stoffer, væsker og gasser er ulike stoffer, og den ene dukker opp når den andre forsvinner (Kind (04) gjengitt i Horton, 2007).

Når det kommer til målet om at elevene skulle kunne «definere begrepet kjemisk reaksjon og forklare hva som skjer i en kjemisk reaksjon (makronivå)», så viser resultatene at flere av elevene bruker begreper som «nytt stoff», «nye stoffer» eller «nytt produkt» i sine forklaringer. Mange av elevene kan dermed sies å ha nådd målet med å definere begrepet «kjemisk reaksjon», men likevel er det totalt sett sjeldent elevene benytter seg av vitenskapelige begreper i forklaringer og diskusjoner. Elevene velger heller å bruke begreper som «de», «dem», «blander» og «noe», istedenfor vitenskapelige begreper som «utgangsstoffer», «produkter», «reagerer» og «nye stoffer». Dette virker å være klare tegn på at elevenes forståelse av begrepene, og sammenhengen mellom dem, fremdeles er ufullstendig og det hadde vært mulig å nå en enda høyere måloppnåelse.

Analysen av diskusjoner fra gruppeintervjuene viser også at enkelte elever forestiller seg at utgangsstoffene fremdeles er der etter en kjemisk reaksjon, men samtidig er de også blitt noe nytt (et nytt produkt). En lignende forestilling er også beskrevet fra tidligere undersøkelser der elever forestilte seg at produktet av en kjemisk reaksjon besto av en av utgangsstoffene (deVos (87) gjengitt i Horton, 2007). Andre elever kommer derimot med et reflektert svar, der de viser høy grad av forståelse ved å forklare at utgangsstoffene er «forsvunnet» og produktene har «oppstått» som et resultat av en kjemisk reaksjon.

En tidligere undersøkelse knyttet til unge elevers forståelse av kjemisk endring fant også resultater som tydet på at elevenes forståelse av fenomenet var avhengig av konteksten (Papageorgiou et al., 2010). Flere av elevene i min undersøkelse svarer blant annet at resultatet av en kjemisk reaksjon ikke alltid vil være et nytt stoff på en oppgave, mens de på en annen oppgave svarer at resultatet heller ikke vil fortsette å være to forskjellige stoffer.

Slike resultater gjør det tydelig at elevenes forståelse er svært kontekstavhengig. Elevene er såpass unge (10-11 år) at det kan tenkes at de svarer på hver enkelt påstand isolert, uten å reflektere over sammenheng og betydning oppgavene imellom.

Dette viser seg spesielt ved at enkelte av svarene til elevene til og med er motstridende, noe som kan være tegn på at elevene har etablert seg to parallelle typer forståelser (Sjøberg, 2009, s. 332). Den ene forståelsen har da sitt gyldighetsområde på skolen, mens den andre blir benyttet videre i hverdagen. Det kan da tenkes at elevene svarer for å få poeng på prøven, men egentlig er de fremdeles overbevisst av sine egne forestillinger.

Opgaven har generelt hatt et stort fokus på elevenes utfordringer, jf. problemstillingen (se kap. 1.1), men resultatene viser tydelig at elevenes forståelse har utviklet seg mot et høyere nivå etter gjennomføring av undervisningsopplegget. Det er særlig knyttet til begrepet kjemiske reaksjoner at resultatene viser fremgang, mens resultatene knyttet til stoffer og stoffers egenskaper viser bekymringsfulle tendenser. Dette kan selvfølgelig ha sammenheng med at det var størst fokus på fenomenet kjemisk reaksjon i undervisningen, men temaene avhenger og bygger som nevnt på hverandre, så undervisningen har dermed et klart forbedringspotensiale. Dette bringer meg videre til siste del av diskusjonen, hva som fungerte og hva som ikke fungerte med undervisningsopplegget.

Forbedringspotensiale ved undervisningen

I problemstillingen spør jeg hvordan undervisningen bør legges til rette for å møte elevenes utfordringer med å forstå fenomenet kjemiske reaksjoner. Resultatene har som nevnt avdekket en ufullstendig stoff-forståelse blant mange av elevene, særlig knyttet til stoffers egenskaper. Stoffers egenskaper fikk som nevnt (kap 3.2.3) mye oppmerksomhet i undervisningsopplegget, der temaet blant annet ble behandlet og bearbeidet i begge forsøkene og i elevenes arbeid med begrepskartet (vedlegg 13). Hvordan kunne undervisningsopplegget dermed blitt lagt opp annerledes for å forbedre resultatene? Ut ifra mine erfaringer ville jeg foreslått en ekstra arbeidsøkt knyttet til temaet «stoffer», en «midtveis-vurdering» der elevene fikk tilbakemelding knyttet til deres stoff-forståelse og sist, men ikke minst, flere diskusjonsoppgaver slik som «hvem skal ut?»-oppgaven.

En ekstra arbeidsøkt kunne gitt elevene mulighet til å bearbeide alle begrepene og erfaringene de har jobbet med, en «midtveis-vurdering» ville gitt elevene tilbakemelding om hva de kan og hva de må jobbe videre med, og diskusjonsoppgaver kunne, som Ahtee og Varjola (1998) påpeker, oppmuntret og engasjert elevene til å skape seg en bedre forståelse.

Ut ifra resultatene blir det også tydelig at elevene i svært liten grad benytter erfaringer fra forsøkene i sine forklaringer. De nevner ikke de kjemiske reaksjonene de observerte i undervisningen, ved demonstrasjoner og elev-forsøk, på testene. Elevene i gruppeintervjuene nevner derimot noen av disse, men langt ifra alle. Grunnen til dette kan være at elevene ikke har etablert en god nok forståelse av stoffer på forhånd, og dermed kan makroskopiske observasjoner som lys, smelting og gassdannelse være forstyrrende for elevenes forståelse. For at elevene skal klar å fokusere på stoffer endringer, har det blitt foreslått at fenomenet kjemiske reaksjoner kunne blitt introdusert med mindre spektakulære eksempler, der gassfasen og pulver ikke er inkludert (Papageorgiou et al., 2010). Andre eksempler på kjemiske reaksjoner er en mulighet som burde utforskes, men jeg må påpeke at det kun er i intervjuene at eksemplet med hvetemel og jod-løsning blir nevnt. Dette er noe som taler for at det kanskje ikke er eksemplene det er et problem med, men heller andre områder av undervisningen.

6 Konklusjon og veien videre

Problemstillingen for denne oppgaven var: «Hvilke utfordringer kan elever ha med å forstå kjemiske reaksjoner som et fenomen, og hvordan legge til rette for en undervisning som møter disse utfordringene?». Ut ifra denne problemstillingen formulerte jeg fire forskningsspørsmål:

- Hvilke forestillinger om kjemiske reaksjoner eksisterer blant 10-11 år gamle elever?
- I hvilken grad endres elevenes forestillinger gjennom målrettet undervisning?
- I hvilken grad endres elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner gjennom målrettet undervisning?
- Hvordan kan undervisningen legges opp for at unge elever skal kunne utvikle en forståelse for fenomenet kjemiske reaksjoner og tilhørende begreper som baserer seg på en vitenskapelig akseptert forklaring?

Før undervisningen uttrykte elevene forestillinger om at:

- stoffer brenner opp og forsvinner
- kjemiske reaksjoner er eller skjer på grunn av at stoffer blandes
- kjemiske reaksjoner identifiseres ved å se etter uvanlige og uventede hendelser
- stoffer kan endre sine egenskaper, og fremdeles være de samme stoffene.
- faseoverganger og stoffblandinger er kjemiske reaksjoner

Flere av forestillingene som er blitt beskrevet av forskningslitteraturen var ikke representert i elevgruppa. Dette gjaldt særlig forestillinger knyttet til stoffer.

Når det kommer til de tre siste forskningsspørsmålene, kan det ut ifra resultatene konkluderes med at:

- Elevenes forestillinger om at kjemiske reaksjoner skjer på grunn av at stoffer blandes, og at kjemiske reaksjoner kan identifiseres ved å se etter uvanlige og uventede hendelser, har endret seg for flere av elevene.
- Elevenes forståelse er fremdeles preget av enkelte forestillinger etter undervisningen, dette var særlig forestillinger knyttet til forbrenning og stoffers egenskaper.
- Elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner har utviklet seg mot et høyere nivå, der en stor del av elevene klarer å forklare hva en kjemisk reaksjon er, påpeke at det dannes nye stoffer i en kjemisk reaksjon, beskrive flere kjennetegn for kjemiske reaksjoner og nevne ulike eksempler og ikke-eksempler på kjemiske reaksjoner.

- Undervisningsopplegget har hjulpet elevene på mange områder, men særlig knyttet til temaet *stoffers egenskaper* er det forbedringspotensiale i hvordan undervisningen burde legges opp for at elevene skal kunne utvikle en enda bedre forståelse.

Basert på svarene på forskningsspørsmålene, kan jeg som et svar på problemstillingen si at:

- De største utfordringene elever har med å forstå kjemiske reaksjoner som et fenomen virker å være knyttet til elevenes grunnleggende stoff-forståelse, elevers forestillinger og det naturvitenskapelige språket.
- Det mye som tyder på at undervisningen har hjulpet elevene med å reflektere over egne forestillinger, noe som blant annet viser seg ved at elevenes språkbruk og argumenter har blitt mer faglige etter gjennomføringen av undervisningsopplegget.
- For å møte elevenes utfordringer tyder resultatene på at det i undervisningen burde legges til rette for at elevene lærer om begrepet *stoffer* før de lærer om *kjemiske reaksjoner*. Det må også legges til rette for at elevene får muligheten til å erkjenne og reflektere over egne forestillinger, samtidig som elevene må få muligheten til å diskutere faglige problemstillinger uten å bli «servert» den riktige løsningen med en gang.

Til tross for at flere elever fremdeles uttrykker en forståelse preget av forestillinger etter undervisningen, virker det som at undervisningsopplegget har bidratt positivt til elevenes forståelse av kjemiske reaksjoner.

Veien videre

Håpet mitt er at resultatene fra denne studien kan bidra til å gjøre fremtidige undervisningsopplegg i kjemi på mellomtrinn enda bedre til å møte elevenes utfordringer og legge til rette for læring. Studien kan blant annet gi innsikt i hvordan undervisning av kjemiske reaksjoner burde legges opp, og hvilke læringsressurser og arbeidsmåter som kan brukes for å styrke undervisningen.

Avslutningsvis vil jeg legge frem noen forslag til fremtidig arbeid som har interessert meg underveis i arbeidet med denne masteroppgaven, men som jeg ikke har kunnet adressere av hensyn til oppgavens rammer. Dette er blant annet hvilke forsøk det hadde passet best å introdusere kjemiske reaksjoner med og hvordan undervisningen kunne vært lagt opp når elevene skal utvikle en mikroskopisk forståelse av kjemiske reaksjoner.

Litteraturliste

- Ahtee, M., & Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305-316.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
- Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education*. Berlin: Springer.
- Chase, A. (s.a.). *Kjemiske reaksjoner overalt*. University of California, Berkeley: Seeds of science/Roots of Reading.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. New York: Routledge.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Gran, K., & Nordbakke, R. (2008). *Yggdrasil 5: naturfag for barnetrinnet* (2 utg.). Oslo: Aschehoug.
- Grønmo, L. S., Onstad, T., Nilsen, T., Hole, A., Aslaksen, H., & Borge, I. C. (2012). *Framgang, men langt fram: Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2011*. Hentet 01.11.2016, fra http://www.timss.no/timss_2011_web.pdf
- Hannisdal, M., & Ringnes, V. (2011). *Kjemi for lærere*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Hewson, P. W. (1982). A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: The Influence of Prior Knowledge in Learning. *European Journal of Science Education*, 4(1), 61-78.
- Horton, C. (2007). Student alternative conceptions in chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2), 1-78.
- Imsen, G. (2005). *Elevers verden: innføring i pedagogisk psykologi* (4 utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4. utg.). Oslo: Abstrakt forlag.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

- Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22(7), 719-737.
- Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24(10), 1037-1054.
- Knain, E. (2005). Skrivning i naturfag ; mellom tekst og natur. *Nordina*, 1(1), 70-80.
- Kunnskapsdepartementet. (2015). *Tett på realfag*. Hentet 01.15.2016, fra https://www.regjeringen.no/contentassets/869faa81d1d740d297776740e67e3e65/kd_realfagsstrategi.pdf
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (2. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science and Education*, 12(1), 91-113.
- Levere, T. H. (2001). *Transforming Matter: A History of Chemistry from Alchemy to the Buckyball*. Baltimore, MD, USA: The Johns Hopkins University Press.
- Merino, C., & Sanmarti, N. (2008). How young children model chemical change. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 196-207.
- Mork, S. M., & Erlien, W. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Oslo: Universitetsforl.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267-285.
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191.
- Naturfagsenteret. (s.a.-a). Grubletegninger. Lastet ned 01.11.2015, fra <http://www.naturfag.no/side/vis.html?tid=1233983>
- Naturfagsenteret. (s.a.-b). Spennende stoffer. Lastet ned 01.11.2015, fra <http://www.naturfag.no/uopplegg/vis.html?tid=691873>
- Papageorgiou, G., Grammaticopoulou, M., & Johnson, P. M. (2010). Should we Teach Primary Pupils about Chemical Change? *International Journal of Science Education*, 32(12), 1647-1664.
- Papageorgiou, G., & Johnson, P. (2005). Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena? *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317.
- Quale, A. (2003). Konstruktivisme i naturvitenskapen: kunnskapssyn og didaktikk. I Doris Jorde & Berit Bungum (Red.), *Naturfagdidaktikk: perspektiver, forskning, utvikling* (s. 86-104). Oslo: Gyldendal akademisk.

- Repstad, P. (2007). *Mellom nærhet og distanse: kvalitative metoder i samfunnsfag* (4. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (3. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Ringnes, V., & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk: kjemi i skolen* (3. utg.). Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. I K. Sandra Abell & G. Norman Lederman (Red.), *Handbook of research on science education* (s. 31-56). New Jersey: Routledge.
- Scott, P. H., Asoko, H. M., & Driver, R. H. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. I Reinders Duit, F Goldberg & Niedderer (Red.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies: Proceedings of an International Workshop* (s. 71-78).
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 10-23.
- Sfard, A. (1998). On Two Metaphors for Learning and the Dangers of Choosing Just One. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk* (3. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Smith, C. L., Wisner, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of Research on Children's Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 4(1-2), 1-98.
- Solsona, N. r., Izquierdo, M., & De Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, 25(1), 3-12.
- Spilde, I., & Bungum, B. (2006). *Gaia 5: Naturfag for barnetrinnet*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: a model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811.
- Tsaparlis, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection? *Chemistry Education Research and Practice*, 4(1), 31-43.

- Tveita, J. (1994). *Elevaktive undervisningsmetoder i naturfag brukt til å formidle den kinetiske partikkelteorien for stoffa* (Høgskolen i Nesnas skriftserie nr 23). Nesna: Høgskolen i Nesna.
- Tveita, J. (2011). *Alt er partikler. Et tankesprang mellom to verdener*. Hentet 01.11.2015, fra https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/145952/Alt_er_partikler2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Utdanningsdirektoratet. (2013). Læreplan i naturfag. Lastet ned 15.10.2015, fra <http://data.udir.no/kl06/NAT1-03.pdf?lang=nob>
- Vygotskij, L. S. (2001). *Tenkning og tale*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.
- Øyehaug, A. B., & Holt, A. (2013). Students' understanding of the nature of matter and chemical reactions—a longitudinal study of conceptual restructuring. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 450-467.
- Øzerk, K. (1996). Ulike språkoppfatninger, begrepskategorier og et undervisningsteoretisk perspektiv på skolefaglig læring. I Ivar Bråten (Red.), *Vygotsky i pedagogikken* (s. 97-122). Oslo: Cappelen akademisk.

Vedlegg

<u>Vedlegg 1: Godkjenning fra NSD</u>	96
<u>Vedlegg 2: Brev til foreldre og foresatte</u>	97
<u>Vedlegg 3: Pre- og posttest</u>	99
<u>Vedlegg 4: Intervjuguide til intervjuet før undervisningsopplegget</u>	108
<u>Vedlegg 5: «Hvem skal ut?» -oppgave</u>	110
<u>Vedlegg 6: Intervjuguide til intervjuet etter undervisningsopplegget</u>	111
<u>Vedlegg 7: En detaljert oversikt over undervisningsopplegget</u>	113
<u>Vedlegg 8: Læringsressurser og mindre forsøk benyttet i undervisningen</u>	115
<u>Vedlegg 9: Undervisningsopplegget «kjemiske endringer»</u>	118
<u>Vedlegg 10: Forsøket «VGG-reaksjonen»</u>	120
<u>Vedlegg 11: Forsøket «spennende stoffer»</u>	121
<u>Vedlegg 12: Forsøket «Antenne magnesium»</u>	122
<u>Vedlegg 13: Begrepskart</u>	123
<u>Vedlegg 14: Resultater oppgave 1</u>	124
<u>Vedlegg 15: Resultater oppgave 2</u>	125
<u>Vedlegg 16: Resultater oppgave 3</u>	126
<u>Vedlegg 17: Resultater oppgave 4</u>	127
<u>Vedlegg 18: Resultater oppgave 5</u>	128
<u>Vedlegg 19: Resultater oppgave 6</u>	129
<u>Vedlegg 20: Resultater oppgave 7</u>	130
<u>Vedlegg 21: Resultater oppgave 8</u>	131
<u>Vedlegg 22: Resultater oppgave 9</u>	132
<u>Vedlegg 23: CD</u>	133

Vedlegg 1: Godkjenning fra NSD

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS
NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hårfagres gate 29
N-5007 Bergen
Norway
Tel: +47 55 58 21 17
Fax: +47 55 58 96 50
nsd@nsd.uib.no
www.nsd.uib.no
Org.nr. 985 321 884

Annette Lykknes
Program for lærerutdanning NTNU

7491 TRONDHEIM

Vår dato: 23.12.2015

Vår ref: 45675 / 3 / ASF

Deres dato:

Deres ref:

TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 14.11.2015. Meldingen gjelder prosjektet:

45675	<i>Hvilke utfordringer kan elever ha om temaet kjemiske reaksjoner, og hvordan legge til rette for en undervisning som møter disse utfordringene?</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>NTNU, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Annette Lykknes</i>
<i>Student</i>	<i>Leif Arne Kristoffersen</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 25.05.2016, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Katrine Utaaker Segadal

Amalie Statland Fantoft

Kontaktperson: Amalie Statland Fantoft tlf: 55 58 36 41

Vedlegg 2: Brev til foreldre og foresatte

Kjære elever, foreldre og foresatte for elever i 5. klasse ved Sjøsidens barneskole.

Forskningsprosjekt om kjemiske reaksjoner

Jeg holder dette året på med å studere til en mastergrad i naturfagdidaktikk, og i den forbindelse vil jeg gjennomføre et undervisningsopplegg om temaet kjemiske reaksjoner i naturfag. Masteroppgaven min skal leveres våren 2016, og blir skrevet i tilknytning til NTNU i Trondheim.. I for- og etterkant av undervisningsopplegget ønsker jeg å gjennomføre undersøkelser i form av tester og intervjuer av noen av elevene. Jeg har fått tillatelse av rektor og kontaktlærere til å gjennomføre undersøkelsene i tilknytning til undervisningen, men jeg trenger også tillatelse fra dere foresatte.

Formålet med masteroppgaven min er å planlegge, gjennomføre og vurdere et undervisningsopplegg. Det vil bli gjennomført en test før og en etter undervisningsopplegget. Testene vil være skriftlig, der elevene skal svare på spørsmål om temaet kjemiske reaksjoner. Noen av elevene vil bli spurt om de kan tenke seg å være med på et gruppeintervju. I gruppeintervjuet vil 3-4 elever bli intervjuet samtidig, formålet er å få elevene til å reflektere rundt faglige problemstillinger fra timene. Samtidig som jeg tar notater, vil en digital lydopptaker ta opp det som blir sagt under intervjuene. Intervjuene vil ta omtrent 20 minutter, og vil foregå i skoletiden. Testene og intervjuene av elevene er en del av vurderingen av undervisningsopplegget.

Alle opplysninger vil bli anonymisert og det vil dermed ikke være mulig for dem som leser oppgaven å vite hvilken elev som har svart hva, eller hvilke elever som har blitt intervjuet. Skolen vil også anonymiseres i oppgaven, noe som også innebærer at min tilknytning til skolen ikke vil bli nevnt. Opptakene vil bli slettet når oppgaven er ferdig.

Undervisningsopplegget vil være en del av undervisningen i naturfag i en lengre periode (4-5 uker), noe som betyr at det ikke er frivillig å delta i undervisningen, men det er frivillig å delta på intervju og tester som skal brukes i forbindelse med min undersøkelse. Elevene som ønsker å delta på intervjuene kan når som helst, uten begrunnelse eller konsekvenser, trekke seg.

Hvis du/dere ønsker mer informasjon om mitt forskningsprosjekt og undersøkelsene som vil bli gjennomført, er det bare å ta kontakt med meg på telefon 45229846 eller e-post leifak@stud.ntnu.no

Undersøkelsen, som vil foregå i tidsrommet desember-januar, er meldt til Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste A/S.

Med dette skrivet ber jeg altså dere foresatte om tillatelse, siden elevene er under 18 år, til at elevene kan delta i undersøkelsen. Dette gjøres ved å fylle ut vedlagte svarslipp og levere den til meg eller kontaktlærer.

Med vennlig hilsen

Leif Arne Kristoffersen

Svarslipp:

Samtykkeerklæring

Jeg har lest informasjonen om undersøkelsen, som gjennomføres i forbindelse med en masteroppgave ved NTNU i Trondheim. Undersøkelsen innebærer at eleven svarer på faglige spørsmål om temaet kjemiske reaksjoner. I tillegg til å få tillatelse til å intervjuere eleven, spør jeg også om tillatelse til å bruke materialet (samtalet i intervjuet og svarene på prøvene) i min masteroppgave som beskrevet i informasjonsbrevet. Alle opplysninger vil bli anonymisert, slik at det ikke vil være mulig å vite hvem som har deltatt.

Ja, jeg/vi samtykker til at _____ (eleven) deltar på undersøkelsen.

Navn:

Sted/dato:

Svarslippen må fylles ut og leveres til meg eller kontaktlærer. På forhånd takk!

Med vennlig hilsen

Leif Arne Kristoffersen

Vedlegg 3: Pre- og posttest

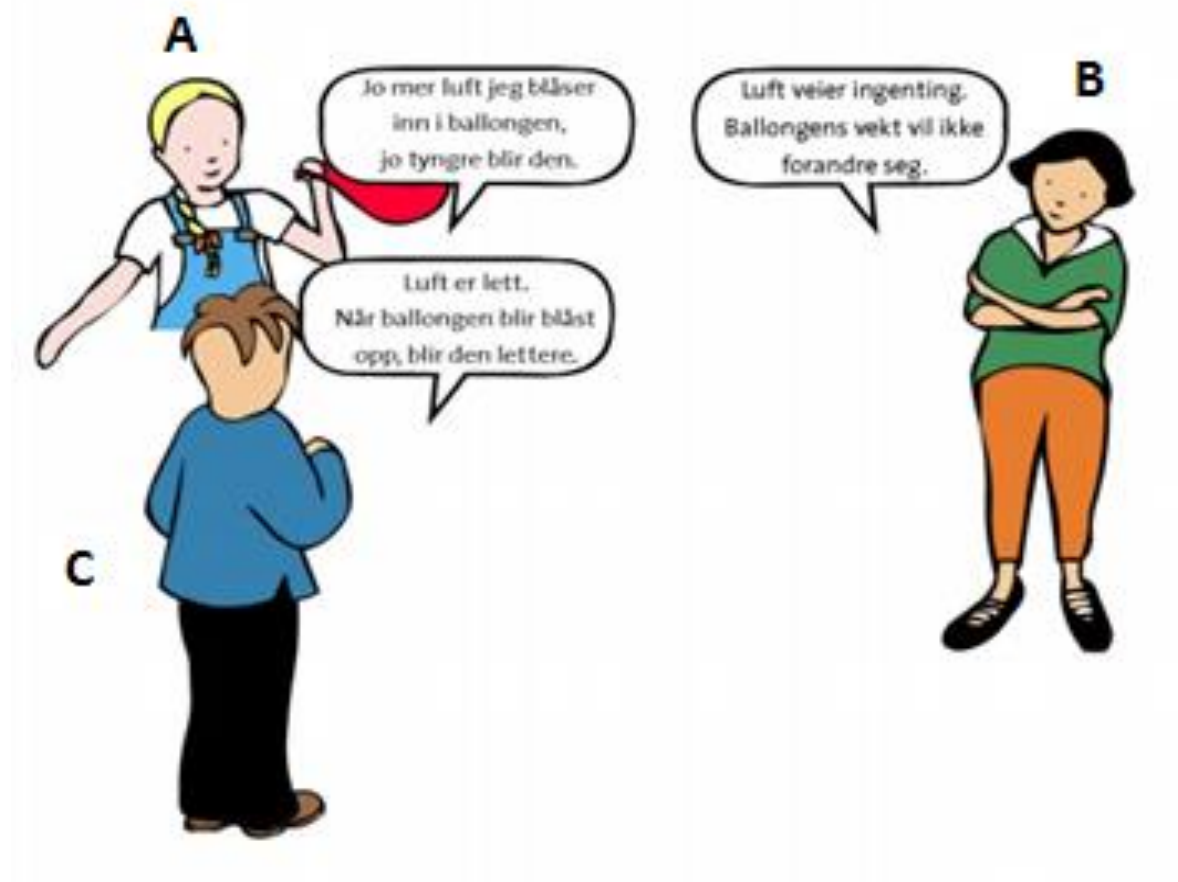
Prøve «kjemiske reaksjoner»

Navn: _____

Oppgave 1

Les elevenes påstander om luft og svar på spørsmålet på neste side

Grubletegning Ballong

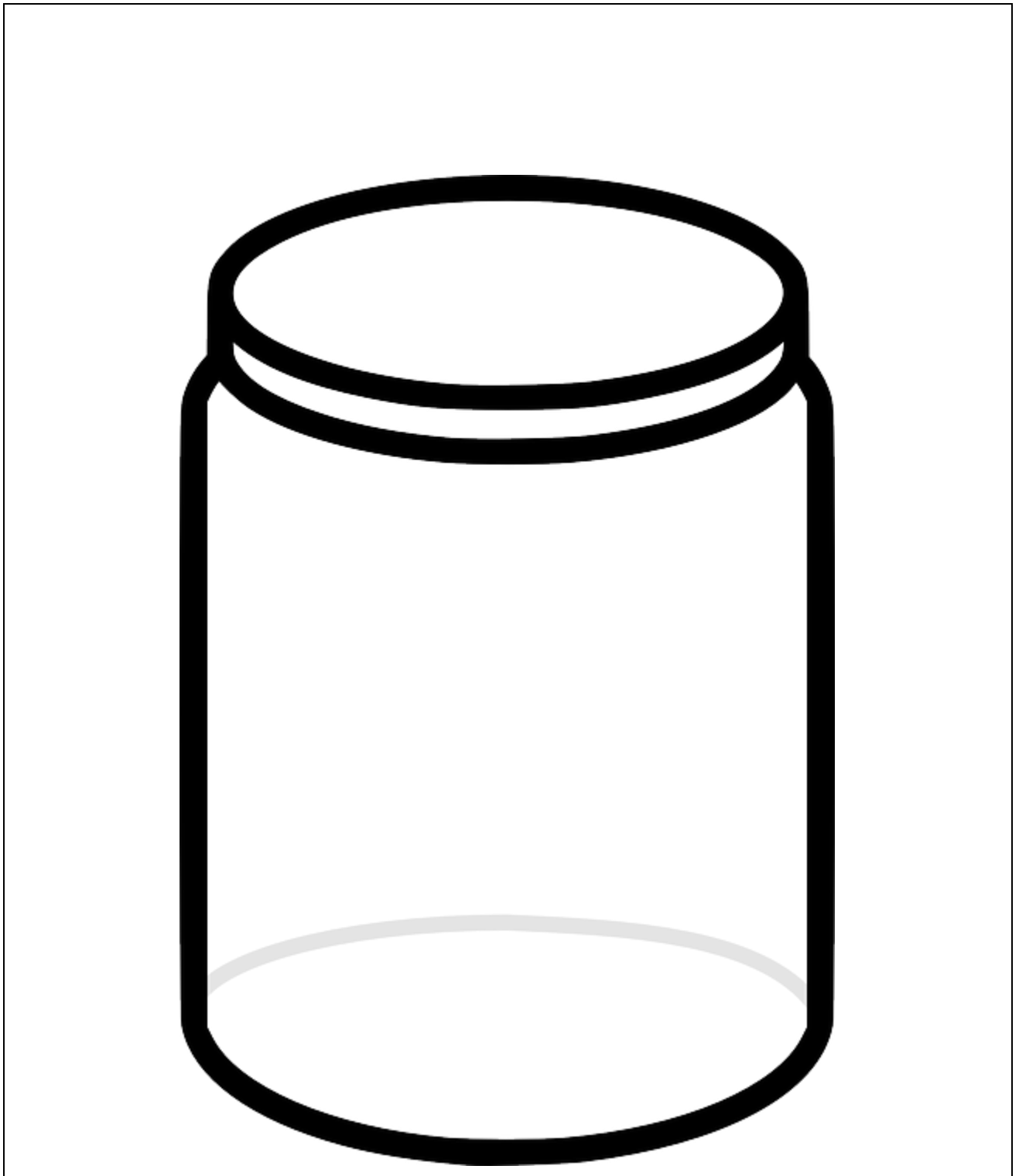


Kilde: <http://www.naturfag.no/grubleoppgave/vis.html?tid=1265948>

Skriv hvilken elev du er mest enig med og forklar hvorfor:

Oppgave 2:

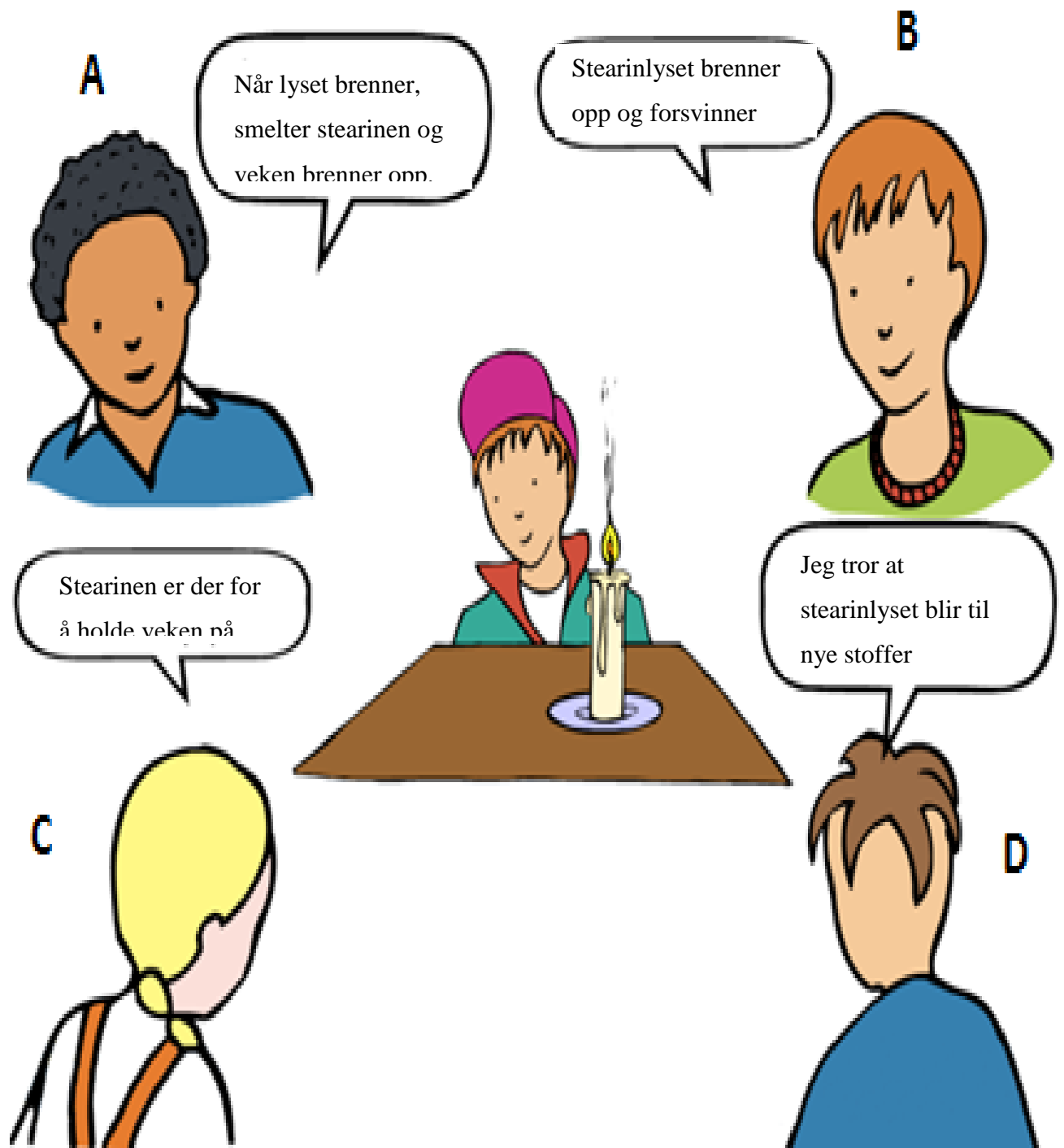
Tegningen under viser en tett glasskrukke (med lokk) som kun inneholder luft. Tenk deg at du fant et par «magiske briller» hjemme på rommet. Når du tok på disse brillene var ikke lenger luften rundt deg gjennomsiktig, men du kunne faktisk se luft. Tegn hvordan du tror luften ville sett ut i krukken under:



Oppgave 3:

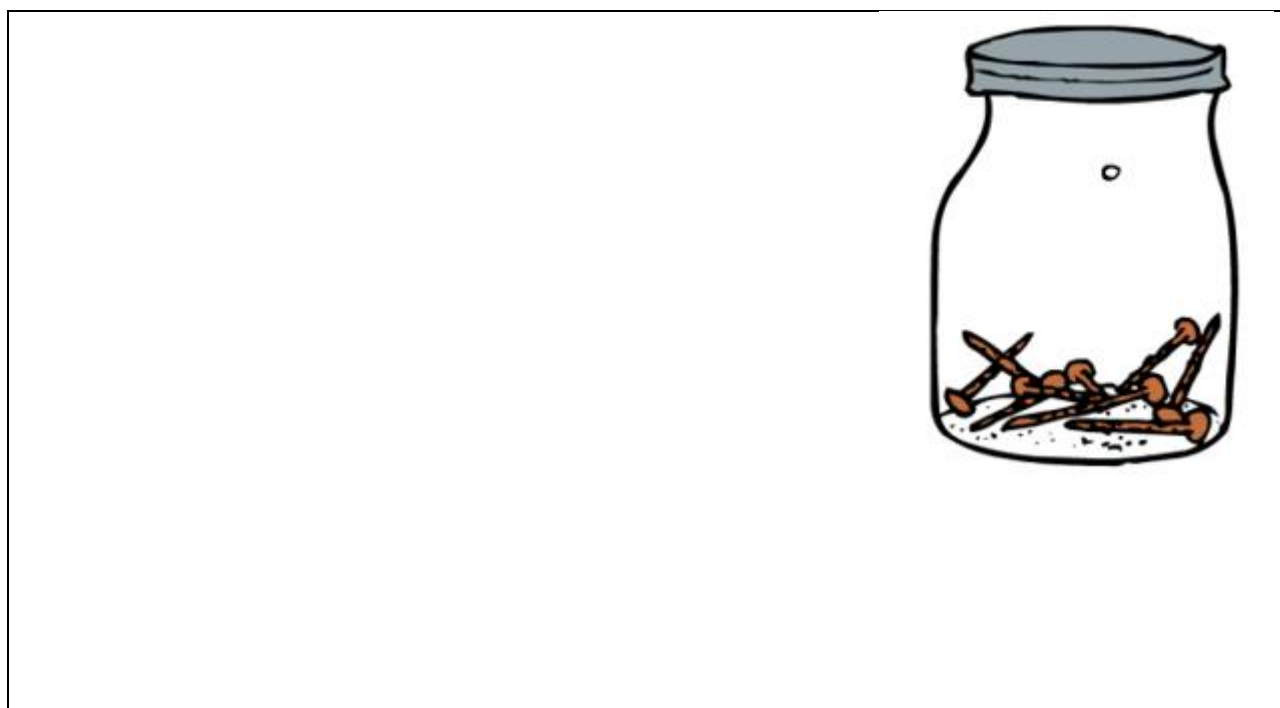
Les elevenes påstander om stearinlyset og svar på spørsmålet på neste side

Grubletegning Levende lys



Skriv hvilken elev du er mest enig med og forklar hvorfor:

Oppgave 4: En jernspiker som rustet blir etter hvert et brunt og sprøtt stoff, men hva er egentlig dette for et stoff? Er rust en type jern? (ja/nei, fordi...)



Oppgave 5: Fleip eller fakta?

Sett kryss etter hver påstand:	Fakta	Fleip
a) Alle kjemiske reaksjoner oppstår på grunn av varme		
b) Gasser i luften kan ikke være med i en kjemisk reaksjon		
c) Kjemiske reaksjoner er noe som skjer rundt oss hele tiden		
d) To helt ulike stoffer kan reagere og danne et nytt stoff som ikke ligner på noen av de to første stoffene		
e) Kjemiske reaksjoner er kun en blanding av ulike stoffer		
f) Luft er ingenting		
g) Resultatet av en kjemisk reaksjon mellom to stoffer vil alltid være et nytt stoff		

Oppgave 6: Hvilke av følgende alternativer tror du er eksempler på en kjemisk reaksjon?

Sett kryss etter hvert alternativ. Tror du det er en kjemisk reaksjon eller ikke?	Kjemisk reaksjon	Ikke en kjemisk reaksjon
a) Vann som koker		
b) Ved som brenner		
c) En hydrogenballong som svever opp i luften		
d) En glassrute som knuses		
e) Når vi steker mat i panna, vil den etter hvert få en brun farge.		
f) Fyrverkeri som eksploderer og lyser opp himmelen over oss.		
g) Bruspulver (godteri) som bruser i munnen når vi spiser det.		
h) Et stearinlys som brenner.		
i) Vann som skifter farge når vi blander det med saft.		
j) Sukker som løses opp i varmt vann		
k) Muffins og kaker som hever når vi steker dem.		
l) Sykler som ruster.		
m) Mat som råtner.		

Oppgave 7:

Når en vedkubbe har brent brenner, vil det til slutt bare være aske igjen på plassen kubben brant.

Hva har da skjedd med vekten til den store vedkubben?	Sett kryss etter den påstanden du mener er riktig (kun ett riktig svar):
a) Asken veier noe, mens resten har forsvunnet	
b) Asken veier noe, mens resten har blitt til noe annet	
c) Asken veier like mye som vedkubben gjorde	
d) Det er ingen sammenheng mellom asken og vedkubben	

Oppgave 8:

Les påstandene under. Sett et kryss i enig eller uenig etter hver påstand	Enig	Uenig
a) Kjemiske reaksjoner kjennetegnes ved at noe eksploderer		
b) Kjemiske reaksjoner skjer ofte når kokker lager mat på kjøkkenet		
c) Resultatet av en kjemisk reaksjon mellom to stoffer vil fremdeles være to forskjellige stoffer.		
d) Fra du står opp om morgenen, til du legger deg om kvelden, foregår det kjemiske reaksjoner i kroppen din og i omgivelsene dine.		

Oppgave 9: Tenk deg at du fikk en utfordring der du skulle forklare hva en «kjemisk reaksjon» er til en klassekamerat. Hva ville du sagt?

Vedlegg 4: Intervjuguide til intervjuet før undervisningsopplegget

Intervjuguide

Introduserende del:

- Presentere min rolle under intervjuet.
- Informasjon om undersøkelsen (bakgrunn for oppgaven, hva vil det bli spurt om).
- Informantene presenterer seg.

Hovedtemaer:

- Elevenes holdninger og forventninger til naturfag og undervisningsopplegget.
 - o Elevenes deltakelse og engasjement.
 - o Elevenes holdninger til naturfag generelt og kjemi spesielt.
 - o Elevenes forventninger til naturfag generelt og undervisningsopplegget spesielt
- Pretest og starten på undervisningsopplegget
 - o Reflektere over spørsmålene på pretesten. Noe som var spesielt vanskelig/utfordrende? Besvarte dere oppgave 9?
 - o Reflektere rundt situasjoner, problemstillinger, modeller, visualiseringer og forsøk som ble benyttet eller oppsto i forbindelse med oppstart av undervisningsopplegget.
- Begrepet kjemiske reaksjoner

Veiledende intervju spørsmål:

- Hvordan liker dere naturfag? Noe som har vært spesielt spennende eller utfordrende?
- Hvordan vil dere bedømme deres egen deltakelse og engasjement i naturfagstimene?
- Hvilke forventninger har dere i forbindelse med undervisningen om kjemiske reaksjoner?
- Hva synes dere om temaet vi skal begynne å arbeide med nå?
- Hva synes dere om pretesten?
 - o Fikk dere nok tid til å reflektere over oppgavene underveis?
 - o Hva tenker dere om oppgavene?
 - Var det vanskelige spørsmål? Hvilke?
- Hva tenker dere om oppstarten av undervisningsopplegget?
 - o Noen av forsøkene som var spennende?
 - o Overraskende resultater?
 - o Er dere overbevist om at
 - Luft er noe?

- Luft tar plass?
- Luft veier noe?
- Hva tenker dere på når dere hører ordet «gass»?
- Hva tenker dere om kjemiske stoffer?
- Hvor foregår egentlig kjemiske reaksjoner/kjemi?

Oppgave 1

En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer reagerer med hverandre og danner et nytt stoff.

Tenk deg at du skulle forklare hva en dette betyr til en klassekamerat.

Hva ville du sagt?

Oppgave 2

Hvilke kjennetegn tror dere vil kunne avsløre at en kjemisk reaksjon har skjedd?

Oppgave 3

«Hvem skal ut?»-oppgave

- Isbit som smelter
- Ved som brenner
- Glødende jern
- Salt som blandes med vann

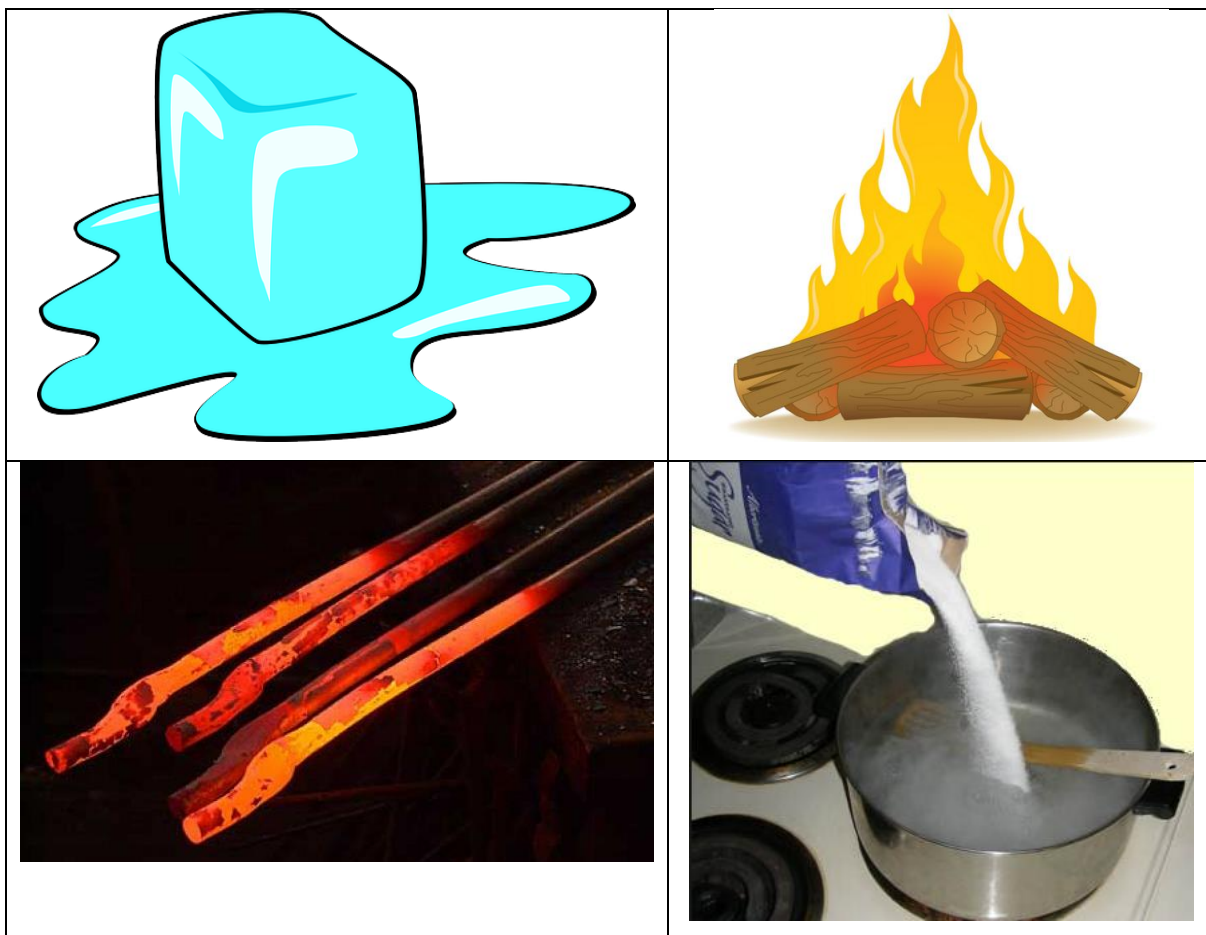
Oppgave 4

Når en stor kubbe ved brenner, vil det til slutt bare være aske igjen på plassen kubben brant.

Hva har da skjedd med vekten til den store vedkubben?

- a) Asken veier noe, mens resten har forsvunnet
- b) Asken veier like mye som vedkubben gjorde
- c) Asken veier noe, mens resten har blitt til noe annet

Vedlegg 5: «Hvem skal ut?» -oppgave



Vedlegg 6: Intervjuguide til intervjuet etter undervisningsopplegget

Intervjuguide

Introduserende del

Informasjon om intervjuet (hva vil det bli spurt om osv.)

Informantene presenterer seg selv

Hovedtemaer

- Undervisningsopplegget knyttet til kjemiske reaksjoner.
 - Elevens deltagelse og engasjement.
 - Elevens vurdering av undervisningen om kjemiske reaksjoner.
 - Samtale om situasjoner, problemstillinger, modeller, visualiseringer og forsøk som ble benyttet eller oppsto i forbindelse med undervisningen.
- To tester i forbindelse med kjemiske reaksjoner. En før undervisning og en etter undervisning.
 - Misoppfatninger og hverdagsforestillinger knyttet til kjemiske reaksjoner
- Begrepet «kjemiske reaksjoner»
- Anvende kunnskapen om kjemiske reaksjoner

Veiledende intervju spørsmål:

1. Hvordan har du likt å jobbe med kjemiske reaksjoner?
 - Er det noe spesielt fra undervisningen som:
 - Du synes var spennende?
 - Føler du at du har lært noe av undervisningen? Hva da?

Jeg skal nå stille noen spørsmål fra undervisningen for å forsøke å forstå hva dere har forstått og hvordan dere har forstått det.

Dette intervjuet er ikke en test, men mer en samtale der jeg skal forsøke å lære av dere.

2. Hva legger dere i begrepet «stoff»? Kan du nevne noen eksempler/ikke-eksempler?
 - Hva menes med egenskapene til et stoff?
3. Hva er en kjemisk reaksjon?
 - Kan du nevne noen eksempler/ikke-eksempler?
 - Er det mulig å observere noen kjennetegn på kjemiske reaksjoner? Hvilke?
 - Hvordan kan utgangsstoffene skille seg fra produktene i en kjemisk reaksjon?

- Hva har skjedd med utgangsstoffene etter en kjemisk reaksjon?

4. De to testene som ble gjennomført før intervjuet.

- Hvordan synes dere det var å ta testen på nytt etter undervisning?
- Dere gjorde alle en endring på oppgave nr... fra første gang dere tok prøven. Hva overbeviste dere om dette?
- På to spørsmål på prøven skulle dere ta stilling til ulike påstander (oppgave 5 og 8). På påstand nr... har du svart fleip/fakta eller enig/uenig, hvorfor det?

5. «Hvem skal ut?»-oppgave

- Isbit som smelter (kun nevnt i undervisningen)
- Ved som brenner (kjent fra undervisningen)
- Glødende jern (ukjent. Ikke behandlet i undervisningen)
- Salt som blandes med vann (kjent fra undervisningen)

6. Hva synes du om undervisningsøktene?

- Noe som du skulle ønske var gjort annerledes?

7. Hvordan vil du si din egen deltagelse i undervisningen var?

- Var du borte noen timer?

Vedlegg 7: En detaljert oversikt over undervisningopplegget

	Det faglige innholdet av øktene:
Økt 1 (ca. 30 min)	<p>Diskutere og gjennomføre undersøkelser av stoffblandingen «luft».</p> <p>Hva er luft egentlig?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Er luft noe? ○ Tar luft plass? ○ Veier luft noe? ○ Hvordan ville luften sett ut med «magiske briller»? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diskusjon knyttet til ulike hypoteser/modeller av hvordan luft ville sett ut med «magiske briller».
Økt 2 (60 min)	<p>Introdusere partikkelmodellen, men med hovedfokus på fasen «gass».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diskusjon – hvilke faser eller tilstander kan et stoff opptre i? (bruker stoffet vann som et eksempel). • Illustrasjon av fasene fast stoff, væske og gass. Både makro- og mikronivå. • Hvordan tror dere partiklene «oppfører» seg i disse tilstandene? <ul style="list-style-type: none"> ○ Animasjon av gass i en beholder. ○ Beskrivelse av hvordan partiklene i gasser «oppfører» seg. ○ Dramatisering av en gass – elevene er partikler. ○ Diskusjonsoppgave – «Hvilken modell gir et bilde som stemmer best med virkeligheten?». • Beskrivelse av hvordan partiklene i væsker «oppfører» seg. <ul style="list-style-type: none"> ○ Dramatisering av en væske – elevene er partikler. • Beskrivelse av hvordan partiklene i faste stoffer «oppfører» seg. <ul style="list-style-type: none"> ○ Dramatisering av et fast stoff – elevene er partikler.
Økt 3 (120 min)	<p>Gjennomføre forsøk med stoffer.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introdusere begrepene «stoff», «observere» og «egenskap». • Lære noen grunnleggende sikkerhetsregler for arbeid med kjemi. • «Spennende stoffer»/«Fire hvite stoffer fra kjøkkenet» <ul style="list-style-type: none"> ○ Fire hvite ukjente stoffer. ○ Løslighetsprøve. ○ Varmeprøve. ○ Jodprøve. ○ Eddikprøve.
Økt 4 (60 min)	<p>Introduksjon av begrepet «kjemiske reaksjoner».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevene skriver seg inn i emnet «hva kan jeg/tror jeg om kjemiske reaksjoner?». • Diskusjon i klassen: <ul style="list-style-type: none"> ○ «Hvilke kjemiske reaksjoner har dere hørt om?» ○ «Hva er en kjemisk reaksjon tror dere?» ○ «Hva vil det si å reagere?» • Hva trodde forskerne før i tiden? • Gjennomgår introduksjonen av begrepet fra læreboken «Gaia 5». • Triggere: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fyrstikk – forbrenning er en kjemisk reaksjon. ○ Natron og eddik for å lage en «vulkan» og for å blåse opp en ballong. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Video fra NRK skole – «kjemiske reaksjoner».

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diskusjon knyttet til «vulkanen» og ballongen. ○ Samarin i et glass vann. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grubletegning knyttet til samarin. ○ Egg i eddik <ul style="list-style-type: none"> ▪ Er dette en kjemisk reaksjon? <p>Skrive oss en definisjon på kjemiske reaksjoner</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benytter en definisjon fra læreboken «Yggdrasil 5». <p>Lese om ulike kjemiske reaksjoner i heftet «Kjemiske reaksjoner overalt».</p>
Økt 5 (60 min)	<p>Arbeidsøkt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lese og gjøre oppgaver i læreboka «Yggdrasil 5». <ul style="list-style-type: none"> ○ Knytte dette opp mot forsøkene vi gjorde i økt 3 og 4. • Quiz om farepiktogrammer. • Arbeide med begrepskart. <ul style="list-style-type: none"> ○ Elevene benytter heftet «Kjemiske reaksjoner overalt» i tillegg til læreboka «Yggdrasil 5».
Økt 6 (120 min)	<p>Gjennomføre forsøk med kjemiske reaksjoner:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forbrenning av magnesium. <ul style="list-style-type: none"> ○ Studere en magnesiumstrimmel. Beskrive denne. ○ Antenne en magnesiumstrimmel. Beskrive reaksjonen. ○ Studere produktet av reaksjonen. Beskrive produktet. Hvordan skiller dette seg fra magnesiumstrimmelen? Noen nye egenskaper? • VGG-reaksjonen <ul style="list-style-type: none"> ○ Observere og beskrive utgangsstoffene. ○ Observere og beskrive reaksjonen. ○ Observere og beskrive produktene.
Økt 7 (60 min)	<p>Hva skjer i en kjemisk reaksjon?</p> <ul style="list-style-type: none"> • I en kjemisk reaksjon dannes det nye stoffer som har andre egenskaper enn utgangsstoffene. • Beviser for kjemiske reaksjoner <p>Kjemiske reaksjoner kan skje når to eller flere stoffer blandes, men vi må kunne skille mellom kjemiske reaksjoner og stoffblandinger.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diskusjonsoppgave: kjemisk reaksjon eller stoffblanding? <p>Diskusjonsoppgaver i heftet «Kjemiske reaksjoner overalt»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se på før og etter bildene. Hvor tror du det har skjedd en kjemisk reaksjon? • Hvilke beviser har du?

Vedlegg 8: Læringsressurser og mindre forsøk benyttet i undervisningen

Økt:	Læringsressurs/forsøk og kort beskrivelse av denne:
Økt 1	<p>For å overbevise elevene om at luft (gasser) er noe, tar plass og veier noe, ble følgende forsøk gjennomført:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sanser luft i bevegelse • Fange luft i en pose • Fange luft i et glass som senkes i vann • Forsøke å blåse opp en ballong inne i en flaske • Veie en ball før og etter lufta går ut av den <p>Forsøkene ble gjennomført for å forsøke å svare på spørsmålene:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Er luft noe? ○ Tar luft plass? ○ Veier luft noe? <p>Spørsmålene over var styrende for diskusjonene i klasserommet både før og etter hvert enkelt forsøk. Alle forsøkene over ble gjennomført i klasserommet, foran eller sammen med elevene. For å sanses luft i bevegelse fikk elevene beskjed og å vifte med armene slik at de kjente luften treffe ansiktet. I neste forsøk (fange luft i en pose) fikk to elever komme frem og fylle hver sin brødpose (8 liter) med luft, for deretter å knyte igjen posen.</p> <p>I forsøket «fange luft i et glass som senkes i vann» fikk to elever hvert sitt tomme glass som de skulle presse ned (med åpningen av glasset nedover) i en gjennomsiktig bolle med vann. Da ville elevene se at luften fremdeles var inne i glasset, selv om glasset var under vann. Tre elever fikk deretter muligheten til å prøve å blåse opp en ballong som var inne i en tom plastflaske. For å utelukke at det var ballongen det var noe galt med, fikk elevene prøve samme forsøket på nytt, bare at denne gangen fjernet vi bunnen på plastflasken.</p> <p>I det siste forsøket skulle vi veie en fotball som var full av luft (pumpet opp) og deretter veie samme fotballen etter at luften var gått ut av den. Elevene bidro med å pumpe opp ballen, lese av vekt og regne ut differansen på vekten. Vi fikk fire gram forskjell på en fotball med og uten luft, den med luft veiet mest (til flere elevers overraskelse).</p>
Økt 2	<p>Animasjon som skal visualisere hvordan partiklene i en gass «oppfører» seg:</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties <p>Dramatisering av partiklene i en gass, en væske og et fast stoff:</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/145948/23.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Økt 3	Se vedlegg 11
Økt 4	<p>Forsøk «Natron og eddik»:</p> <p>For å vekke interesse og engasjement for temaet kjemiske reaksjoner, gjennomførte jeg et demonstrasjonsforsøk der jeg blandet sammen natron og eddik. Natron og eddiken ble blandet sammen i en plastflaske med en ballong tredd over flaskeåpningen, slik at når stoffene reagerte ble ballongen blåst opp. Dette forsøket ble også brukt fordi det illustrerte definisjonen på en kjemisk reaksjon («to stoffer som reagerer og danner et nytt stoff») på en god og oversiktlig måte.</p>

	<p>Forsøk «vulkan»: Foran elevene blandet jeg sammen natron, eddik, zalo og konditorfarge, for å lage en «vulkan». Dette ble også gjort for å vekke interesse og engasjement for temaet vi skulle arbeide med. Forsøket ble gjennomført på klasserommet, så vulkanen min kunne ikke være så «kraftig», derfor så vi også en video fra NRK skole som omhandler den samme kjemiske reaksjonen mellom eddik og natron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://www.nrk.no/skole/klippdetalj?topic=urn:x-mediadb:20373 <p>Forsøk «fyrstikk»: Jeg antente en fyrstikk i klasserommet for å illustrere det faglige poenget at alle forbrenningsprosesser er kjemiske reaksjoner.</p> <p>Forsøk «Egg i eddik»: Jeg la et egg i eddik for å illustrere det faglige poenget at ikke alle reaksjoner går så raskt som reaksjonen mellom eddik og natron. Noen reaksjoner tar lang tid. Egget fikk ligge i eddik til dagen etter, da fikk elevene se at det harde skallet ikke var rundt egget lenger.</p> <p>Forsøk «samarin i et glass vann»: Jeg helte en pose med samarin-pulver (bruspulver) opp i et glass vann, slik at det begynte å bruse kraftig i glasset. Dette gjorde jeg for å vekke interesse og engasjement for temaet, men også som et grunnlag for diskusjon. Diskusjonen som fulgte tok utgangspunkt i en grubletegnning om boblene som dannes når samarin blandes med et glass vann:</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://www.naturfag.no/grubleoppgave/vis.html?tid=1302687 <p>Læringsressurser: Læreboka Gaia 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduksjonen av kjemiske reaksjoner, side 66, 67 og 69. <p>Læreboka Yggdrasil 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definisjonen av begrepet «kjemiske reaksjoner», side 127. <p>Heftet «Kjemiske reaksjoner overalt»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevene leste om kjemiske reaksjoner: <ul style="list-style-type: none"> ○ Epler blir brune ○ Fyrverkeri eksploderer ○ Muffins hever seg ○ Stearinlys brenner ○ Brød blir søtt ○ Lysstaver lyser ○ Kollisjonsputer blåses opp ○ Sykler rustet ○ Batterier lager elektrisitet ○ Brød blir toast ○ Varmepakninger blir varme ○ Frihetsgudinnen blir grønn
Økt 5	<p>Quiz om nye farepiktogrammer fra miljødirektoratet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • http://miljodirektoratet.no/old/uversjonert/faremerker/Quiz.html <p>Læreboka Yggdrasil 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomgikk side 120-124 og siste del side 127. Elevene gjorde oppgave 6 og 7, side 125.

	Heftet «Kjemiske reaksjoner overalt» Begrepskart (se vedlegg 13)
Økt 6	Se vedlegg 10 og 12
Økt 7	Heftet «Kjemiske reaksjoner overalt»

Vedlegg 9: Undervisningsopplegget «kjemiske endringer»

Undervisningsopplegget «kjemiske endringer» er en av læringsressursene til Naturfagsenterets forsknings- og utviklingsprosjekt *Forskerføtter og leserøtter*. Prosjektet Forskerføtter og leserøtter utvikler og tilpasser undervisningsopplegg som er ment for lærere på barnetrinnet. Utviklingsprosjektet forskerføtter og leserøtter er oversatt og tilpasset etter prosjektet *Seeds of Science/Roots of Reading*. For å få tilgang til enkelte læringsressurser, deriblant undervisningsopplegget «kjemiske endringer», er det påkrevd at man deltar på kurs i Forskerføtter og leserøtter. Undervisningsopplegget «kjemiske endringer» ligger på Nasjonalt senter for naturfag i opplæringen sine hjemmesider (naturfag.no/forskerfotter), men er passord beskyttet for å ivareta rettighetsavtalen de har med *Seeds of Science/Roots of Reading*. Jeg har fått tilgang til denne ressursen, og som nevnt i oppgaven har jeg hentet inspirasjon og brukt deler av denne læringsressursen i planleggingen og gjennomføringen av det beskrevne undervisningsopplegget.

På Naturfagsenterets hjemmeside omtaler de undervisningsopplegget «kjemiske endringer» på følgende måte: «I *Kjemiske endringer* lærer elevene om oppbygningen av kjemiske stoffer og forandringene som skjer når nye stoffer blir dannet i en kjemisk reaksjon – gjennom utforskende førstehåndsundersøkelser, lesing og diskusjon.»

(http://www.naturfagsenteret.no/artikkel/vis.html?tid=2077967&within_tid=2075868).

Undervisningsopplegget er ment for 5-7. årstrinn, og er et flerfaglig opplegg som inkluderer fagene norsk og naturfag.

I denne masteroppgaven er følgende ressurser hentet fra undervisningsopplegget «kjemiske endringer»:

- Grunnleggende sikkerhetsregler for arbeid med kjemi
 - Før vi kunne sette i gang med elevforsøk, ble et utvalg sikkerhetsregler introdusert for elevene. Følgende sikkerhetsregler lærte elevene å følge når de var på naturfagrommet:
 - Følg instruksjoner
 - Ikke smak på ting
 - Lukt som en kjemiker
 - Beskytt øynene dine
 - Hold hendene unna ansiktet
 - Aldri bland kjemikalier uten å ha fått lov til det
 - Behandle dyr med respekt

- Si fra til læreren hvis du har allergier
 - Vær rolig og forsiktig
 - Meld fra om alt søl, uhell og skader til læreren
 - Vask hendene etter timen
- VGG-reaksjonen
 - Se vedlegg 10
- Heftet «Kjemiske reaksjoner overalt»
 - I innledningen av dette heftet ble det forklart hva en kjemisk reaksjon er, hva kjemiske stoffer er og hva som menes med egenskaper. I undervisningen brukte vi hovedsakelig dette heftet for å lese om ulike kjemiske reaksjoner som var beskrevet:
 - Epler blir brune
 - Fyrverkeri eksploderer
 - Muffins hever seg
 - Stearinlys brenner
 - Brød blir søtt
 - Lysstaver lyser
 - Kollisjonsputer blåses opp
 - Sykler ruster
 - Batterier lager elektrisitet
 - Brød blir toast
 - Varmepakninger blir varme
 - Frihetsgudinnen blir grønn
- Beviser for kjemiske reaksjoner
 - Følgende beviser eller kjennetegn på kjemiske reaksjoner ble introdusert for elevene:
 - Fargeendring
 - Smaksendring
 - Luktendring
 - Temperaturendring
 - Dannes gass
 - Dannes elektrisitet (ikke vektlagt, men ble nevnt)
 - Dannes lys

Vedlegg 10: Forsøket «VGG-reaksjonen»

Elevforsøket *VGG-reaksjonen* gikk ut på at elevene skulle gjennomføre forsøk der de måtte observere og beskrive utgangsstoffer og produkter av en kjemisk reaksjon, og selve reaksjonen. Hensikten med elevforsøket var å utvikle en forståelse for begrepet «kjemisk reaksjon» og kjennetegn på en kjemisk reaksjon, ved at elevene skulle få observere, beskrive og bygge seg opp erfaringer med en kjemisk reaksjon der det skjer mye på en gang.

Utstyret som ble brukt per gruppe var:

- 1 lynlåspose
- Natron (5 ml)
- Kalsiumklorid (10ml)
- Fenolrødtløsning (10ml)

Elevene ble delt inn i fem grupper, og fordelte seg på fem «stasjoner» inne på skolens naturfagrom. Hver gruppe startet med å observere og beskrive utgangsstoffene natron (hvitt pulver), kalsiumklorid (hvitt pulver, men store klumper) og fenolrødtløsning (rød væske).

Forsøket gikk deretter ut på å blande sammen stoffene i lynlåsposen, og deretter lukke posen og observere. Når stoffene ble blandet sammen skjedde det kjemiske reaksjoner i posen, og elevene kunne observere fargeforandring (fra hvit (natron og kalsiumklorid) og rød (fenolrødtløsning) til gul), temperaturforandring (innholdet i posen ble varmt) og gassutveksling (posen blåste seg opp). Elevene måtte beskrive det de hadde observert.

Når elevene hadde beskrevet reaksjonen, og vi hadde gjennomgått denne i plenum, fikk gruppene observere og beskrive produktene av reaksjonen. Gassen kunne observeres mens posen var lukket (ved å kjenne på posen), men det var fremdeles andre stoffer i posen. Disse stoffene ble helt ut i et kaffefilter og filtrert slik at vi fikk skilt produktene fra hverandre (væske og fast stoff). Filtringen tok lang tid, så vi fikk ikke tid til å vente på at det skulle bli ferdig denne timen. Timen ble avsluttet med en oppsummering, denne oppsummeringen gikk ut ifra en figur på tavlen som viste begrepene utgangsstoffer, kjemisk reaksjon og produkter.

En fordel med dette forsøket var at kjennetegnene på den kjemiske reaksjonen var veldig tydelige (fargeforandring, temperaturforandring og gassutveksling). I tillegg var det flere utgangsstoffer, flere produkter og flere kjennetegn i ett og samme forsøk, noe som ga elevene mange muligheter til å beskrive stoffer og stoffers endringer.

Vedlegg 11: Forsøket «spennende stoffer»

Elevforsøket *spennende stoffer* gikk ut på å gjennomføre forsøk med noen kjente stoffer fra hverdagen, nemlig sukker, salt, potetmel og natron. Hensikten med elevforsøket var å utvikle en forståelse for begrepet «stoff» og egenskapene til stoffer, ved at elevene skulle få observere, beskrive og bygge seg opp erfaringer med stoffer.

Forsøket gikk hovedsakelig ut på at elevene skulle observere og beskrive, både egenskapene til et utvalg stoffer og eventuelle endringer som oppsto som følge av prøver elevene skulle utsette stoffene for. Forsøket var delt inn i fem deler:

1. Observere og beskrive utgangsstoffene
2. Gjennomføre «løslighetsprøven» og beskrive resultatene.
3. Gjennomføre «flammeprøven» og beskrive resultatene.
4. Gjennomføre «jodprøven» og beskrive resultatene.
5. Gjennomføre «eddikprøven» og beskrive resultatene.

Elevene ble delt inn i fem grupper, og fordelte seg på fem «stasjoner» inne på skolens naturfagrom. Gruppene startet med å observere og beskrive fire hvite stoffer (salt, sukker, potetmel og natron). Stoffene var i starten ukjente for elevene, så de måtte beskrive dem ved hjelp av alle sansene (unntatt smak).

Etter at elevene hadde beskrevet stoffene, gjennomgikk vi beskrivelsene i plenum og ble enige om hva som var gode beskrivelser av hvert enkelt stoff. Etter at elevene hadde fått en liten pause, startet gruppene med å gjennomføre de ulike prøvene på stoffene. Elevene sjekket i hvilken grad stoffene lot seg løse opp i vann (løslighetsprøven), hva som skjedde hvis vi varmet stoffene opp over en gassbrenner (flammeprøven), hva som skjedde hvis vi tilsatte jod løsning (jodprøven) eller eddik (eddikprøven) til stoffene. Elevene måtte observere og beskrive hva som skjedde med stoffene etter hver enkelt prøve. Elevene fikk spesielt trent seg i å observere og beskrive kjemiske reaksjoner når sukker ble forkullet, potetmel fikk tilsatt jod løsning og natron fikk tilsatt eddik. Elevene fikk også mange erfaringer med stoffblandinger, altså der det ikke skjedde noen kjemisk reaksjon.

Forsøket er hentet fra Naturfagssenterets hjemmesider:

<http://www.naturfag.no/uopplegg/undervisningsopplegg-utskrift.html?tid=691873>


Vedlegg 12: Forsøket «Antenne magnesium»

Demonstrasjonsforsøket *antenne magnesium* gikk ut på å observere og beskrive et utgangsstoff, en kjemisk reaksjon og et produkt. Hensikten med forsøket var, i tillegg til at elevene skulle få observere, beskrive og bygge seg opp erfaringer med kjemiske reaksjoner, også å vekke interesse og engasjement for temaet kjemiske reaksjoner. Dette demonstrasjonsforsøket ble på mange måter en «oppvarming» til at elevene i samme økt skulle gjennomføre elevforsøket «VGG-reaksjonen».

Elevene ble delt inn i fem grupper, og hver gruppe fikk utdelt en magnesiumstrimmel som de skulle observere og beskrive. Deretter ble magnesiumstrimmelen antent fremme på tavlen (under en vifte) av forsker. Elevene fikk beskjed om å ikke se direkte på reaksjonen, men heller på et på forhånd avtalt punkt. Dette fordi reaksjonen skaper et skarpt hvitt lys, og dermed ble det tatt forhåndsregler for å unngå hodepine eller verre blant elevene. Etter reaksjonen beskrev gruppene observasjonene sine. Til slutt fikk hver gruppe utdelt produktet av reaksjonen, og skulle da observere og beskrive produktet.

Etter hver beskrivelse ble det gjennomført en oppsummering i plenum. Sammen med oppsummeringene ble det også diskutert hvordan utgangsstoffene skilte seg fra produktene, og hvilke beviser for en kjemisk reaksjon vi hadde observert. En fordel med å gjennomføre dette forsøket var at det var enkelt for elevene å beskrive utgangsstoffet, produktet og selve reaksjonen. Samtidig var det tydelige forskjeller mellom egenskapene til magnesiumstrimmelen (utgangsstoff) og magnesiumoksid-pulveret (produkt).

Vedlegg 13: Begrepskart

Stoff	Stoffblandning	Eksemppler på kjemiske reaksjoner kan være:	Laboratorium
Gass	Egenskap	Reagere	Observere
Væske	Kjemi og kjemiske reaksjoner		Bevise
Fast stoff			Kjemisk reaksjon

Vedlegg 14: Resultater oppgave 1

Oppgave 1 - Pretest

Elev:	Begrunnelse pretest:	Begrunnelse posttest:
Anne	C. den blir lettere.	Jeg tror A, fordi hvis man tar og blåser mer og mer, så blir ballongen tyngre.
Amalie	C	Svaret mitt er A
Arnt	C: på grunn av at den er riktig.	C: fordi den blir lettere.
Bjørn	C	B. Fordi når den ikke er blåst opp veier den litt, men den veier mer når vi blåser den opp.
Bernt	A. Fordi den veier litt, den vil synke, men hvis det er helium vil den dra opp.	A, men C hvis det er helium.
Britt	Jeg er enig med A, fordi vi så en film om luft. Det var en stor pose med luft, eller noe annet, og han på filmen sa at luft, eller noe annet, faktisk veier noe.	B. Fordi luft veier faktisk noe.
E1	C. Fordi at når den blir større, blir den lettere, og da svever den.	B.
E2	B:	B: fordi?
E3	Svaret er: C. Når man slipper en ballong som ikke er blåst opp, faller den fortere ned enn en oppblåst ballong.	A, fordi luft veier faktisk noe
E4	Jeg er enig med C, men vet ikke hvorfor.	B. Ballongen blir tyngre. For luft veier noe.
E5	A. Fordi når luft samler seg på et sted, og ikke kommer seg ut igjen, da blir den tyngre. Men når luft er overalt da svever det.	B. Fordi når du blåser ballongen opp, blir den tyngre.
E6	A er det jeg mener er riktig	A er riktig fordi luft veier noe.
E7	B. Fordi luft veier ingenting.	B. Luft tar plass og ballongen blir tyngre.
E8	A. Tegnet en ballong som utvider seg når luft kommer inn i den (illustrert med piler utover). Luften er tegnet som streker.	Jeg tror A.
E9	C. Luft er lett. Når ballongen blir blåst opp blir den lettere!	Svar: B. Luft veier ingenting. Ballongens vekt vil ikke forandre seg.
E10	C	C

Vedlegg 15: Resultater oppgave 2

Oppgave 2 – Pretest

Elev	Forklaring
Anne	Svarte rundinger med små streker ut i alle retninger. Minner om edderkopper.
Amalie	Rundinger med streker mellom seg. Minner om hvordan molekyler blir tegnet. Benyttet seg av fargene blå og rød.
Arnt	Noen sammenhengende, men ikke rette, streker. Strekker seg fra bunnen til toppen av krukken.
Bjørn	Noen prikker øverst og noen streker, ikke sammenhengende eller rette, på langs i krukken.
Bernt	Noen sammenhengende, men ikke rette, streker. Strekker seg fra bunnen til toppen av krukken.
Britt	Mange prikker i midten av krukken. I midten er en figur som kan minne om et speilegg.
E1	Ikke rette eller sammenhengende streker
E2	Figur av et ansikt som geiper
E3	Ikke rette, men sammenhengende streker i forskjellige farger (rød, grønn, blå og svart). Tegnet i hele krukken.
E4	Små rette, men ikke sammenhengende, streker. Svake streker i mellom de små strekene.
E5	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E6	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E7	Små rundinger (partikler) med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker imellom.
E8	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E9	Fylt ut bunnen av krukken med sammenhengende, men ikke rette, streker. Har skrevet «luft» med pil mot bunnen av krukken.
E10	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke rette, streker.

Oppgave 2 – Posttest

Elev	Forklaring
Anne	Sammenhengende, men ikke rette, streker. Ikke tegnet i lokket.
Amalie	Rundinger, der noen av dem er satt sammen med streker mellom seg. Minner om hvordan atomer og molekyler blir tegnet. Benyttet seg av fargene blå og rød.
Arnt	Mange små prikker og noen litt lengre streker. Både rette og ikke rette streker, men ikke sammenhengende.
Bjørn	Mange små prikker. Ikke fylt ut hele krukken, men er prikker fra toppen til bunnen.
Bernt	Fylt ut midten av krukken med sammenhengende, men ikke rette, streker.
Britt	Mange prikker i midten av krukken, dekket av sammenhengende streker.
E1	Ikke rette eller sammenhengende streker
E2	9 partikler oppe i det venstre hjørnet. Skrevet «luft» med pil mot partiklene
E3	Ikke rette, men sammenhengende streker. Tegnet i stort sett hele krukken.
E4	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E5	Fylt ut hele krukken med små rundinger (partikler).
E6	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E7	Tegninger av figurer som kan minne om bakterier eller insekter.
E8	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke alltid rette, streker.
E9	Fylt ut bunnen av krukken med sammenhengende, men ikke rette, streker.
E10	Fylt ut hele krukken med sammenhengende, men ikke rette, streker.

Vedlegg 16: Resultater oppgave 3

Oppgave 3 - Pretest

Elev	Svar	Forklaring
Anne	D	Fordi det smelter og er ikke lenger stearin.
Amalie	A	Svaret er: A
Arnt	B	B er riktig
Bjørn	A	
Bernt	B	Stearinen blir borte
Britt	C	Jeg C er det riktige svaret fordi det høres mest sannsynlig ut.
E1	C	
E2	A	
E3	A	Svaret er: A. Når lyset brenner blir det så varmt at stearinen smelter.
E4	A	Jeg tror det er A, men vet ikke hvorfor.
E5	C	Fordi hvis stearinen ikke hadde vært der, hvordan kunne vi tent lys da?
E6	B	B er den jeg synes er riktig.
E7	C	For den skal ikke falle.
E8	A	A?
E9	A	Når lyset brenner, smelter stearinlyset bort og veken brenner opp.
E10		

Oppgave 3 – posttest

Elev	Svar	Forklaring
Anne	A	Jeg tror A fordi den høres mest riktig ut.
Amalie	C	Svaret mitt er C.
Arnt	D	D: fordi?
Bjørn	B	B fordi den tråden man fyrer på forsvinner.
Bernt	D	For jeg tror det blir til noe nytt når stearinlyset forsvinner
Britt	C	Fordi... Jeg vet ikke. Det høres bare ganske så fornuftig ut.
E1	C	
E2	A	Fordi når det brenner blir veken og stearinen borte.
E3	A	A for når ting blir varmt brenner/smelter det.
E4	A	
E5	A	A fordi
E6	D	D er riktig fordi talg blir til
E7	A	
E8	D	Jeg tror D
E9	A	Svar: a) når lyset brenner, smelter stearinen og veken brenner opp.
E10	C	

Vedlegg 17: Resultater oppgave 4

Oppgave 4 – Pretest

Elev	Svar	Forklaring
Anne	Ja	
Amalie	Nei	Nei fordi det er sprøtt og jern kan ikke gå bort med cola
Arnt	Ja	
Bjørn	Ja	Rust er gammelt jern
Bernt	Nei	Nei det tåler mindre
Britt	Ja	
E1	Nei	Fordi at rust kommer av at de er gamle og at de ikke kan brukes
E2	Ja	
E3	Ja	Ja fordi jeg tror at jern kan ruste
E4	Nei	
E5	Nei	Rust er bare litt av metallet som faller av
E6	Nei	Nei fordi en spiker har ikke noe med kjemi å gjøre
E7	Ja	
E8		
E9	Ja	
E10	Ja	

Oppgave 4 – Posttest

Elev:	Svar	Forklaring
Anne	Ja	
Amalie	Nei	Nei fordi det er det samme metallet, bare brunt
Arnt	Ja	
Bjørn		
Bernt	Nei	Nei fordi det er brunt
Britt	Ja	Det må jo være et stoff. Alt rundt oss består jo av stoffer
E1		
E2	Ja	Når spikeren er i en glasskrukke med lokk og luft. Fordi når luften treffer spikeren da blir den rusten.
E3	Ja	Ja fordi jern kan ruste og spikere ser ganske ut som jern
E4	Nei	
E5	Ja	Ja fordi når ruste faller av blir det ikke borte
E6	Nei	Nei fordi at metallet er det samme bare blitt gammelt
E7	Nei	
E8		
E9		
E10	Ja	

Vedlegg 18: Resultater oppgave 5

Oppgave 5 – Pretest

Elev	Oppg a	Oppg b	Oppg c	Oppg d	Oppg e	Oppg f	Oppg g	sum
Anne	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	Fleip	Fakta	4
Amalie	Fleip	Fleip	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	3
Arnt	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	Fakta	4
Bjørn	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	5
Bernt	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fakta	7
Britt	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	5
E1	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	6
E2	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fakta	6
E3	Fleip	Fleip	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	3
E4	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
E5	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	6
E6	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	5
E7	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	4
E8	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip		Fakta	Fleip	2
E9	Fleip	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	2
E10	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
Sum	13/16	11/16	15/16	11/16	5/16	11/16	8/16	

Oppgave 5 – Posttest

Elev	Oppg a	Oppg b	Oppg c	Oppg d	Oppg e	Oppg f	Oppg g	sum
Anne	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	4
Amalie	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	5
Arnt	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	5
Bjørn	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
Bernt	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	Fleip	4
Britt	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	5
E1	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	5
E2	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	4
E3	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
E4	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
E5	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	5
E6	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fleip	6
E7	Fleip	Fakta	Fakta	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	5
E8	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta		Fleip	Fleip	5
E9	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fakta	Fakta	5
E10	Fleip	Fleip	Fakta	Fakta	Fleip	Fleip	Fakta	7
Sum	14/16	11/16	16/16	16/16	8/16	14/16	4/16	

Vedlegg 19: Resultater oppgave 6

Oppgave 6 – Pretest

Elev	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Sum
Anne	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	7
Amalie	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei		Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	8
Arnt	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	10
Bjørn	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	10
Bernt	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	7
Britt	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	9
E1	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	6
E2	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	9
E3	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	5
E4	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	8
E5	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	8
E6	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	6
E7	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	6
E8	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja		Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	6
E9	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	6
E10	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	8
Sum	4	9	6	11	11	16	12	8	7	6	12	9	8	

Oppgave 6 – Posttest

Elev	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Sum
Anne	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	8
Amalie	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	9
Arnt	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	11
Bjørn	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	8
Bernt	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	11
Britt	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	10
E1	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	10
E2	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	11
E3	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	11
E4	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	6
E5	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	10
E6	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	10
E7	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	11
E8	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja			Ja	Ja		Nei	nei	4
E9	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	10
E10	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Ja		Ja	8
Sum	5	14	10	15	14	16	10	12	8	8	14	13	9	

Vedlegg 20: Resultater oppgave 7

Oppgave 7 – Pretest

Elev	A	B	C	D
Anne		X		
Amalie				X
Arnt		X		
Bjørn	X			
Bernt				X
Britt		X		
E1	X			
E2		X		
E3				X
E4	X			
E5	X			
E6	X			
E7	X			
E8	X			
E9	X			
E10	X			
Sum	9	4		3

Oppgave 7 – Posttest

Elev	A	B	C	D
Anne		X		
Amalie	X			
Arnt			X	
Bjørn	X			
Bernt	X			
Britt		X		
E1	X			
E2		X		
E3	X			
E4	X			
E5	X			
E6	X			
E7	X			
E8	X			
E9	X			
E10		X		
Sum	11	4	1	

Vedlegg 21: Resultater oppgave 8

Oppgave 8 – pretest

Elev	A	B	C	D	Sum
Anne	Enig	Enig	Uenig	Enig	3
Amalie	Enig	Uenig	Uenig	enig	2
Arnt	Uenig	Enig	Enig	Uenig	2
Bjørn	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
Bernt	Enig	Enig	Enig	Enig	2
Britt	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
E1	Enig	Enig	Uenig	Enig	3
E2	Enig	Uenig	Enig	Enig	1
E3	Enig	Uenig	Uenig	Enig	2
E4	Enig	Enig	Uenig	Enig	3
E5	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
E6	Enig	Uenig	Uenig	Enig	2
E7	Enig	Uenig	Enig	Uenig	0
E8	Enig	Uenig		Enig	1
E9	Enig	Enig	Uenig	Uenig	2
E10	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
Sum	5/16	10/16	11/16	13/16	

Oppgave 8 – posttest

Elev	A	B	C	D	Sum
Anne	Enig	Enig	Uenig	Enig	3
Amalie	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
Arnt	Uenig	Uenig	Uenig	Enig	3
Bjørn	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
Bernt	Enig	Enig	Enig	Enig	2
Britt	Enig	Enig	Uenig	Enig	3
E1	Uenig	Enig	Uenig	enig	4
E2	Enig	Uenig	Enig	Enig	1
E3	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
E4	Enig	Uenig	Enig	Enig	1
E5	Uenig	Enig	Enig	Enig	3
E6	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
E7	Enig	Enig	Uenig	Uenig	2
E8	Enig		Uenig		1
E9	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
E10	Uenig	Enig	Uenig	Enig	4
Sum	9/16	12/16	12/16	14/16	

Vedlegg 22: Resultater oppgave 9

Elev:	Forklaring pretest:	Forklaring posttest:
Anne	Det er noe som skjer når noe blandes eller noe koker.	Jeg ville ha sagt en kjemisk reaksjon er noe som kan lage nye stoffer eller kan koke eller noe sånt.
Amalie	En kjemisk reaksjon skjer når du blander to stoffer.	En kjemisk reaksjon er når man blander to ulike stoffer også dannes et nytt stoff. Man kan se det på kjøkkenet, i en lab og rundt i hele verden.
Arnt	At reaksjonen går mellom to ulike ting eller to like ting som eksploderer kraftigere.	En kjemisk reaksjon er to eller flere stoffer som danner nye stoffer.
Bjørn	Det er stoffer som blandes sammen.	To eller flere stoffer som blandes sammen og blir til et nytt stoff. Det skjer kjemiske reaksjoner i kroppen din fra du våkner til du legger deg.
Bernt	Når fyrverkeri eksploderer skjer det en kjemisk reaksjon.	Mat som blir svidd og hever seg.
Britt	En kjemisk reaksjon oppstår av en varme. Gasser i luften kan ikke være med i kjemiske reaksjoner. En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes sammen. Jeg vet ikke så mye mer.	En kjemisk reaksjon er når man blander to forskjellige stoffer og danner et nytt stoff.
E1	En kjemisk reaksjon er stoffer som man blander sammen.	Har du sett fyrverkeri når du tenner på lunta? Da skjer det en kjemisk reaksjon før det begynner å lyse.
E2		Jeg vet hva en kjemisk reaksjon er, men jeg vet ikke hvordan jeg skal forklare.
E3	Eeeeeh må vi snakke om det? Hva skal vi finne på?!	Det er... tja... det skjer i hvert fall hele tiden rundt oss...
E4	Det er ?	Jeg ville sagt at en kjemisk reaksjon kan for eksempel være når du blander to eller flere stoffer og det skjer en kjemisk reaksjon.
E5	Noe som blander seg.	Noe som skjer rundt eller andre steder.
E6	En kjemisk reaksjon er som for eksempel brus, pannekaker og eksplosjoner.	En kjemisk reaksjon er to forskjellige stoffer som blandes og blir til et nytt produkt.
E7	Kjemisk reaksjon er hvis noe eksploderer og ikke bare det.	Kjemisk reaksjon er når en sykkel ruster, fyrverkeri eksploderer og lyser. Kjemiske reaksjoner skjer nesten hele tiden.
E8	?	Hvis man putter mentos i cola, så blir det masse bobler som spruter ut av colaen.
E9	En kjemisk reaksjon er noe som blandes med mange stoffer!	At det er noen stoffer som blandes sammen og blir til et nytt stoff.
E10	En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes sammen sånn at de reagerer med (f. eks) en eksplosjon.	En kjemisk reaksjon er når to eller flere stoffer blandes og blir til et nytt stoff.

Vedlegg 23: CD

Dokument 1: Transkribert intervju A-1

Dokument 2: Transkribert intervju A-2

Dokument 3: Transkribert intervju B-1

Dokument 4: Transkribert intervju B-2