

Maria Fink Kvamme

Elektrostatiske krefter, åtte elektroner i ytterste skall eller atomer som «støter mot hverandre»?

En kvalitativ studie av kjemi 1-elevers forståelse
av kjemiske bindinger.

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag for trinn 8-13

Veileder: Annette Lykknes

Medveileder: Per-Odd Eggen

Juni 2022

Maria Fink Kvamme

Elektrostatiske krefter, åtte elektroner i ytterste skall eller atomer som «støter mot hverandre»?

En kvalitativ studie av kjemi 1-elevers forståelse av kjemiske bindinger.

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag for trinn 8-13

Veileder: Annette Lykknes

Medveileder: Per-Odd Eggen

Juni 2022

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



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Formålet med denne studien har vært å kartlegge kjemi 1-elevers forståelse av utvalgte aspekter innenfor temaet kjemiske bindinger. Den overordnede problemstillingen ble delt inn i tre forskningsspørsmål der fokuset var å se på hvilke modeller elevene benytter seg av i forklaringene sine, og hvordan de forklarte energi i bindinger og ionebindinger. I studien ble det utformet og gjennomført et undervisningsopplegg som tok for seg temaene energi i bindinger og ionebindinger. Temaene ble bestemt utfra resultatene av en kartleggingstest som ble gjennomført i kjemiklassen i forkant av opplegget. Undervisningsopplegget baserte seg ellers på anbefalinger fra forskningslitteratur om alternative forestillinger i kjemi.

Datamaterialet som ble brukt for å svare på problemstillingen i denne kvalitative studien baserte seg på lydopptak av noen gruppediskusjoner underveis i undervisningsopplegget, i tillegg til et gruppeintervju med tre elever i etterkant.

Resultatene viste at flere av elevene benyttet seg av en blanding av de tre motstridende rammeverkene: et elektrostatisk-, et oktett- og et molekylært rammeverk både før og etter det skreddersydde undervisningsopplegget. I forklaringene av kjemiske bindinger benyttet de fleste elevene seg av elektrostatiske modeller der de vektla tiltrekningskrefter mellom partikler. Noen elever knyttet i tillegg elektronoverføring tett sammen med ionebindinger, mente at NaCl (s) dannet enkle molekyler, og/eller vektla oktettregelen i forklaringene sine. Dette er trekk ved henholdsvis et molekylært- og et oktettammeverk. Resultatene viste også at elevene underveis i opplegget utviklet en bedre forståelse for energiens rolle i kjemiske bindinger. I starten av undervisningen argumenterte noen elever for at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne være en endoterm og en eksoterm reaksjon. Andre mente at reaksjonen enten var kun eksoterm, eller kun endoterm. Etter opplegget mente alle informantene i intervjuet at det kun var en eksoterm reaksjon.

Abstract

The aim of this study was to get deep insight into chemistry students' understanding of some aspects of chemical bonding. A chemistry lesson about energy in chemical bonding and ionic bonding was designed and tested in a chemistry class in an upper secondary school in Norway. Prior to the lesson a diagnostic test was carried out in the same chemistry class. The two aspects of the lesson were then decided based on the results of the test. The lesson was also inspired by implication from other studies about both alternative conceptions and teaching of chemical bonding.

Audio recorded group discussions from the lesson, and a group interview with three students afterwards, constituted the data for this qualitative study.

The results show that most of the students used a combination of the three conflicting alternative frameworks: an electrostatic -, a molecular and an octet framework both before and after the designed chemistry lesson. Most students referred to chemical bonding as electrostatic forces of attraction. Some students also used models like the octet rule or alternative conceptions about ionic bonding which could be linked to an octet -or a molecular framework. The results also show that most of the students' understanding of the role of energy in chemical bonds improved during the lesson. In the beginning of the lesson some students believed that the formation of chemical bonds could be both endothermic and exothermic. Other students believed that the reaction was either just endothermic or just exothermic. In the interview, all three students referred to chemical bond formation as an exothermic reaction.

Forord

Etter å ha levert denne masteroppgaven ser jeg tilbake på fem flotte, lærerike, utfordrende og innholdsrike år som lektorstudent ved NTNU i Trondheim. Jeg setter nå kursen mot Oslo, rikere på fine vennskap, ny kunnskap, gode minner og verdifull erfaring.

Å skrive en slik masteroppgave har gitt meg mye. Det har vært hektiske og krevende perioder, men også mange fine og lærerike øyeblikk der jeg har kjent på mestringsfølelse og stolthet. Det er flere personer som har bidratt til at denne masteroppgaven har blitt til. Jeg vil spesielt rette en stor takk til min dyktige veileder, Annette Lykknes. Tusen takk for all tid, energi og krefter du har satt av til meg og min masteroppgave. Dine konkrete innspill og konstruktive tilbakemeldinger har vært uvurderlige.

Jeg vil også rette en spesiell takk til Per-Odd Eggen, min medveileder. Takk for gode innspill og tilbakemeldinger på kartleggingstesten og undervisningsopplegget, samt lån av utstyr i forbindelse med gjennomføringen av opplegget. Også takk til min lillesøster, Miriam, som lot meg gjennomføre undervisningsopplegget på henne i forkant.

Jeg vil også takke studiegjengen, kollektivet og alle andre som har gjort studietiden ved NTNU uforglemmelig. Takk for alle fine minner og øyeblikk. Studietiden og dette masterhalvåret hadde ikke vært det samme uten akkurat dere. Takk til mamma og pappa, for uendelig støtte, oppmuntrende og motiverende samtaler og Markus for kommentarer på aktivitetene i undervisningsopplegget.

Til slutt vil jeg takke kjemilæreren som lot meg gjennomføre undervisningsopplegget i klassen hans, og ikke minst elevene som deltok i studien.

Trondheim, mai 2022

Maria Fink Kvamme

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	v
Abstract	vii
Forord	ix
1 Innledning	1
1.1 Studien og forskningsspørsmål	2
1.2 Oppbyggingen av studien.....	3
2 Teori	4
2.1 Modeller	4
2.1.1 Modeller i kjemi og kjemiske bindinger.....	4
2.1.2 Kategorisering av modeller.....	5
2.2 Litteraturgjennomgang	7
2.2.1 Elevers alternative forestillinger i kjemi og temaet kjemiske bindinger	7
2.2.2 Undervisning av kjemiske bindinger - Anbefalinger fra litteraturen.....	13
3 Metode	19
3.1 Forskningsdesign og utvalg.....	19
3.1.1 Studiens forskningsdesign	19
3.1.2 Kvalitativ metode.....	20
3.1.3 Utvalg.....	22
3.2 Litteraturgjennomgang	22
3.3 Utarbeidelse og beskrivelse av kartleggingstest.....	23
3.4 Utvikling og gjennomføring av undervisningsopplegget.....	26
3.5 Datainnsamling.....	27
3.5.1 Gruppeinndelinger og lydopptak av gruppediskusjoner.....	27
3.5.2 Fokusgrupper	29
3.5.3 Semistrukturert intervju	29
3.5.4 Gjennomføring av intervju.....	30
3.5.4 Transkribering av lydopptak.....	30
3.6 Analyse av datamaterialet	31
3.7 Etske betraktninger.....	35
4 Undervisningsopplegget	36
4.1 Kontekst til undervisningsopplegget og resultater fra kartleggingstesten	36
4.2 Beskrivelse av undervisningsopplegget om kjemiske bindinger	40
5 Resultater og analyse	49
5.1 Elevenes opplevelse av undervisningsopplegget	50
5.1.1 Praktiske forsøk	50
5.1.2 Magnetmodeller.....	51
5.1.3 Graf om energi	51

5.1.4 Grubletegning	52
5.1.5 Oppsummering av funnene knyttet til elevenes opplevelse av opplegget.....	52
5.2 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen	53
5.2.1 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske krefter mellom partikler	53
5.2.2 Ionebindinger dannes mellom positive og negative ioner og struktureres i gitterstrukturer	55
5.2.3 Kjemiske bindinger dannes for å oppfylle oktettregelen.....	57
5.2.4 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 1	59
5.3 Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes ...	59
5.3.1 Det kreves energi for at en reaksjon skal skje	60
5.3.2 Det frigis energi når bindinger dannes.....	62
5.3.3 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 2	64
5.4 Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå forklarer stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå.....	64
5.4.1 Det er forskjell på bindingsstyrken mellom NaCl-«molekylene» og mellom	65
5.4.2 Salter består ikke av molekyler.....	67
5.4.3 Det skjer en kjemisk reaksjon når salt løses i vann	68
5.4.3 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 3	70
6 Diskusjon.....	71
6.1 Drøfting av resultatene	71
6.1.1 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen.....	71
6.1.2 Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes.....	74
6.1.3 Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå påvirker stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå	76
6.2 Svar på forskningsspørsmålene	78
6.2.1 Hvilke modeller bruker kjemi 1-elever for å forklare kjemiske bindinger?	78
6.2.2 Hvordan forklarer kjemi 1-elever energi i bindinger?	80
6.2.3 Hvordan forklarer kjemi 1-elever ionebindinger?	81
6.3 Kritikk av studien	81
7 Konklusjon.....	84
7.1 Svar på problemstillingen.....	84
7.2 Implikasjoner for undervisning	86
7.3 Videre forskning	87
Referanser	89
Vedlegg	96
Vedlegg A: Intervjuguide.....	97
Vedlegg B: Godkjenning fra NSD	99
Vedlegg C: Informasjonsskriv	101
Vedlegg D: Lysbildefremvisning og bildereferanser	105
Vedlegg E: Praktisk forsøk – CaCl ₂ i vann	109

Figuroversikt

Figur 1: Oversikt over klassifisering av uttrykte modeller	5
Figur 2: Likesidet trekant som viser sammenhengen mellom de tre representasjonsnivåene ..	6
Figur 3: En skjematisk illustrasjon av de fem stegene i «A New Bottom-Up»	17
Figur 4: Flytskjema som viser studiens forskningsdesign	20
Figur 5: Flytskjema med et utdrag av analyseprosessen	32
Figur 6: Flytskjema over de tre hovedtemaene og de åtte kodegruppene	34
Figur 7: Oppsummering av de kvantitative resultatene fra kartleggingstesten	37
Figur 8: En graf om sammenhengen mellom energi og avstand mellom to atomkjerner	45
Figur 9: Grubletegning om «Hvorfor har NaCl (s) et så høyt smeltepunkt?»	47
Figur 10: Informantene fra intervjuet sine tegninger av et NaCl-salt	56

Tabelloversikt

Tabell 1: Oversikt over spørsmålene	24
Tabell 2: Oversikt over elevsammensetningen i gruppediskusjonene	28
Tabell 3: Oversikt over elevene som deltok i gruppeintervjuet	28
Tabell 4: Transkripsjonskodene med tilhørende forklaring	31
Tabell 5: Oppsummering av de kvalitative svarene fra kartleggingstesten	38
Tabell 6: Kompetansemål og læringsmål tilknyttet undervisningsopplegget.	41
Tabell 7: Refleksjonsspørsmålene som ble stilt i undervisningsøkten	41
Tabell 8: Tidsplan for undervisningsopplegget	43

1 Innledning

Kjemi handler om stoffers oppbygging og egenskaper, og videre hvordan stoffene endres og transformeres til andre stoffer. I kjemiske reaksjoner, når reaktanter blir til nye produkter, både brytes og dannes kjemiske bindinger. Dette impliserer at kjemiske bindinger er et essensielt og sentralt tema som er gjennomgående i kjemifaget (Teichert & Stacy, 2002). For å vektlegge slike nøkkeltemaer i de ulike fagene i grunnskolen, ble det i den nye læreplanen (LK20) innført utvalgte kjerneelementer eller kjernebegreper for alle skolefagene. Disse kjerneelementene sees på som det mest betydningsfulle faglige innholdet elevene skal lære, der målet med innføringen av kjerneelementene er at skolefagene skal bli mindre omfattende og fragmenterte enn de har vært ved tidligere læreplaner. For å realisere målet om at elevene skal evne å sette de faglige temaene inn i en større faglig sammenheng, ble i tillegg antall kompetansemål i hvert fag redusert.

Gjennom disse tiltakene skulle det legges til rette for at elevene fikk tilstrekkelig med tid og mulighet til fordyping og dermed kunne se sammenhengen mellom temaene i fagene (NOU 2015: 8, s. 11-12). Evnen til å se sammenhenger og trekke de paralleller mellom ulike fagområder og temaer kan videre beskrives gjennom begrepet dybdelæring. Dybdelæring defineres som om en prosess der elevene gradvis utvikler sin forståelse av begreper og sammenhenger både innenfor et fagområde, men også på tvers av fag- og kunnskapsområder (NOU 2014: 7, s. 35). Dybdelæring innebærer derfor at elevene kan bruke sine kunnskaper, evner og ideer til å løse problemstillinger innenfor nye og ukjente områder.

Den nye læreplanen for kjemi 1 og 2 inneholder fire kjerneelementer, der ett av kjerneelementene kalles «kjemiske bindinger og strukturer» (Utdanningsdirektoratet, 2021). Gjennom kjerneelementet blir det spesifisert hvorfor kjemiske bindinger er viktig - at temaet skal danne en rød tråd gjennom hele faget. Det at kjemiske bindinger er et kjerneelement i den nye læreplanen tyder på at temaet sees på som grunnleggende for elevens forståelse av kjemifaget. I beskrivelsen av kjerneelementet står det at kjerneelementet handler om:

[...] krefter mellom partikler og hvordan disse har betydning for stoffers oppbygging, sammensetning og egenskaper. Det handler også om kriterier for klassifisering av stoffer og hvordan periodesystemet brukes til å se sammenhenger og trender i egenskaper hos grunnstoffene (Utdanningsdirektoratet, 2021, s. 2).

Både forskningslitteratur og egne erfaringer fra praksis viser at elever ofte har fragmentert kunnskap om de ulike temaene i kjemifaget. Elever har dermed en tendens til ikke å se sammenhenger hverken mellom de ulike temaene i faget eller mellom ulike fag (Holt & Øyehaug, 2019, s. 108-112). En erfaring jeg gjorde i løpet av lærerpraksisen i forbindelse med lektorstudiet illustrerer godt at elevene ofte ikke kobler de ulike delene av kjemifaget sammen. Temaet i praksisperioden var blant annet organisk kjemi, der en av timene handlet om alkoholer. Elevene skulle diskutere kokepunktet til ulike alkoholer og sammenligne dem med tilsvarende alkan. Få av elevene koblet hvordan kjemiske bindinger påvirker kokepunktene. For å lede elevene inn på rett spor spurte jeg hvilke sterke og svake bindinger som var til stede i forbindelsene. Da svarte en av de faglige sterke elevene: «Oi, ja stemmer. Det hadde vi om for kjempelenge siden. Men det er så lenge siden, så det husker jeg ikke så mye av».

Hendelsen illustrerer at selv faglig sterke elever kan glemme det de har lært fra tidligere kapitler, og ikke alltid kobler temaene sammen. Det at kjemiske bindinger nå har blitt et kjerneelement kan bidra til at undervisningen tydeligere legger opp til en dypere forståelse hos elevene, der de etter hvert oppnår dybdelæring.

1.1 Studien og forskningsspørsmål

I tillegg til at kjemiske bindinger regnes som et nøkkelt tema i kjemifaget, er det også et abstrakt tema elever ofte synes er vanskelig og har flere alternative forestillinger om (Taber, 2001). I denne studien ønsket jeg derfor å undersøke kjemi 1-elevers forståelse av temaet kjemiske bindinger. Gjennom resultatene ønsket jeg å få et innblikk i hvordan elevene forklarer kjemiske bindinger med utgangspunkt i hvilke modeller de brukte, og hvordan de forstod modellene.

Forskningslitteratur viser til mange alternative forestillinger elever har innenfor temaet kjemiske bindinger, og kommer med en rekke forslag til hvordan kjemiundervisningen kan legges opp (Nicoll, 2001; Özmen, 2004). Likevel fortsetter lærere ofte å undervise fagene sine som om forskningen ikke har blitt gjort, og avstanden mellom forskning og undervisningspraksis er dermed ofte stor (Özmen, 2004). Siden denne studien markerer slutten på min femårige lektorutdanning, ønsket jeg å gjennomføre et masterprosjekt jeg kunne få bruk for i læreryrket. Jeg valgte derfor å utforme og gjennomføre et undervisningsopplegg basert på forskningslitteraturens anbefalinger. Underveis i opplegget ble det tatt lydopptak av noen gruppediskusjoner. Sammen med et gruppeintervju i etterkant av undervisningsopplegget danner dette datagrunnlaget for å svare på problemstillingen:

Hvordan forstår kjemi 1-elever kjemiske bindinger?

Med ordet *forstår* ønsker jeg å se på hvordan elevene forklarer kjemiske bindinger med vekt på hvilke modeller elevene bruker og hvordan de forklarer, beskriver og uttrykker de ulike modellene for kjemiske bindinger. For å konkretisere problemstillingen med å vektlegge hvilke aspekter innenfor kjemiske bindinger jeg valgte å fokusere på, deles den videre inn i følgende tre forskningsspørsmål:

- Hvilke modeller bruker kjemi 1-elever for å forklare kjemiske bindinger?
- Hvordan forklarer kjemi 1-elever energi i bindinger?
- Hvordan forklarer kjemi 1-elever ionebindinger?

Med det første forskningsspørsmål ønsker jeg å se på hvilke forklaringsmodeller elevene benytter seg av, samt hvilke representasjonsformer de bruker for å uttrykke disse modellene. Det andre forskningsspørsmålet ser nærmere på temaet energi i bindinger og hvilken forståelse elevene viser for temaet med utgangspunkt i forklaringer og diskusjoner i intervju og gruppediskusjoner. Det siste forskningsspørsmålet tar for seg temaet ionebindinger, og ser på hvordan elevene forklarer og forstår modeller for ionebindinger. Jeg har også spurt elevene som ble intervjuet om hvordan de opplevde opplegget og hvordan de ulike aktivitetene fungerte og bidro til forståelse. Siden det var jeg som i hovedsak utformet og gjennomførte undervisningsopplegget og analyserte resultatene, har imidlertid evaluering av undervisningsopplegget ikke blitt tillagt vekt i studien. Jeg bruker elevenes svar på dette spørsmålet i studiens diskusjons- og konklusjonsdel.

1.2 Oppbyggingen av studien

Denne studien deles inn i syv kapitler. I kapittel 2 vil teori relevant for å besvare studiens problemstilling og forskningsspørsmål presenteres. I teorikapitlet presenteres også en litteraturgjennomgang som inkluderer resultater fra forskningslitteratur både knyttet til alternative forestillinger elever ofte har om kjemiske bindinger, og anbefalinger til undervisning av temaet. Kapittel 3 beskriver og forklarer studiens design samt de metodene som er brukt i datainnsamling og analyse. I kapittel 4 presenteres konteksten for undervisningsopplegget i tillegg til at opplegget beskrives og begrunnes. I kapittel 5 presenteres og analyseres resultatene før de diskuteres i kapittel 6. Videre i kapittel 6 besvares hvert av forskningsspørsmålene hver for seg, og en kritikk av studien fremmes. Til slutt konkluderes oppgaven i kapittel 7 ved å svare på problemstillingen, samt diskutere implikasjoner og mulige videre studier.

2 Teori

I dette kapittelet vil relevant teori for studien bli presentert. Først vil modeller og modellens rolle i kjemi beskrives. Til slutt vil jeg i kapittel 2.2 gå gjennom forskningslitteratur om elevers forståelse av temaer innenfor kjemiske bindinger og deres videre anbefalinger til kjemiundervisning om temaet.

2.1 Modeller

2.1.1 Modeller i kjemi og kjemiske bindinger

Alt i verden består av kjemiske forbindelser. Stoffers natur og deres kjemiske og fysiske endringer baserer seg på interaksjoner mellom atomer eller ioner. Siden vi hverken kan se atomer eller hvordan partiklene holdes sammen i kjemiske forbindelser, baserer kjemifaget, og spesielt temaet kjemiske bindinger seg i hovedsak på ulike modeller for å forklare, forenkle og visualisere kjemiske fenomener (Coll & Treagust, 2003; Gilbert et al., 2000, s. 11). En modell vil i denne studien defineres som en representasjon av et fenomen som er produsert for å forklare et spesifikt formål (Gilbert et al., 2000, s. 11).

Kjemiske bindinger undervises tradisjonelt ved å dele det inn i ulike bindingstyper som for eksempel ionebindinger, kovalente bindinger og intermolekulære krefter som for eksempel hydrogenbindinger (Hurst, 2002). For å beskrive disse bindingstypene, brukes det ulike forklaringsmodeller. Noen eksempler på forklaringsmodeller er oktettregelen som vektlegger at atomer ønsker åtte elektroner i ytterste skall eller elektrostatiske modeller som for eksempel Coulombs lov som vektlegger elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningkrefter mellom partikler. Andre mer sofistikerte matematiske forklaringsmodeller for kjemiske bindinger som bygger på kvantemekanikk, er molekylorbitalteorien og valensbåndteorien (Bergqvist, 2012; Coll & Treagust, 2001)

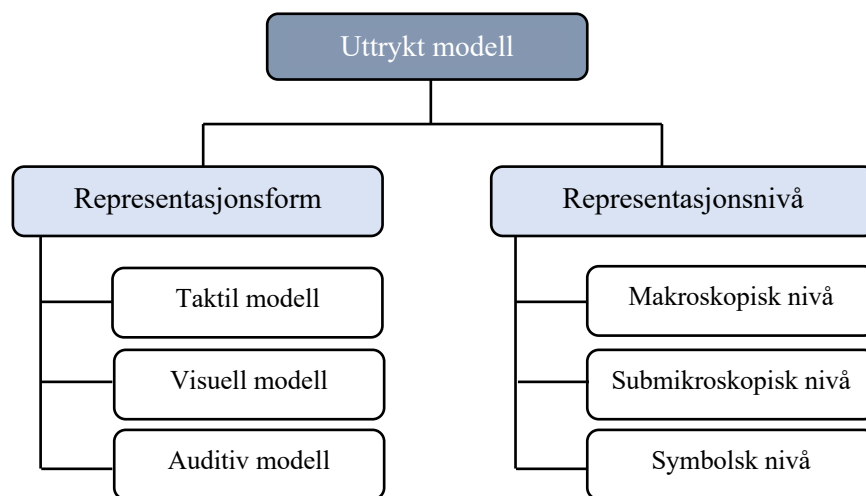
Modeller spiller altså en viktig rolle i undervisningen av kjemiske bindinger, både når vitenskapelig kunnskap utvikles, og når kunnskapen skal kommuniseres og videreformidles (Bergqvist, 2012). Hvor abstrakte og sofistikerte modellene som brukes for å forklare kjemiske bindinger i kjemiundervisningen er, avhenger av hvilket utdanningsnivå elevene er på. Etter hvert som elevene blir eldre og desto flere kjemiemner de har hatt, vil modellenes kompleksitet og abstraktnivå økes (Coll & Treagust, 2003, s. 468).

Siden modellene for kjemiske bindinger både kan være abstrakte og kompliserte, kan mange elever synes det er utfordrende og forvirrende å bli presentert for et mangfoldig spekter av

modeller som sammen brukes for å forklare ett spesifikt fenomen. Dette gjelder spesielt yngre elever der den abstrakte resonneringen er svak. Yngre elever har en tendens til å se på modeller som små kopier av det virkelige fenomenet (Grosslight et al., 1991). Dette kan kanskje bidra til å forklare at forskning viser at elever foretrekker modeller av atomer og molekyler som viser disse enhetene som enkle, konkrete strukturer (Harrison & Treagust, 1996).

2.1.2 Kategorisering av modeller

Som en konsekvens av modellens essensielle rolle i kjemi og i kjemiundervisningen (Coll & Treagust, 2003), handler elevenes læring i stor grad om en omfattende forståelse av modeller (Justi & Gilbert, 2002, s. 49). Modellbegrepet deles gjerne inn i to kategorier: mentale og uttrykte modeller (Gilbert, 2005, s. 12). En mental modell skapes av et individ, og defineres som en privat og personlig kognitiv representasjon av et fenomen eller begrep. En uttrykt modell er hvordan den mentale modellen presenteres til offentligheten ved bruk av en eller flere representasjonsformer på ulike representasjonsnivåer. Figur 1 viser en systematisk oversikt over en klassifisering av uttrykte modeller.



Figur 1: Flytskjemaet er basert på Pajchel et al. (2019, s. 146) og viser en oversikt over representasjonsformene og -nivåene modeller for kjemiske bindinger kan uttrykkes ved.

Forklaringsmodellene som brukes for kjemiske bindinger kan presenteres og beskrives gjennom bruk av en eller flere representasjonsformer. Pajchel et al. (2019) beskriver tre representasjonsformer: taktile, visuelle og auditive uttrykksformer. *Taktile* representasjonsformer inkluderer blant annet gestikulering (fysiske handlinger som å bevege hendene) og konkrete (tredimensjonale modeller). Et eksempel på en konkret modell for kjemiske bindinger er kulepinnemodeller eller magnetmodeller. *Visuelle* representasjonsformer inkluderer både visuelle (todimensjonale modeller som videoer, bilder og grafer) og symbolske uttrykksformer

(kjemiske formler, reaksjonslikninger eller matematiske uttrykk), mens *auditive* representasjonsformer inkluderer verbale handlinger som muntlige beskrivelser, forklaringer eller analogier (Pajchel et al., 2019, s. 147-148). De ulike representasjonsformene får frem ulike egenskaper ved et fenomen. Å bruke flere representasjonsformer for samme fenomen kan derfor øke elevenes forståelse ved at de opparbeider seg en dypere forståelse. Sammenligning av representasjonsnivåene legger også opp til dybdelæring ved at elevene får anledning til å overføre kunnskap mellom de ulike måtene å uttrykke seg på (ibid., s. 149).

I naturfag og kjemi kan modellene for kjemiske bindinger også uttrykkes på tre ulike representasjonsnivåer. Modeller på det første nivået er det vi observerer direkte med sansene og kalles det makroskopiske nivået. Eksempler på dette kan være tegninger av en vannløsning. Det neste nivået kalles det submikroskopiske nivået og det er på dette nivået de makroskopiske egenskapene forklares. Dette kan være modeller av vannmolekyler i vannløsningen som viser hvilke bindinger det er mellom atomene i vannmolekylene og hvilke krefter det er mellom vannmolekylene. Det siste nivået er det symbolske nivået. Modeller på dette nivået skildrer det submikroskopiske nivået på kvantitative og abstrakte måter ved bruk av for eksempel kjemiske formler eller matematiske uttrykk som beskriver vannløsningen (Gilbert & Justi, 2016, s. 123).



Figur 2: Likesidet trekant som viser sammenhengen mellom det makroskopiske, submikroskopiske og det symbolske nivået. Figuren er hentet og oversatt fra Barke et al. (2009, s. 27).

Læring i kjemi involverer dermed en konstruksjon av mentale assosiasjoner mellom de tre representasjonsnivåene til et fenomen eller begrep ved å bruke ulike uttrykksformer (Cheng & Gilbert, 2009). Johnstone (1991) beskriver sammenhengen mellom de tre representasjonsnivåene (stoffer på makroskopisk nivå, partikler på submikroskopisk nivå og kjemiske symboler på det symbolske nivået) i en likesidet trekant vist i figur 2. I lærings situasjonen befinner eleven seg et sted på innsiden av trekanten avhengig av hvilke nivåer som brukes, og i midten av trekanten ligger potensialet for overbelastning av arbeidsminnet (Johnstone, 2006).

Lærere og lærebøker bruker ofte mange ulike representasjonsformer og representasjonsnivåer når det undervises om kjemiske bindinger. Mens lærere og kjemikere lett kan veksle mellom de ulike nivåene, klarer ikke elevene alltid å følge med på dette (Barke et al., 2009, s. 27). Siden det vitenskapelige språket opererer på tre ulike representasjonsnivå, oppstår det spesielt utfordringer når læreren henviser til alle de tre ulike nivåene samtidig. Mange av de alternative forestillingene som dannes gjennom undervisning på skolen knyttet til kjemiske bindinger kan oppstå når elevene skal prøve å tolke disse representasjonene (Barke et al., 2009, s. 27; Luxford & Bretz, 2014). Johnstone (1991) stiller derfor spørsmål ved om det er nødvendig å introdusere alle de tre nivåene samtidig. Dersom flere nivåer likevel presenteres på samme tid, foreslår Nicoll (2001) i en oppsummeringsartikkel av forskning på eleveres alternative forestillinger i kjemi, at lærere må legge tydelig vekt på overgangen mellom de symbolske, makroskopiske og submikroskopiske verdenene. Dette mener han i så fall bør gjøres på en slik måte at elevene kan utvikle sine egne mentale modeller for kjemiske bindinger på de tre nivåene (Nicoll, 2001).

2.2 Litteraturgjennomgang

2.2.1 Elevers alternative forestillinger i kjemi og temaet kjemiske bindinger

Elevers forestillinger i kjemi baserer seg tradisjonelt på en konstruktivistisk tilnærming der elever konstruerer sine egne kognitive strukturer (Barke et al., 2009, s. 28-29; Özmen, 2004). Sentralt for den sveitsiske biologen og psykologen Jean Piaget og dermed den konstruktivistiske læringsteorien er at et menneskes kognitive struktur gradvis forandres gjennom biologisk modning og kontakt med omverden. De kognitive strukturene handler om fornuft og intelligens, altså det intellektuelle, og er organisert i et nettverk av relasjoner, såkalte skjemaer (Sjøberg, 2009, s. 316). Gjennom en adaptasjonsprosess endres de kognitive strukturene ved å finne en balanse mellom de kognitive strukturene og omverden. Dette skjer enten ved å plassere de nye inntrykkene inn i den eksisterende kognitive strukturen (assimilasjon) (Schunk, 2012, s. 236), eller ved å endre og justere de kognitive strukturene slik at de nye inntrykkene kan passe inn (akkomodasjon). Det er når et individ tvinges til å endre de eksisterende strukturene for å plassere ny informasjon at læring skjer (Sjøberg, 2009, s. 316).

Etter denne tilnærmingen skaper elevene sin egen forståelse basert på bakgrunn, evner og erfaringer både før, i løpet av, og etter undervisningen. Forskningsartikler bruker ulike begreper for å beskrive elevenes forståelse av naturvitenskapelige fenomener, blant annet naive oppfatninger (Champagne et al., 1983), barnevitenskap (Gilbert et al., 1982), misoppfatninger (Driver & Easley, 1978) og alternative forestillinger (Boo, 1998). I denne oppgaven vil disse

kognitive strukturene elevene selv konstruerer i undervisningen refereres til som alternative forestillinger, og handle om elevenes forståelse av teorier og modeller som er i strid med det som er vitenskapelig akseptert i dag (Boo, 1998).

Det er lett å glemme at elever gjennom observasjoner ofte skaper sine egne ideer og teorier om verden og hvordan den fungerer. Ingen elever er like, og alle kommer til undervisningen med ulikt utgangspunkt (Sjøberg, 2009, s. 348-349). Teoriene elever lager selv samsvarer som regel ikke med dagens vitenskapelige teorier og modeller (Barke et al., 2009, s. 24). På grunn av kjemiens kompleksitet og abstrakte fenomener vil de fleste alternative forestillingene likevel ikke komme fra elevenes erfaringer fra hverdagen, men oppstå som et resultat av undervisningen (Barke et al., 2009, s. 24; Taber, 2001). Kjemiens abstrakte natur kan bidra til at noen modeller for kjemiske fenomener av og til ikke blir tilstrekkelig forklart og begrunnet i kjemiundervisningen. Dersom elevene ikke er tilfredsstilte med modellen som ble presentert, kan de selv prøve å komme frem til konklusjoner og teorier for å fylle hullene. Dette kan videre bidra til dannelse av alternative forestillinger (Barke et al., 2009, s. 24). Dersom modellenes begrensninger heller ikke diskuteres med elevene, kan dette også bidra til alternative forestillinger (Taber & Coll, 2002, s. 214).

For å kunne gjennomføre god naturfagundervisning, anbefales det at enhver naturfagslærer er klar over de ulike forkunnskapene og alternative forestillingene elevene har før de kommer til timen (Barke et al., 2009, s. 24 og 28). Barke et al. (2009, s. 30) beskriver to tilnæringer til en undervisning der alternative forestillinger diskuteres med elevene. Den første tilnærmingen er å starte med å diskutere de alternative forestillingene og presentere den vitenskapelige forklaringen til slutt. Den andre tilnærmingen er å først presentere det vitenskapelige fenomenet eller begrepet, og deretter sammenligne den med elevenes eller andre vanlige alternative forestillinger fra litteraturen (Barke et al., 2009, s. 30). Uansett hvilken tilnærming som velges, er rådet at læreren er oppdatert på elevenes mulige alternative forestillinger. Læreren kan for eksempel gjennomføre enkle og effektive tester (Tan & Treagust, 1999), eller lese hvilke alternative forestillinger forskning har funnet ut at elever vanligvis har.

Kjemiske bindinger er som nevnt et abstrakt tema der forståelsen baserer seg på ulike modeller som bygger på fysikalske prinsipper (Taber & Coll, 2002, s. 213). Elevene har ofte ikke fysiske erfaringer knyttet til kjemiske bindinger fordi det i stor grad handler om det submikroskopiske nivået. Mange alternative forestillinger i kjemi skyldes derfor måten lærere og lærebøker presenterer faget på. I tilfeller der lærere og lærebøker prøver å forenkle forklaringsmodeller

for bindingsfenomenet kan det i noen tilfeller hende at forenklingen virker mot sin hensikt. Villedende modeller kan hindre videre læring og utvikle alternative forestillinger hos elevene (Ibid.). Videre vil jeg presentere noen vanlige alternative forestillinger knyttet til oktettregelen, ionebindinger og energi i bindinger.

Alternative forestillinger knyttet til oktettregelen

Oktettregelen er et eksempel på en forenklet forklaringsmodell for bindingsfenomenet. Flere forskningsartikler viser til resultater der elevers alternative forestillinger kan knyttes til denne regelen. En vanlig alternativ forestilling er at elever tror kjemiske bindinger dannes for å oppnå fulle ytterskall (Robinson, 1998). Som en konsekvens av dette mener elever at ioniske og kovalente bindinger henholdsvis overfører eller deler elektroner for å oppnå full oktett (Robinson, 1998; Vrabec & Prokša, 2016). Videre viser resultatene at flere elever tror at det er deling av elektronpar som utgjør de kovalente bindingene (Ibid.). Dette resultatet ble også funnet i en studie gjennomført av Pazinato et al. (2020) blant ungdomsskoleelever i Brasil. Også disse elevene baserte i stor grad kjemiske bindinger og stoffers stabilitet på oktettregelen og elektrondeling og/eller elektronoverføring.

Dersom en idé eller alternativ forestilling brukes over mer enn én kontekst eller hendelse, refereres det til som et alternativt rammeverk (Boo, 1998). Basert på at det var flere alternative forestillinger som kunne knyttes til oktettregelen som forklaringsmodell, definerte Taber (1998) et alternativt rammeverk han kalte oktetttrammeverket. Noen år senere publiserte Taber en artikkel der han beskrev fire pedagogiske læringshindringer i undervisning av kjemiske bindinger som alle kunne knyttes til oktetttrammeverket (Taber, 2001, s. 144-149):

1. *En atomær ontologi*. Det første læringshinderet handler om at det i undervisningen fokuseres i overkant mye på enkeltatomer og hvordan disse reagerer og danner nye stoffer. Dette kan gjøre at elevene tror at reaktantene i kjemiske reaksjoner er enkle atomer og ikke befinner seg naturlig som for eksempel som molekyler eller salter. Vekt på enkeltatomer som utgangspunkt for alle kjemiske reaksjoner, kan bidra til at elevene blant annet ignorerer energien som kreves for å bryte bindingene innad i reaktantene. Videre kan et slikt fokus føre til at elevene vektlegger enkeltatomers elektronkonfigurasjoner og forklarer at fulle ytterskall er viktig for dannelsen av kjemiske bindinger.

2. *Overgeneralisering av oktettregelen*. Det andre læringshinderet baserer seg på at elevene bruker oktettregelen som en generell forklaring på hvorfor kjemiske bindinger dannes, istedenfor å bruke den som et verktøy for å identifisere noen stabile forbindelser. Oktettregelen

kan dermed gi elevene et feilaktig bilde av hvorfor kjemiske bindinger dannes, som videre kan føre til at alternative forestillinger oppstår.

3. *Dikotomisk klassifisering av bindinger.* Det tredje læringshinderet baserer seg på den tradisjonelle måten å undervise kjemiske bindinger på, der kovalente- og ionebindinger presenteres som to adskilte bindingstyper (Hurst, 2002). I tillegg refereres de to bindingstypene til som henholdsvis elektrondeling og elektronoverføring. Dette bidrar til et oktettrammeverk fordi fokuset ligger på hvordan forflyttingen av elektronene bidrar til bindingen. Dersom elevenes første tilnærming til kjemiske bindinger er at de enten er kovalente eller ioniske, kan dette gjøre det vanskelig å forstå de bindingstypene som introduseres på et senere tidspunkt.

4. *Bruk av antropomorfistisk språk.* Det fjerde og siste læringshinderet handler om hvordan lærere og lærebøker snakker om og presenterer bindingstypene. Bindinger forklares ofte ved at atomer «ønsker» og «vil ha» elektroner for å oppfylle oktetregelen. Dette kan føre til at elevene ikke ser en grunn til å utvikle mer vitenskapelige korrekte forklaringer, og dermed ikke utvikler forståelse av de fysikalske prinsippene som ligger til grunn for alle kjemiske bindinger. Likevel mener Taber at bruken av antropomorfistisk språk kan være nyttig i startfasen der elevene blir kjent med beskrivelsene på molekylært nivå. Når dette er kjent for elevene mener han at dette språket bør erstattes av et mer vitenskapelig språk der de fysiske kreftene vektlegges (Taber, 2001, s. 144-149).

Ofte kan kunnskap og forestillinger være så godt etablert at det er vanskelig å endre elevenes gamle kognitive skjemaer. Forskning viser at det å avlære et oktettrammeverk kan være en veldig treg prosess, og noen ganger helt umulig (Taber, 2003). Forskning viser også at flere år med universitetsutdanning der studenter introduseres for, anvender og blir testet i mer avanserte sofistikerte vitenskapelige modeller og prinsipper for bindingsfenomenet, ikke nødvendigvis overbeviser studentene om at det er upassende å forklare kjemiske bindinger med en drivkraft for atomer for å oppnå oktettt. Dette impliserer at alternative forestillinger som oktettrammeverket kan reproduseres nedover «generasjoner» (Taber & Tan, 2011).

Elever kan også ha en tendens til å behandle oktetregelen som en enkel prediktiv algoritme selv når denne tilnærmingen motsies i undervisningen (Tsaparlis et al., 2020). Joki og Aksela (2018) gjennomførte en longitudinell studie i Finland der de kartla elevens forståelse av kjemiske bindinger gjennom å intervjuer de samme elevene både etter ungdomsskolen og i løpet av deres første år på videregående skole. Resultatene viste at til tross for at elevene hadde dannet en riktig forståelse av den elektrostatiske interaksjonsmodellen allerede på ungdomsskolen,

utviklet de likevel alternative forestillinger når oktettregelen undervist til de samme elevene på videregående skole. Det kan ha sammenheng med resultatene til Coll & Treagust (2003) som viser også at elever foretrekker enkle elektrostatiske modeller basert på oktettregelen når mer komplekse modeller for kjemiske bindinger introduseres. Likevel mener Tsaparlis et al. (2020) at oktettregelen har sine fordeler. Selv om et overforbruk av oktettregelen der den brukes som en forklaring på hvorfor kjemiske bindinger dannes kan være et læringshinder, mener de at den fortsatt er gunstig for å forutsi stabile forbindelser.

Alternative forestillinger knyttet til ionebindinger

Det er også gjennomført flere studier som kartlegger elevers forståelse av ionebindinger. Resultater viser at flere elever tror at metaller og ikke-metaller danner molekyler. En vanlig alternativ forestilling er derfor at fast natriumklorid (NaCl (s)) omtales som molekyler. Butts og Smith (1987) gjennomførte en intervjustudie blant australske elever (17-18 år). Resultatene viste at 10 av 26 av elevene beskrev NaCl (s) som molekyler. Gjennom en todelt flervalgstest blant 15-16 åringer i Singapore, fant også Tan og Treagust (1999) at 80,4% av elevene hadde den alternative forestillingen om at et metall og et ikke-metall dannet molekyler.

Flere alternative forestillinger knyttet til ionebindinger ble funnet i en studie gjennomført av Taber (1997). Engelske elever ved et kjemikurs på A-levels (16-18 år) svarte på et spørreskjema der de krysset av sant eller usant på ulike påstander om ionebindinger. Samme spørreskjema ble gitt til tyrkiske (18-19 år) og greske (18-19 år) elever, der resultatene fra de tre landene ble sammenlignet (Taber et al., 2012). De greske og tyrkiske elevene tok enten et forkurs til universitetet eller gikk første året på universitetet. Resultatene viste at 61% av de engelske elevene, 78% av de greske, og 84% av de tyrkiske elevene trodde at ionebindinger dannes ved at et atom donerer elektroner til et annet atom slik at de begge oppfyller oktettregelen. Videre svarte 64% av de engelske, 76% av de greske og 80% av de tyrkiske elevene at et natriumatom bare kan danne én ionebinding fordi det bare har ett valenselektron. Dette kan indikere at flertallet av elevene tror NaCl (s) eksisterer som enkelte molekyler og ikke som salt i et tredimensjonalt gitter.

For å forklare engelskelevenes resultater, oppsummerte Taber (1997) funnene i en artikkel der han beskrev og sammenlignet resultatene med det vitenskapelig (elektrostatiske) rammeverket og det alternative (molekylære) rammeverket han selv definerte i en tidligere publikasjon (Taber, 1994). Det molekylære rammeverket baserer seg i hovedsak på følgende tre alternative forestillinger om ionebindinger: at de bare dannes der det har vært en elektronoverføring

mellom atomer, at elektrovalens (ladningen på ionene) bestemmer antall ionebindinger som dannes; og at ione-gitteret består av ioner som danner molekyler gjennom ionebindinger og deretter tiltrekkes andre molekyler med «bare krefter». Dette er en motsetning til det elektrostatiske (vitenskapelige) rammeverket der fokuset først og fremst ligger på at ionebindinger dannes mellom motsatt ladde nærliggende ioner i et gitter (Taber, 1994). Elever som vektlegger elektrostatiske tiltrekningskrefter og dermed bruker et elektrostatisk rammeverk, baserer forklaringene sine på elektrostatiske modeller.

Resultatene fra intervjustudien (Taber, 1994) og studien med spørreundersøkelsen (Taber, 1997) viste at elevene kunne gi motstridende svar, og dermed bruke begge de to rammeverkene samtidig. På den måten beveget elevene seg mellom flere ulike rammeverk, avhengig av hvilket spørsmål de ble stilt. Dersom elever med et molekylært rammeverk i tillegg trodde at ionebindinger og kjemiske bindinger generelt skjedde for at atomer ønsker eller trenger å oppnå fulle ytterskall, kunne de plasseres i det utvidede konseptuelle rammeverket, oktettrammeverket (Taber, 1998). Samtidig poengterte Taber (1994) at hver enkelt elev danner sitt eget unike konseptuelle rammeverk. De alternative rammeverkene er derfor bare modeller for å belyse likheter mellom elevenes forståelse.

Alternative forestillinger knyttet til energi i kjemiske bindinger

En annen utbredt alternativ forestilling er at elever tror det krever energi når bindinger dannes (Barker & Millar, 2000; Boo, 1998; Galley, 2004). Boo (1998) gjennomførte en studie blant 12. klasse elever (16-18 år) i Singapore, og rapporterte at 48% av elevene hadde en slik oppfatning av dannelse av bindinger. De rapporterte videre at mange av elevene så på kjemiske bindinger som en fysisk enhet. Dermed så det ut som at de knyttet dannelse av kjemiske bindinger til den hverdagslige forestillingen om at bygging av enhver struktur krever energitilførsel. Likevel virket det som at de forstod at den omvendte prosessen, å ødelegge en struktur, frigir energi. Forestillingen om at det krever energi å danne bindinger kan være et resultat av at elevene overfører hendelser i den makroskopiske verden til den mikroskopiske verden – siden det krever energi for å lage ting i den virkelige makroskopiske verden, kreves det derfor energi for å danne bindinger i den mikroskopiske verden også.

Teichert og Stacy (2002) har også gjennomført en studie blant førsteårsstudenter ved et Universitet i USA der de kartla studenters forståelse av energi i bindinger. Resultatene viste i likhet med Boo (1998) at studentene også her hadde alternative forestillinger om energi i bindinger og mente at det frigis energi når bindinger brytes. Forskjellen var at studentene hos

Teichert og Stacy (2002) hadde en tendens til å motsi seg selv, der de mente at det også kunne kreve energi å bryte en binding. Studentene kunne dermed argumentere for at det både krever og frigir energi når en binding brytes, avhengig av konteksten på spørsmålet som ble stilt.

2.2.2 Undervisning av kjemiske bindinger - Anbefalinger fra litteraturen

Det finnes som nevnt mye litteratur på elevers alternative forestillinger i temaet kjemiske bindinger. Litteraturen viser også til en rekke anbefalinger og implikasjoner for undervisningen av kjemiske bindinger. I dette underkapittelet vil jeg presentere noen av disse anbefalingene.

Undervisning basert på elektrostatiske krefter

Basert på utfordringene et oktettrammeverk kan bringe med seg, kommer Taber og Coll (2002) med en rekke anbefalinger til undervisning av kjemiske bindinger. Blant annet anbefaler de å vektlegge de fysiske prinsippene som kjemiske bindinger bygger på. De mener at et underliggende fysikalsk rammeverk basert på at elektrostatiske interaksjoner holder kjemiske systemer som molekyler og gitter sammen bør legges til grunn for all undervisning (Taber & Coll, 2002, s. 226-227). I en tidligere publikasjon anbefaler Taber (2001) i tillegg å ikke bruke oktettregelen eller referere unødig til enkeltatomer. I et forsøk på å øke elevenes forståelse på submikroskopisk nivå, der de unngår å vektlegge oktettregelen i forklaringen av kjemiske bindinger, anbefaler også Pazinato et al. (2020) en tilnærming som legger vekt på de elektrostatiske kreftene og Coulombs lov i undervisningen av kjemiske bindinger.

Uansett fag eller tema, spesielt på nybegynnernivå anbefales det å finne den enkleste passende forenklingen av temaet. Det blir viktig å balansere en redegjørelse som er enkel nok til at elevene forstår innholdet, men samtidig er vitenskapelig godkjent til å være en god første tilnærming (Taber, 2000). Selv om elektriske krefter ikke kan forklare alle aspekter ved kjemiske bindinger, danner de grunnlaget for en autentisk læringsmodell for å introdusere kjemiske bindinger. Taber & Coll (2002) mener derfor at å basere kjemiske bindinger på elektriske krefter vil være et optimalt nivå av forenkling, som også er med på å forberede elevene på mer avanserte og sofistikerte forklaringsmodeller basert på kvantemekanikk på universitetsnivå (Bergqvist, 2012, s. 45; Taber & Coll, 2002, s. 218).

Rekkefølge for introduksjon av bindingene

Lærere bruker lærebøker i stor grad når det kommer til blant annet innhold i undervisning, hvilke modeller som brukes og hvordan og hvilken rekkefølge pensum og bindingstypene skal presenteres (Bergqvist, 2012, s. 49; Bergqvist & Rundgren, 2017; Sikorova, 2012). Hurst

(2002) har undersøkt ti amerikanske lærebøker og fant ut at alle bøkene starter med å presentere de tre bindingstypene, kovalente-, ione- og metallbindinger, som tre ulike fenomen. Hvilken rekkefølge disse bindingene introduseres i blir ikke spesifisert. Deretter introduseres polaritet som en del av kovalente bindinger (Hurst, 2002). Bergqvist (2012) og Bergqvist og Rundgren (2017) har analysert svenske lærebøker i kjemi, samt intervjuet kjemilærere om hvordan de underviser temaet om kjemiske bindinger. Resultatene var at de fleste lærebøkene og kjemilærerne presenterte bindingstypene i følgende rekkefølge: ionebinding, kovalente bindinger, polarkovalente bindinger og metallbindinger. Aqua 1, som er den læreboken kjemiklassen jeg skal besøke benytter seg av, presenterer også bindingstypene i denne rekkefølgen (Steen et al., 2021, s. 62-78).

Kronik et al. (2008) stiller seg kritisk til å undervise kjemiske bindinger på den tradisjonelle måten der de ulike bindingstypene klassifiseres i fire hovedkategorier. Videre belyser de to hovedproblem med denne undervisningspraksisen. For det første mener de at det å presentere bindingene som fire ulike fenomen ikke vil gi en dyp forståelse av kjemiske bindinger. Det kan i stedet hindre elevene i å forstå at det er de samme underliggende prinsippene som ligger til grunn for alle typer bindinger. For det andre kan en tydelig vektlegging av de fire «ideale» bindingene være misledende og hindre en videre læringsprosess.

Også Dhindsa og Treagust (2014) stiller seg kritiske til måten kjemiske bindinger tradisjonelt undervises på. Deres kritikk baserer seg ikke på at bindingstypene presenteres hver for seg, men heller rekkefølgen de introduseres i. De mener at et den tradisjonelle rekkefølgen å undervise temaet på bidrar til at elevene lærer at alle bindingstypene er uavhengige av hverandre og at de ikke dermed ikke ser sammenhengen mellom dem. Gjennom en teoribasert artikkel med utgangspunkt i blant annet tidligere empiriske undersøkelser av temaet kjemiske bindinger samt artikler knyttet til generell kjemiundervisning, kommer de med et forslag til en rekkefølge for introduksjon av de ulike bindingstypene. Forslaget baserer seg på å undervise kjemiske bindinger i tre steg:

I det første steget presenteres et kontinuerlig spekter av bindingene der kovalente bindinger presenteres først, etterfulgt av polarkovalente- og ionebindinger. Begrunnelsen for denne rekkefølgen baseres på konstruktivistisk læringsteori og at kunnskapen skal undervises med økende vanskelighetsgrad. Forfatterne mener forbindelser der et atom danner flere bindinger til flere atomer er vanskeligere for elever å forstå enn forbindelser der det bare dannes én binding. På grunn av dette mener de at overgangen fra ionebindinger til polarkovalente

bindinger til kovalente bindinger til slutt vil være vanskeligere for elevene enn motsatt. En naturlig rekkefølge mener de derfor vil være å starte med kovalente bindinger da det er et enkelt fenomen hvor diatomiske molekyler som H_2 og O_2 kan brukes som eksempler. Med utgangspunkt i dette kan lærere introdusere elektronegativitet og utvide til polarkovalente bindinger, før ionebindinger undervises til slutt. I neste steg introduseres metall- og ionestrukturer, før intermolekylære bindinger presenteres til slutt (Dhindsa & Treagust, 2014).

Det rapporteres at etter at elever lærer om molekyler, har de en tendens til å tro at alle kjemiske strukturer er molekyler (Taber & Coll, 2002, s. 228). Som nevnt viser også flere forskningsartikler til alternative forestillinger knyttet til at elever tror ionebindinger og metallbindinger danner enkle molekyler (Taber & Coll, 2002; Vrabc & Prokša, 2016; Özmen, 2004). For å prøve å unngå disse problemene, i tillegg til et forsøk på å unngå de fire pedagogiske hindringene, presenterer Taber (2001) et forslag for undervisning av kjemiske bindinger. Dette forslaget handler blant annet om å undervise metallbindinger og ionebindinger først, før kovalente gitter og kovalente bindinger som danner enkle molekyl til slutt. Dette er en annen rekkefølge enn den Dhindsa og Treagust (2014) anbefaler. Ved å introdusere metall- og ionestrukturer først, mener Taber (2001) at elevene får se og lære om kjemiske strukturer som ikke er molekyler. Videre vil kovalente gitterstrukturer som grafitt og diamant introduseres da de har liknende strukturer til krystallstrukturene i metall- og ioniske forbindelser (Taber, 2001).

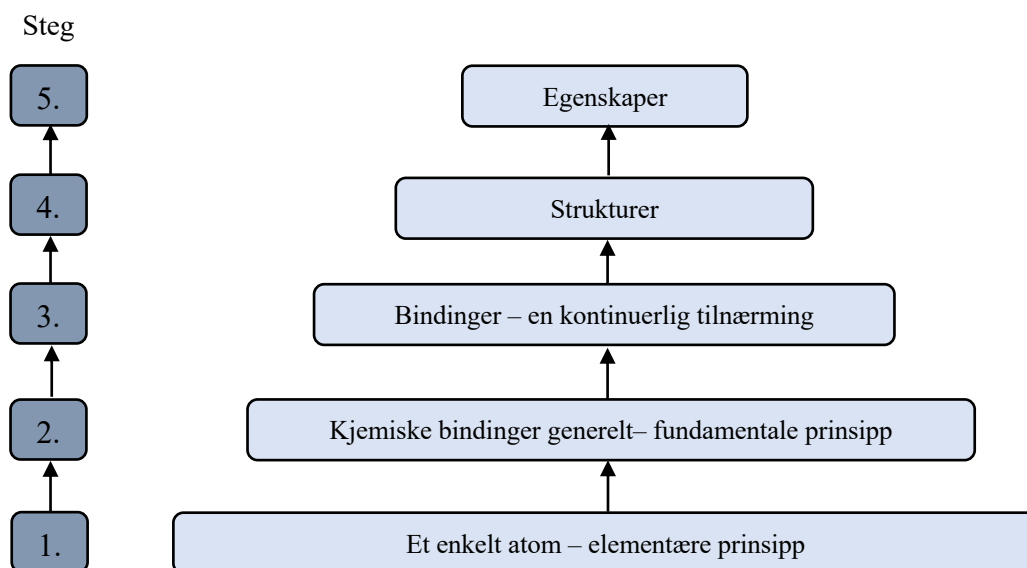
Hverken Dhindsa og Treagust (2014) eller Taber (2001) har gjennomført empiriske undersøkelser som støtter opp om og begrunner deres anbefalte rekkefølge. I senere tid har det derimot blitt utprøvd et undervisningsopplegg med utgangspunkt i Taber (2001) sitt undervisningsforslag. Lee og Cheng (2014) utformet og gjennomførte et undervisningsopplegg i 8 uker for 15-16 åringer i Hong Kong. Bindingene ble etter anbefaling av Taber (2001) introdusert i følgende rekkefølge: Metallstrukturer, ionestrukturer, kovalente gitter, enkle molekyler og intermolekylære krefter. Alle temaene startet med egenskaper til stoffene på makronivå før strukturer på mikronivå og elektrostatiske interaksjoner ble introdusert for å forklare egenskapene.

Studien viste på en side at undervisningsmetoden, og dermed Taber (2001) sin rekkefølge for bindinger var nyttig for at elevene utviklet en forståelse av kjemiske bindinger som elektrostatiske interaksjoner mellom kjemiske atomer, ioner eller molekyler, istedenfor å vektlegge overføringer og deling av elektroner. På en annen side er det ikke sikkert at det var

rekkefølgen som var avgjørende for elevenes forståelse, men kanskje vel så mye på hvordan de ulike bindingene ble presentert gjennom å først diskutere ulike stoffers egenskaper.

Selv om funnene fra Lee og Cheng (2014) sin studie viste at læring av grunnleggende Coulombiske elektrostatiske prinsipp var uproblematisk, var det ikke alltid elevene klarte å bruke disse prinsippene til å forstå kjemiske bindinger. Dette var spesielt tydelig hos lavtpresterende elever. Hvordan oktettregelen var vektlagt i læreplanen og ved eksamen kan ha styrt elevenes læringsfokus på kovalente bindinger fra et elektrostatiske rammeverk mot et oktettammeverk. Det stilles videre spørsmål om det er nødvendig å diskutere hvordan molekyler og større gitterstrukturer dannes, da dette fokuserer på enkeltatomer. Lee og Cheng (2014) foreslår heller en tilnærming der diskusjoner rundt hvordan karbonatomer kan gi diamanter unngås. De anbefaler heller å legge vekt på egenskapene som kjennetegner de ulike bindingstypene i tillegg til de elektrostatiske kreftene i strukturene. Til slutt kan stabiliteten av strukturene kommenteres gjennom oktettregelen.

For å unngå problemene der elevene verken ser sammenhengen mellom de ulike bindingstypene, eller ser at de samme grunnleggende elektrostatiske prinsippene ligger til grunn for alle bindingene, så Kronik et al. (2008) nødvendigheten av å utforme et nytt undervisningsforslag for kjemiske bindinger. I stedet for å følge tradisjonell undervisning av kjemiske bindinger, baserer det nye undervisningsrammeverket, *A New Bottom-Up*, seg på en «nedenfra og opp»-tilnærming med grunnlag i de grunnleggende fysikalske og elektrostatiske prinsippene. Det nye rammeverket struktureres i fem steg (Figur 3). Steg 1 handler om fremtredende egenskaper til isolerte atomer der grunnleggende begrep som blant annet valenselektroner introduseres. Deretter legges det til rette for diskusjoner rundt generelle prinsipper for kjemiske bindinger i steg 2, der det fokuseres på energien og de elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningskreftenes rolle i kjemiske bindinger. I steg 3 brukes de generelle prinsippene fra steg 2 til å presentere de tradisjonelle bindingene i en kontinuerlig skala mellom bindingstypenes ytterpunkter. Videre vil de ulike strukturene til de ulike bindingstypene bli forklart i steg 4 før egenskapene til slutt diskuteres i steg 5.



Figur 3: En skjematisk illustrasjon av de fem stegene i rammeverket, A New Bottom-Up. Figuren er hentet og oversatt fra Kronik et al. (2008).

Gjennom en slik tilnærming mener Kronik et al. (2008) at elevene vil kunne få et mer helhetlig bilde av kjemiske bindinger enn dersom bindingstypene hadde blitt presentert hver for seg. I tillegg kan denne tilnærmingen gi elevene en dypere forståelse av de grunnleggende prinsippene som ligger til grunn for alle kjemiske bindinger. På en side vil en slik tilnærming, og da spesielt det første steget, vektlegge enkeltatomer. En unødig vekt på en atomær ontologi er som nevnt et av Taber (2001) sine fire læringshinder. På en annen side har foreløpige innspill fra lærere og elever vært positive i de ti klassene der rammeverket har blitt gjennomført. Likevel trengs det mer forskning, spesielt på resultater og læringsutbytte knyttet til Kronik et al. (2008) sitt nye undervisningsrammeverk, for å se om denne tilnærmingen til undervisning er mer effektiv enn andre alternative undervisningsopplegg.

Andre implikasjoner for undervisning av kjemiske bindinger

Med bakgrunn i at elever kan tro det krever energi å danne kjemiske bindinger, foreslår Pazinato et al. (2020) at lærere bør bruke de termodynamiske aspektene ved bindingsdannelse for å forklare stoffers stabilitet. Videre anbefaler de å vise at kjemiske bindinger er en eksoterm prosess og at stoffer er mer stabile fordi de har mindre energi enn isolerte atomer og ioner. Dette var også en anbefaling Barker og Millar (2000) kom med, og noe som ble vektlagt i steg 2 av Kronik et al. (2008) sin undervisningsmodell. Samtidig viser resultatene til Teichert og Stacy (2002) at studenter tror det både kan friggi og kreve energi å bryte en binding, avhengig av konteksten på spørsmålet. Det anbefales derfor å tydelig skille mellom nettoenergien i totalreaksjonen og energien i de to isolerte prosessene der kjemiske bindinger brytes og dannes.

Forenkling av modeller

Det vil alltid være et kompromiss mellom dybden og omfanget av innholdet det ønskes å dekke, og hva elevene er i stand til å forstå. Lærerens oppgave er blant annet å tolke læreplaninnholdet for elevene, velge ut hva som er viktig og hvor mye man skal gå i dybden på det. I naturfagundervisning anbefales det derfor at lærere ikke bare introdusere begreper og fenomener på autentiske måter, men at de også gjør disse begrepene og fenomenene relevante og lett forståelig for elevene (Tsaparlis et al., 2020).

Det diskuteres også gjennomgående i litteraturen av kjemiske bindinger hvilke modeller man skal bruke i undervisningen, i hvilken grad man skal forenkle modellene eller når man bør introdusere mer avanserte og sofistikerte forklaringsfenomener som orbitaler og enklere kvantemekaniske prinsipper. Her er forskere delvis splittet. Blant annet mener Tsaparlis et al. (2020) det er viktig at elevene er kjente med de matematiske og fysikalske teoriene og reglene assosiert med bindingsfenomenet, som orbitaler, elektronegativitet, elektronpar-repulsjon, polaritet og Coulombs lov. Videre mener de at molekylgeometri bestemt av VSEPR-modellen bør introduseres på videregående nivå, men de moderne kvantemekaniske modellene bør vente til universitetet.

Også den amerikanske kjemikeren Linus Pauling hadde meninger om hvordan kjemi og kjemiske bindinger skulle undervises. I 1954 fikk han nobelprisen i kjemi for sin forskning på nettopp kjemiske bindinger. Han regnes spesielt som en pioner for å introdusere og anvende kvantemekanikk i kjemi. Gjennom bøkene «The nature of the chemical bond» (1939), og «General chemistry (1947) bidro han til å reformere kjemiundervisningen i flere land. Sentralt hos Pauling var at teoretiske prinsipper og fenomener skulle presenteres på en enkel måte, og på den måten bidra til forståelse fremfor pugging (Lykknes & Gusland, 2015, s. 375-376). Pauling (1992) mente videre at nybegynnerkurs i kjemi kun burde inneholde de enkle aspektene ved molekylære strukturer å se strukturen i sammenheng med stoffenes egenskaper. Aspektene han mente burde vektlegges var blant annet atomers edelgasstruktur og elektronegativitet. Mer abstrakte forklaringsmodeller med utgangspunkt i for eksempel molekylorbitaler, mente han burde utelukkes til et senere nivå i utdanning (Pauling, 1992). Hvilke forenklinger og modeller undervisningsopplegget i denne studien tar utgangspunkt i vil bli beskrevet i kapittel 4.

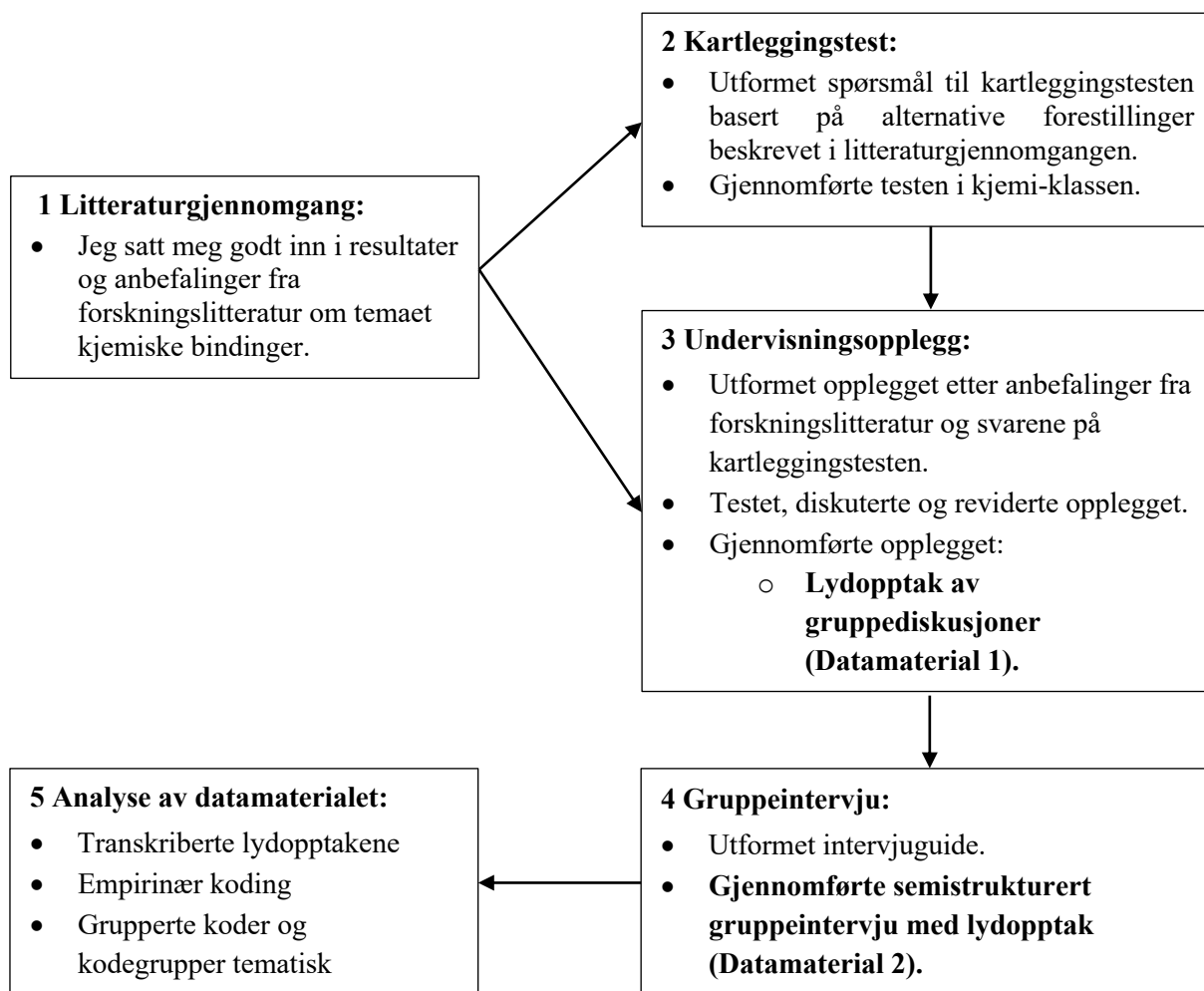
3 Metode

I dette kapitlet vil studiens forskningsdesign, samt de ulike metodene for innsamling og analyse som er brukt for å besvare studiens problemstilling og forskningsspørsmål bli presentert. I tillegg vil etiske betraktninger bli beskrevet. Studiens kvalitet har ikke et eget delkapittel, men vil bli diskutert underveis i kapitlet gjennom begrepene validitet og reliabilitet. Validitet sier noe om hvor egnet metoden er til å undersøke det den skal (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 276), og handler om studiens troverdighet (Robson & McCartan, 2016, s. 169). Reliabiliteten sier noe om hvor pålitelig studien er, og refererer til repliserbarhet (Thagaard, 2013, s. 193-194). Gjennom å være transparent gjennom hele metodekapitlet og begrunne og forklare alle valg jeg har tatt underveis i studien, har jeg forsøkt å øke reliabiliteten (Ibid., s. 202).

3.1 Forskningsdesign og utvalg

3.1.1 Studiens forskningsdesign

Problemstillingen og forskningsspørsmålene jeg ønsker å besvare i denne masteroppgaven baserer seg på elevers forståelse og forklaring av utvalgte aspekt ved temaet kjemiske bindinger. For å svare på disse spørsmålene delte jeg studiens design inn i fem hovedsteg, som er vist i flytskjemaet i figur 4. I det første steget startet jeg med å lese forskningsartikler om undervisning av kjemiske bindinger. Jeg satte meg godt inn i alternative forestillinger og anbefalinger til undervisning av temaet. Det jeg anså som relevant for å svare på problemstillingen i denne studien ble tatt med i en litteraturgjennomgang (Kapittel 2.2). I neste steg utformet jeg spørsmål til kartleggingstesten basert på alternative forestillinger beskrevet i forskningslitteraturen, og gjennomførte testen i kjemiklassen jeg besøkte. Tredje steg bestod i første omgang av å utforme et undervisningsopplegg basert på anbefalinger beskrevet i litteraturen og resultatene av kartleggingstesten. Deretter ble opplegget diskutert med veileder, medveileder og medstudenter, testet på en kjemi 2-elev og revidert før undervisningen ble gjennomført. Det ble tatt lydopptak av noen gruppediskusjoner underveis i undervisningsøkten (datamaterial 1), samt et gruppeintervju i etterkant av undervisningsøkten (datamaterial 2). Til sammen utgjorde disse to det totale datamaterialet for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Til slutt ble datamaterialet analysert. De fem stegene vil bli ytterligere beskrevet senere i kapitlet.



Figur 4: Flytskjema med beskrivelse av studiens fem hoveddeler.

3.1.2 Kvalitativ metode

For å få innsikt i elevenes forståelse, tanker og forklaringer av kjemiske bindinger var det ønskelig å benytte både intervju og lydopptak fra gruppediskusjoner som primært datamateriale. Ved å bruke to metoder for datainnsamling, benyttet jeg meg av det Robson og McCartan (2016, s. 171) kaller datatriangulering. Økt validitet kan oppnås ved at metodene kan utfylle hverandre og bidra til å sikre og bekrefte informasjonen som ble gitt i intervjuet. Jeg valgte å gjennomføre intervju fordi det egner seg godt til å få innblikk i informantenes tanker, erfaringer og opplevelser (Halkier, 2012, s. 20; Kvale & Brinkmann, 2015, s. 20).

Med lydopptak av gruppediskusjoner og intervju som datamateriale, har studien en kvalitativ tilnærming. I kvalitativ forskning er målet å belyse menneskelige opplevelser, erfaringer og det sosiale livet, der man søker forståelse for hvordan mennesker tenker, føler, lærer og utvikler seg (Halkier, 2012, s. 12). Videre har studien både trekk av fenomenologiske -og casestudier. Studien bærer trekk av en fenomenologisk studie ved at målet med studien er å søke nøyaktige

beskrivelser og erfaringer av hvordan fenomenet knyttet til elevers forståelse av temaet kjemiske bindinger oppleves fra et førstepersonsperspektiv, altså gjennom intervju av noen elever (Halkier, 2012, s. 20; Postholm, 2010, s. 41). Det er mulig å gjennomføre fenomenologiske studier både gjennom et sosialperspektiv, der det forskes på hvordan grupper av individer forstår fenomenet i en sosial sammenheng, og et psykologisk, individuelt perspektiv (Postholm, 2010, s. 41). Siden jeg i denne studien studerer enkeltelevers forståelse, men gjennomfører gruppeintervju og tar lydopptak av gruppediskusjoner, kan studien likevel ikke fullstendig gå under kategorien fenomenologisk studie.

Studien har også trekk av en casestudie eller kasusstudie som det også kan kalles, ved at jeg har samlet empiriske data gjennom både intervju og lydopptak av gruppediskusjoner. I tillegg forskes det på et spesifikt tilfelle eller fenomen – en *case* (Robson & McCartan, 2016, s. 150). Det spesifikke tilfellet er hvordan elevene i den utvalgte kjemiklassen forstår utvalgte aspekt ved kjemiske bindinger gjennom gruppediskusjoner i et undervisningsopplegg og et intervju i etterkant. Et kjennetegn på casestudier er at studien er steds -og tidsbestemt, og dermed foregår over en lenger tidsperiode (Postholm, 2010, s. 50). Siden jeg i denne studien bare gjennomførte et undervisningsopplegg over en dobbeltime, tilfredsstiller studien heller ikke alle aspektene ved en casestudie.

Designet på studien kategoriseres som fleksibelt som vil si at det gis rom for endringer underveis (Robson & McCartan, 2016, s. 73). Det var ønskelig med et fleksibelt design da studien baserte seg på utarbeidelse og gjennomføring av et undervisningsopplegg med utgangspunkt i resultatene fra en kartleggingstest. Til tross for at kvalitative studier ikke har en bestemt fremgangsmåte vektlegger Postholm (2010) viktigheten av at forskeren fra start har et overordnet mål på hva og hvilke settinger som ønskes å undersøkes (s. 40). Studiens formål var fra begynnelsen av å kartlegge elevers forståelse av kjemiske bindinger, men hvilke aspekt ved kjemiske bindinger undervisningsopplegget skulle ta for seg ble ikke avklart før resultatene av kartleggingstesten ble analysert. Nøyaktig formulering av problemstilling og forskningsspørsmål ble derfor revidert og endret underveis, noe et fleksibelt design tillater. I tillegg vil fleksible design gi rom for andre endringer, som for eksempel at antall gruppeintervju ble endret fra to til ett på grunn av sykdom blant informantene.

3.1.3 Utvalg

For å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene, besøkte jeg en kjemi 1-klasse ved en stor videregående skole i Midt-Norge. Kjemiklassen ble valgt ut fra eget kontaktnett. Jeg tok kontakt med en kjemilærer jeg visste underviste kjemi 1 denne våren, og som jeg visste var positiv til samarbeid med masterstudenter. Kjemiklassen bestod av totalt 16 elever. Jeg hadde vært vikar i klassen ved tidligere anledninger, så jeg hadde en relasjon til elevene fra før. Dette kan både ha styrket og svekket forskningens validitet. Nilssen (2012, s. 30) mener det er viktig å skape en tillitsfull og respektfull atmosfære for at informantene skal åpne seg. For å oppnå dette kreves det at forskeren har evner til å etablere kontakt, skape tillit og gode relasjoner med informantene.

Siden jeg allerede hadde en relasjon med elevene kan validiteten ha blitt styrket ved at elevene var trygge på meg og dermed turte å dele tanker og erfaringer både i undervisningen og under intervjuet. Samtidig kan en slik relasjon gjøre at elevene svarte det de trodde jeg ønsket å høre. Dette gjaldt spesielt i intervjusituasjonen, da noen spørsmål baserte seg på elevenes erfaringer og opplevelser av de ulike aktivitetene i undervisningen. Før intervjuet spesifiserte jeg derfor at jeg kun ønsket deres ærlige meninger. Det kan likevel tenkes at noen av svarene var farget av at det var jeg som stilte spørsmålet og på den måten være med på å svekke studiens validitet. Samtidig ble ikke elevenes erfaringer med opplegget tillagt veldig stor vekt verken i intervjuet eller studien.

3.2 Litteraturgjennomgang

Første steg i studiens forløp (Figur 4) var å utforme en litteraturgjennomgang (se kapittel 2.2). Jeg startet prosessen ved å sette meg godt inn i forskningslitteratur om alternative forestillinger og undervisning av kjemiske bindinger ved å skrive utfyllende og gode notater til hver artikkel. Artiklene fant jeg blant annet ved å søke på Google Scholar og gjennom henvisninger og referanser fra forskningsartiklene fra Google Scholar. I tillegg til dette fikk jeg en mappe med artikler om kjemiske bindinger av veileder. Annen relevant litteratur for studien, spesielt litteraturen på modeller, fant jeg også gjennom Google Scholar, referanser i forskningslitteraturen og dens teoridel eller i bøker anbefalt av veileder.

Før jeg begynte å sette sammen notatene til forskningslitteraturen og dermed skrive den endelige litteraturgjennomgangen som er presentert i delkapittel 2.2, utformet og gjennomførte jeg en kartleggingstest (se delkapittel 3.3). Litteraturutvalget jeg endte opp med baserte seg

derfor i hovedsak på alternative forestillinger og anbefalinger knyttet til undervisning av kjemiske bindinger generelt og til de to temaene energi i bindinger og ionebindinger spesielt. Dette var temaene undervisningsopplegget, problemstillingen og forskningsspørsmålene tok opp. Jeg startet litteraturgjennomgangen med en oppsummering av alternative forestillinger knyttet til kjemiske bindinger og de to nevnte temaene. Videre presenterte jeg anbefalinger for undervisning av kjemiske bindinger der jeg sammenlignet og satte de ulike anbefalingene opp mot hverandre for å finne ut hva jeg ønsket å vektlegge i min studie. Litteraturgjennomgangen ble til slutt diskutert med veileder flere ganger.

3.3 Utarbeidelse og beskrivelse av kartleggingstest

Etter at jeg hadde satt meg godt inn i forskningslitteratur om kjemiske bindinger var neste steg å utforme kartleggingstesten. Før lærere skal undervise om et tema anbefales det at de har satt seg inn i litteraturen og sett på hvilke forkunnskaper og alternative forestillinger elever kan ta med seg til klasserommet, og hvilke metoder som er best for å korrigere disse (Barke et al., 2009; Özmen, 2004). Til tross for at det er publisert mange forskningsartikler der det har blitt identifisert vanlige alternative forestillinger i nesten alle temaene innenfor kjemi, mener Gabel (1999) at sannsynligvis ni av ti lærere ikke klar over disse alternative forestillingene eller vet hvordan de kan inkorporere dem i undervisningen for å motvirke dem. Gilbert et al. (2004) foreslår at både før- og etterutdanning av kjemilærere hjelper kjemilærere å øke sin bevissthet rundt hvilke diagnostiske metoder som finnes og hvordan de kan bruke disse til å lage egne diagnostiske tester til sine klasser.

Intervju som diagnostisk metode regnes både som tidkrevende i tillegg til at det krever trening. Treagust (1988) anbefaler derfor å gjennomføre flervalgstester som er utformet spesifikt for å identifisere alternative forestillinger. Jeg valgte derfor å gjennomføre en kartleggingstest for å få et innblikk i hvilken forståelse kjemi 1-elevene som deltok i denne studien hadde om temaet kjemiske bindinger. Det var også ønskelig å identifisere eventuelle alternative forestillinger elevene hadde. Testen ble gjennomført litt over to uker i forkant av selve undervisningsopplegget. Svarene fra kartleggingstesten dannet grunnlaget for hva undervisningen skulle handle om og på hvilket nivå opplegget skulle legges på.

Sett ut fra et konstruktivistisk læringsperspektiv der elevene bygger ny kunnskap på det de allerede vet (Sjøberg, 2009, s. 3), er poenget med kartleggingstestene å finne ut hvilken kunnskap elevene sitter med. Videre kan læreren ta utgangspunkt i resultatene i planleggingen av undervisningen. Dette har store fellestrekk med vurdering for læring. Vurdering for læring

sees ofte i sammenheng med uformelle vurderingssituasjoner i klasserommet (Black & Wiliam, 1998). Dersom kartleggingstestene brukes for å legge til rette for videre og dypere læring, kan testene brukes som uformelle underveivurderinger der læreren får et innblikk i elevenes kompetanse. Videre kan læreren bruke disse uformelle vurderingssituasjonene til å blant annet fremme læring, øke kompetansen i faget og tilpasse opplæringen til elevenes forutsetninger og nivå slik lærere er pålagt gjennom forskriften til opplæringslova (2006, §3-10).

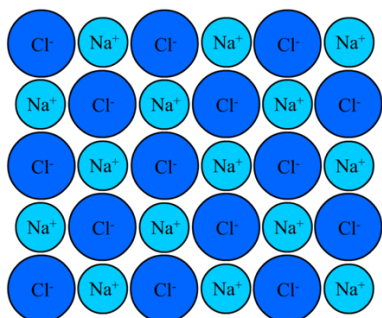
Som nevnt kan elevene enten komme til kjemiundervisning med en egen forståelse av fenomener og begreper som avviker fra de aksepterte naturvitenskapelige forklaringene, eller at de har dannet seg alternative forestillinger basert på tidligere undervisning (Barke et al., 2009, s. 21-25) I utformingen av kartleggingstesten ble det derfor tatt utgangspunkt i vanlige alternative forestillinger som forskning har identifisert hos elever. Deretter kunne jeg finne ut om elevene i kjemiklassen jeg skulle gjennomføre undervisningsopplegget i hadde noen av de samme oppfatningene som elevene i studiene fra andre land.

Det var totalt 13 elever (6 gutter og 7 jenter) som samtykket til deltakelse på kartleggingstesten. Testen hadde et tidsomfang på ca. 20 minutter, og bestod av åtte spørsmål fordelt på seks temaer: kjemiske bindinger generelt, ionebindinger, kovalente bindinger, intermolekylære bindinger og energi i bindinger. Spørsmålene bestod av en blanding av åpne spørsmål, flervalgsoppgaver og avkrysning (sant/usant) med begrunnelse. Før gjennomføringen hadde kartleggingstesten blitt diskutert og revidert gjentatte ganger sammen med veileder og medveileder, og testen hadde blitt testet på fire medstudenter. Tabell 1 viser en oversikt over spørsmålene som ble stilt i testen med tilhørende begrunnelse og forklaring for hvorfor de valgte spørsmålene og eventuelle svaralternativene ble valgt og formulert på akkurat den måten.

Tabell 1: Oversikt over spørsmålene stilt i kartleggingstesten med tilhørende begrunnelse fra litteratur.

Spørsmål	Begrunnelse
1. Hva legger du i begrepet «kjemisk binding»?	<p><i>Kjemiske bindinger generelt</i></p> <p>Spørsmål 1 og 2 ble i hovedsak stilt for å få et innblikk i hva elevene kunne om kjemiske bindinger og hvilket rammeverk de brukte for å forklare begrepet. Baserte de svarene sine på et oktetterrammeverk, eller brukte de</p>
2. Gi en forklaring på hvordan kjemiske bindinger dannes.	

elektrostatisk modell som Coulombs lov.



Figuren er hentet med lisens fra Public Domain og er laget av Eyal Bairey. Hentet 14.02.22 fra

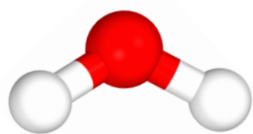
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NaCl_crystal_structure.png

3. Vurder påstandene og kryss av sant eller usant. Gi også en begrunnelse for hvert av de to svarene.
- Natrium kan bare danne én ionebinding (sant / usant).
 - Mellom alle natriumklorid-molekylene i figuren over er det svake krefter som holder molekylene sammen i et tredimensjonalt gitter (sant / usant).

Ionebindinger og saltkrystaller

Resultater gitt av Tan og Treagust (2014), Taber (1998) og Taber et al. (2012) viser at elever tror NaCl (s) opptrer som enkle molekyler. Både påstand a) og b) kunne vise om elevene hadde den oppfatningen. Begge påstandene er inspirert av spørreskjemaet Taber et al. (2012) brukte i sin studie. Påstand a) ville også vise om elevene hadde den alternative forestillingen om at antall valenselektroner bestemmer hvor mange bindinger som kan dannes. Påstand b) ble gitt for å dekke den alternative forestillingen om at molekyler av NaCl bindes sammen av svake krefter. Jeg valgte å be elevene om å begrunne svarene sine for å i tillegg se om elevene bruker et oktett-, molekylært- eller elektrostatisk rammeverk for å forklare ionebindinger

4. Figuren viser et vannmolekyl. Beskriv bindingen mellom O og H. Hva er det som holder atomene i molekylet sammen?



Figuren er hentet med lisens fra Creative Commons og er laget av Minestrone_Soup. Jeg beskjerter bildet til å bare være et vannmolekyl. Hentet 14.02.22 fra

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bronsted_lowry_3d_diagram.png

Kovalente bindinger

Jeg valgte også å vise en figur av et vannmolekyl da jeg i spørsmålet ønsket å få et innblikk i elevenes forståelse av polarkovalente bindinger, og ikke om de visste hvordan et vannmolekyl så ut. I tillegg ønsket jeg å finne ut om de trodde det var elektronparet som dannet kjemiske bindinger (Robinson, 1998; Vrabc & Proksa, 2016), og ikke tiltrekkingen mellom motsatte ladde partikler. Jeg ønsket også å se om elevene brukte et oktett-rammeverk for å forklare kovalente bindinger, altså om de vektla elektrondeling.

<p>5. Vann (H₂O) og hydrogensulfid (H₂S) har både en liknende kjemisk formel og en V-formet struktur. Vann har kokepunkt på 100°C, mens hydrogensulfid har kokepunkt på -60°C. Forskjellen i kokepunkt skyldes at:</p> <p>I: De kovalente bindingene mellom O—H er sterkere enn bindingene mellom S—H. II: De kovalente bindingene mellom S—H er sterkere enn bindingene mellom O—H. III: Bindingene mellom vannmolekylene er sterkere enn bindingene mellom hydrogensulfidmolekylene. IV: Bindingene mellom hydrogensulfidmolekylene er sterkere enn bindingene mellom vannmolekylene.</p>	<p><u>Intermolekylære krefter</u></p> <p>Forskning viser at noen elever tror at det er de intramolekylære (kovalente) bindingene som brytes når et stoff fordampes (Barker & Millar, 2000; Tan & Treagust, 1999). Distraktor I og II ble gitt for å se om elevene hadde denne oppfatningen.</p> <p>Med distraktor IV ønsker jeg å se om elevene så sammenhengen mellom bindinger mellom molekyler og kokepunkt.</p>
<p>6. Å danne en kjemisk binding er en:</p> <p>I: Endoterm reaksjon II: Eksoterm reaksjon</p> <p>7. Forklaring:</p> <p>a) Det krever energi for å danne en binding. b) Det frigis energi for å danne en binding.</p>	<p><u>Energi i bindinger</u></p> <p>Distraktor I og a) er valgt for å se om elevene hadde den alternative forestillingen om at det krever energi i den isolerte prosessen med å danne bindinger (Barker & Millar, 2000; Boo, 1998; Galley, 2004).</p>
<p>8. Er det noe innenfor temaet «kjemisk binding» som du synes er vanskelig eller noe du skulle ønske du hadde fått mer undervisning i?</p>	<p><u>Deres tilbakemeldinger/utfordringer</u></p> <p>Dette spørsmålet ble gitt slik at elevene kunne kommentere det de synes var vanskelig innenfor temaet, og på den måten fikk muligheten til å påvirke hva jeg skulle legge vekt på i undervisningsopplegget.</p>

3.4 Utvikling og gjennomføring av undervisningsopplegget

Tredje steg i studiens design var å utforme og gjennomføre et undervisningsopplegg. Basert på resultatene fra kartleggingstesten tok opplegget for seg temaene energi i bindinger og ionebindinger. En oppsummering av resultatene fra kartleggingstesten, sammen med elevenes forutsetninger og tidligere møte med temaet kjemiske bindinger er beskrevet i kapittel 4.

Undervisningsopplegget baserte seg som tidligere nevnt også på anbefalinger fra forskningslitteraturen presentert i litteraturgjennomgangen (Kapittel 2.2). Opplegget vektla

derfor de elektrostatiske kreftene, fremfor å fokusere på oktettregelen. I tillegg ble det lagt til rette for variasjon i undervisningen, hvor fokuset lå på å gi elevene flere representasjonsformer for samme fenomen. Undervisningsopplegget hadde derfor fire hovedaktiviteter; to refleksjonsoppgaver, et praktisk forsøk på lab og diskusjon rundt en grubletegning. Opplegget ble både revidert i flere omganger med veileder og medveileder, i tillegg til at det ble gjennomført på en kjemi 2-elev ved en annen skole i forkant av gjennomføringen.

Det ble som nevnt også tatt lydopptak av noen gruppediskusjoner i løpet av de fire aktivitetene. En videre beskrivelse av datainnsamlingen fra undervisningsopplegget er gitt i neste delkapittel. I kapittel 4 vil jeg komme med en mer detaljert beskrivelse av undervisningsopplegget, hvor jeg begrunner og forklarer alle valg som ble tatt i utformingen av opplegget.

3.5 Datainnsamling

Datamateriale i denne studien består som nevnt av lydopptak fra fire gruppediskusjoner underveis i undervisningsopplegget, samt et gruppeintervju i etterkant av opplegget. I dette delkapittelet vil innsamlingen av datamateriale som er brukt for å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene bli ytterligere beskrevet.

3.5.1 Gruppeinndelinger og lydopptak av gruppediskusjoner

Både lydopptak av gruppediskusjonene og gruppeintervjuet krevde deltakelse og samtykke fra kjemielevne. Samtykke ble samlet inn i forkant av undervisningsøkten. Det var totalt åtte elever (seks gutter og to jenter) fra klassen som samtykket til at gruppediskusjonene ble tatt opp på en lydopptaker, og fire elever (fire gutter) som samtykket til å delta på gruppeintervjuet i etterkant av undervisningen. For at elevene skulle føle seg trygge og komfortable til å delta i diskusjonene, ble gruppeinndelingene både i undervisningen og i gruppeintervjuet utformet i samarbeid med klassens faglærer. De åtte elevene som samtykket til lydopptak av gruppediskusjonene underveis i undervisningsopplegget ble fordelt tre grupper. Gruppene er gitt i tabell 2, der alle elevene er anonymisert og har fått fiktive navn. Elevene som også deltok i gruppeintervjuet, er vist med uthevet skrift.

Undervisningsopplegget ble gjennomført som vanlig undervisning. For å ta hensyn til personvernet til de elevene som ikke ønsket at gruppediskusjonene skulle bli tatt opp, ble de tre lydopptakerne plassert direkte på hver av de tre gruppene som deltok i datainnsamlingen. I tillegg ble gruppene med lydopptak plassert i én ende av klasserommet mens gruppene uten lydopptaker ble plassert i den andre enden. Lydopptakerne ble skrudd på under

gruppediskusjonene, og var avslått ellers. Dette var for at alle elevene skulle føle seg trygge på at deres stemme ikke ble fanget opp av lydopptakerne under helklassediskusjonene.

Det var ønskelig at elevene i samme gruppeintervju ikke hadde vært på samme gruppe i undervisningen. Dette var for å få flere perspektiv på elevenes opplevelse av de ulike aktivitetene og deres egne refleksjoner rundt spørsmålene som ble stilt i forbindelse med undervisningsopplegget. Også her var det viktig at faglærer hadde godkjent elevsammensetningen av intervjugruppen slik at alle følte seg trygge til å delta og si sin mening. Av de fire elevene som samtykket til gruppeintervju var det bare Benjamin som ikke samtykket til lydopptak av gruppediskusjonene underveis i timen. Benjamin var altså til stede i undervisningsopplegget og deltok i alle gruppediskusjonene. Han hadde dermed det samme grunnlaget som de andre elevene til å svare på alle spørsmålene som ble stilt i intervjuet. De fire elevene som samtykket til gruppeintervju, ble først delt inn i to grupper. På grunn av fravær ble det bare gjennomført ett intervju med tre elever. Ingen av elevene hadde vært på samme gruppe i undervisningsopplegget. Fiktive navn på de tre elevene som deltok i gruppeintervjuet er gitt i tabell 3.

Tabell 2: Oversikt over elevsammensetningen i gruppediskusjonene. Navnene i uthevet skrift deltok også i gruppeintervjuet. Alle navn er fiktive.

Diskusjonsgruppe 1	Diskusjonsgruppe 2	Diskusjonsgruppe 3
Marius	Klara	Erlend
Jakob	Vilde	Tobias
Thomas	Arne	

Tabell 3: Oversikt over elevene som deltok i gruppeintervjuet. Alle navn er fiktive.

Intervjugruppe 1
Erlend
Arne
Benjamin

3.5.2 Fokusgrupper

Jeg valgte å benytte meg av gruppeintervju eller såkalte fokusgrupper fremfor en-til-en intervju. Fokusgrupper kjennetegnes av en intervjustil der hovedmålet er å få frem mange forskjellige synspunkter om et emne (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 179). Det regnes også som en effektiv måte for å samle inn kvalitativ data, da det samles inn meninger og erfaringer fra flere personer samtidig (Robson & McCartan, 2016, s. 299). I tillegg får man gjennom gruppeintervju mulighet for interaksjoner og diskusjoner elevene imellom, som kan bidra til en dypere innsikt i deres forståelse og opplevelser (Tjora, 2021). Et vanlig problem kan være at noen personer dominerer i intervjuet (Robson & McCartan, 2016, s. 299). For å prøve å unngå dette ble gruppeinndelingen altså diskutert med faglærer slik at elevsammensetningen bygget på trygge relasjoner med hverandre i tillegg til at de var omtrent like aktive i deltakelse. På grunn av fravær ble gruppene likevel slått sammen, noe som kan ha påvirket gruppedynamikken.

3.5.3 Semistrukturert intervju

Robson og McCartan (2016) skiller mellom tre typer intervju: fullstendig strukturerte-, semistrukturerte- og ustrukturerte intervju (s. 285). I denne studien valgte jeg å benytte meg av semistrukturerte intervju. Semistrukturerte intervju kjennetegnes ved at det utformes en intervjuguide (Vedlegg A) med spørsmål og temaer det er ønskelig at skal dekkes i løpet av intervjuet. Rekkefølgen på spørsmålene, samt ordlyden er fleksibel, og moderatoren har mulighet til å stille spontane oppfølgingsspørsmål underveis (Ibid.). Dette var ønskelig for å ha en tydelig ramme for retningen av intervjuet, i tillegg til at jeg for eksempel kunne be om utdypinger og begrunnelser på svar som var uklare. Fordelen semistrukturerte intervju er at det gir mulighet til å spinne videre på uventede og uforutsette interessante utsagn dersom det skulle oppstå. Samtidig har ikke de spontane oppfølgingsspørsmålene blitt formulert og diskutert på samme måte som spørsmålene i intervjuguiden har. Det er derfor en mulighet for at oppfølgingsspørsmålene som stilles er ledende, og dermed ikke gir valide svar.

Intervjuguiden ble brukt som en veiledning for å sikre at jeg stilte spørsmål som direkte bidro til å svare på forskningsspørsmålene. Tematisering av et intervju innebærer å få en avklaring av formålet med studien, der alle temaer og spørsmål skal være relevante for problemstillingen som skal belyses (Dalen, 2004, s. 30; Kvale & Brinkmann, 2015, s. 140). Intervjuguiden bestod av fire hovedtemaer: elevenes opplevelse av aktivitetene i undervisningsopplegget, elevenes mentale modeller av kjemiske bindinger, elevenes forklaring av energi i bindinger og elevs forklaring av ionebindinger. Intervjuguiden inkluderte også en oppvarmingsdel og en

oppsummeringsdel der elevene fikk mulighet til å stille spørsmål, legge til eller utdype uttalelser fra intervjuet (Robson & McCartan, 2016, s. 291).

Spørsmålene i intervjuguiden ble stilt på en slik måte at informantene fikk mulighet til å åpne seg og bruke egne ord og refleksjoner i svarene sine (Dalen, 2004, s. 30). Etter anbefalinger fra Dalen (2004) ble informantene bedt om å beskrive eller forklare deres tanker og opplevelser (s. 30). For ikke å legge begrensninger eller føringer på innhold, ble det forsøkt å utforme så åpne spørsmål som mulig der informantene ble bedt om å forklare eller beskrive noe (Robson & McCartan, 2016, s. 288-289). Før intervjuet ble intervjuguiden testet og diskutert med to medstudenter hver for seg. Basert på deres tilbakemeldinger ble utydelige og ledende spørsmål identifisert og justert, noe som kan bidra til økt validitet på studien.

4.5.3 Gjennomføring av intervju

Intervjuet ble gjennomført to dager etter undervisningsopplegget på et grupperom på skolen elevene gikk på, og varte i underkant av 45 minutter. Min rolle som moderator var å presentere emnene som skulle diskuteres, stille spørsmål og legge til rette for ordveksling der alle fikk bidra (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 179). Det ble brukt lydopptak under hele intervjuet. Dette kan øke validiteten i en studie ved blant annet å forsikre at all informasjon som ble sagt ble tatt med (Dalen, 2004, s. 107; Robson & McCartan, 2016, s. 172).

I intervjustudier er det informantenes ord og uttalelser som danner datamaterialet. Det er derfor ønskelig å få så fyldige og gode svar som mulig (Dalen, 2004, s. 107-108). Det stilles derfor krav til at jeg som forsker og moderator stiller gode spørsmål og oppfølgingsspørsmål i intervjusituasjonen. En godt bearbeidet intervjuguide sørget for at spørsmålene var godt formulert og gjennomtenkt. Lydopptaket bidro til at jeg som moderator kunne fokusere på selve intervjuet og det å stille gode oppfølgingsspørsmål fremfor å måtte notere ned alt som ble sagt underveis (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 205). Samtidig er jeg ingen erfaren forsker. Min første tilnærming til en intervjusituasjon var da jeg gjennomførte to intervjuer i forbindelse med en semesteroppgave høsten 2021. Min uerfarne rolle som forsker kan ha påvirket hvordan oppfølgingsspørsmålene ble formulert og stilt, noe som kan ha svekket studiens validitet.

3.5.4 Transkribering av lydopptak

Lydopptakene fra gruppediskusjonene og intervjuet ble transkribert fra muntlig til skriftlig form for å gjøre materialet mer egnet for videre analyse (Kvale & Brinkmann, 2015). Etter anbefaling fra Dalen (2004, s. 61) og Postholm (2010, s. 104) transkriberte jeg både intervjuet og

gruppediskusjonene selv. Gjennom transkriberingsarbeidet fikk jeg en unik sjanse til å bli kjent med datamaterialet (Dalen, 2004, s. 61), i tillegg til at det foregikk en analyseringsprosess kontinuerlig under transkriberingen (Postholm, 2010, s. 104). Intervjuet ble transkribert dagen etter det ble gjennomført for å lettere kunne knytte notater av ikke-verbale handlinger, som for eksempel peking, til transkripsjonen. Gruppediskusjonene ble transkribert innenfor fem dager etter undervisningsopplegget.

Alle ytringene til informantene ble oversatt fra dialekt til bokmål da dette ivaretar elevenes anonymitet i tillegg til at det ble vurdert til å ikke ha noen påvirkning på innholdet. Transkripsjonskodene med tilhørende forklaring som ble brukt i transkriberingsprosessen er vist i tabell 4.

Tabell 4: Oversikt over transkripsjonskodene med tilhørende forklaring

Transkripsjonskoder	Forklaring
...	Kort pause opp til 3 sekunder/liten nøling
(...)	Lenger pause (over 3 sekunder)
(tekst)	Ikke-verbale handlinger. F.eks. Latter = (ler)
[tekst]	Tilføyelse av tilleggsinformasjon til et sitat slik at det gir mening. F.eks. For når de [atomkjernene] er veldig tett sammen [...]
[...]	Irrelevant tekst fra intervjuet som er utelatt

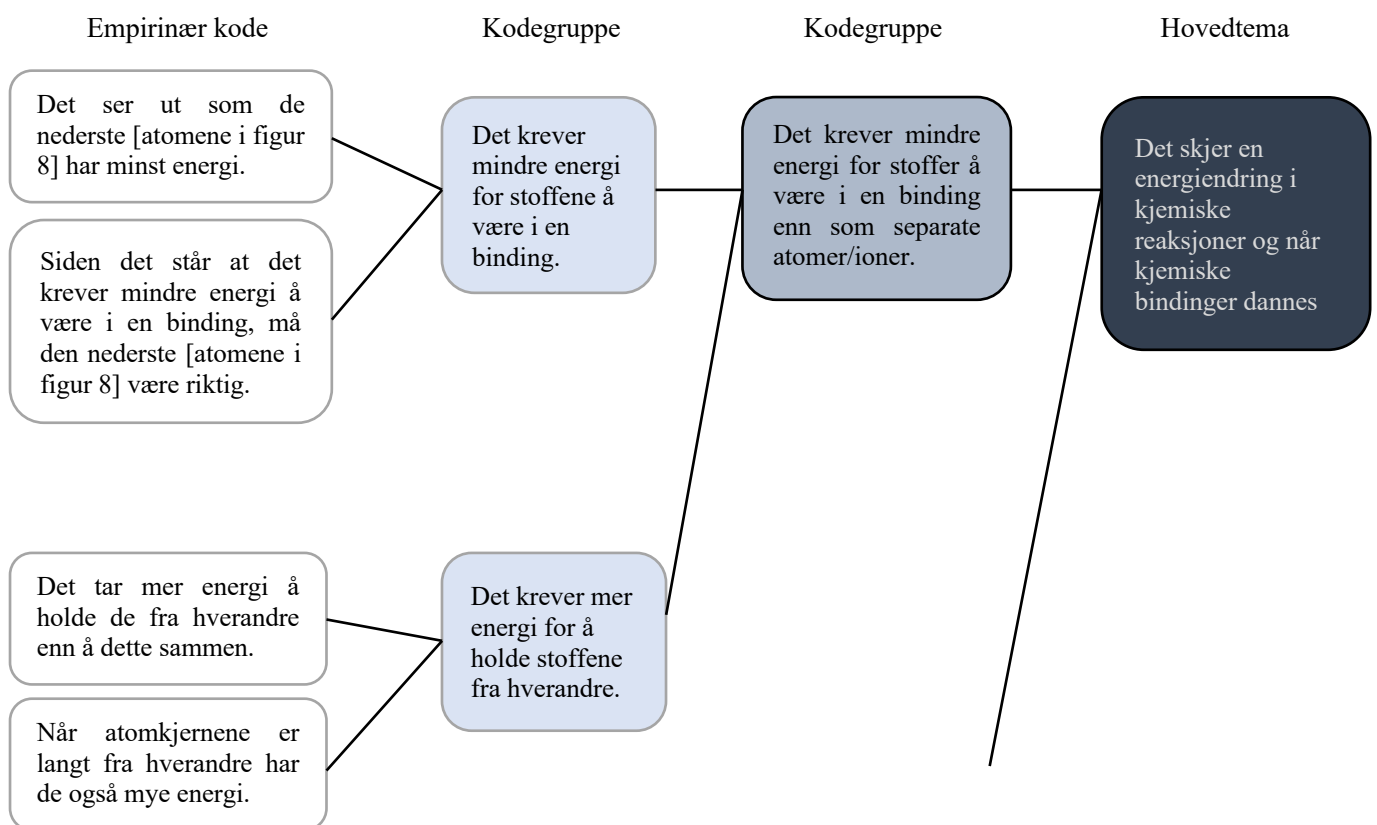
3.6 Analyse av datamaterialet

I dette delkapittelet vil jeg beskrive hvordan jeg analyserte og tolket transkripsjonene av gruppediskusjonene og gruppeintervjuet. Analysen av datamaterialet ble inspirert av den stegvis-deduktive induktive (SDI) metoden beskrevet av Tjora (2021, s. 217) og Clarke og Braun (2013) sin definisjon og beskrivelse av tematisk koding. Selve analysedelen, der datamaterialet ble bearbeidet og analysert, ble delt inn i tre hovedsteg: åpen koding, kodegruppering og utvikling av hovedtemaer. De to første stegene er inspirert av Tjora (2021), mens det siste steget er inspirert av Clarke og Braun (2013).

Etter å ha transkribert alle lydopptakene, ble transkripsjonene lest gjennom flere ganger slik Postholm (2010, s. 105) anbefaler. Deretter gikk jeg i gang med åpen koding, der jeg benyttet

meg av induktiv empirinær koding (Tjora, 2021, s. 218). Det vil si at kodene ble direkte utviklet fra datamaterialet, og dermed lå svært tett på empirien. Siden kodene ble basert direkte på informantutsagnene var det ikke mange av kodene som ble gjenbrukt, og etter kodingsprosessens første steg ble datamaterialet brutt ned til 374 empirinære koder.

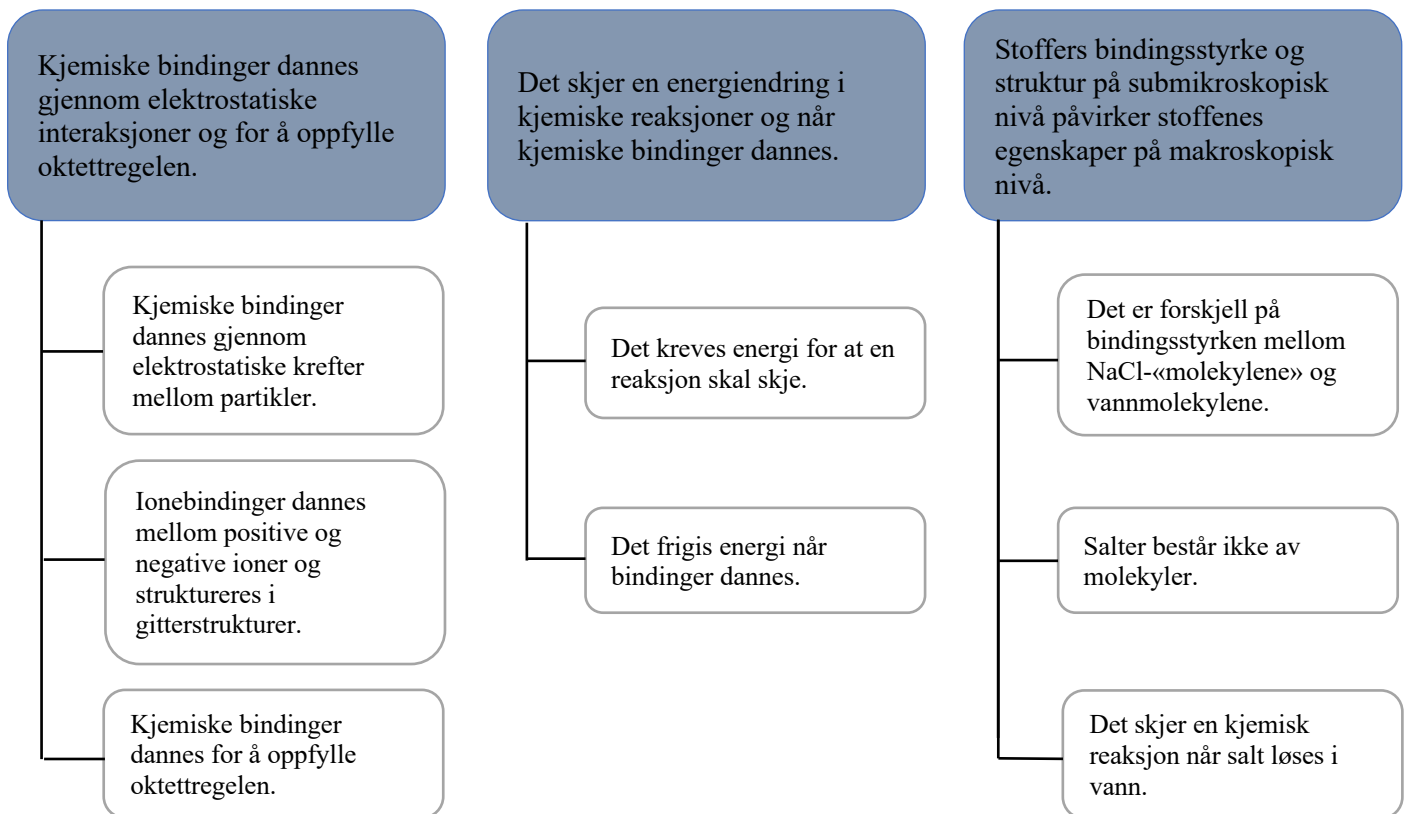
Empirinære koder sier bare noe om hva som faktisk kommer frem i intervjuet, og egner seg ikke godt for videre sortering av data (Tjora, 2021, s. 224). For å strukturere kodene ble de i steg to gruppert etter innhold. Da ble kodene som handlet om det samme gruppert i samme kodegruppe, og irrelevante koder ble gruppert i en restgruppe (Ibid., s. 229-230). Denne prosessen foregikk over flere bearbeidingsprosesser. Etter første bearbeidingsprosess og kodegruppering hadde jeg redusert antall kodegrupper til 39. Etter videre bearbeiding og sammenslåing av kodegrupper satt jeg etter steg to igjen med åtte kodegrupper. Et flytskjema av et utdrag av hvordan jeg kodet er vist i figur 5.



Figur 5: Flytskjema av et utdrag hvordan noen empirinære koder ble sortert i kodegrupper. Videre ble de første kodegruppene slått sammen til en ny kodegruppe, før de ble plassert i et hovedtema. Flytskjemaet viser bare én av de to kodegruppene som tilhører det gitte hovedtemaet.

For å samle kodegruppene, ble det i det tredje steget benyttet tematisk analyse etter inspirasjon fra Clarke og Braun (2013). Tematisk analyse er en analysemetode for å identifisere og analysere temaer i kvalitative datamaterialer (Clarke & Braun, 2013). I tillegg er tematisk analyse en variert og fleksibel metode som gir forskeren friheten til å identifisere mønstre og sammenhengen mellom datasettene som analyseres i lys av problemstillingen og forskningsspørsmålene som skal besvares (Braun & Clarke, 2014). Med utgangspunkt i dette ble de 8 kodegruppene gruppert tematisk, der kodegruppene som handlet om det samme temaet ble samlet under samme hovedtema. Ifølge Clarke og Braun (2013) er det spesielt viktig for nybegynnere og uerfarne forskere å gå tilbake og se forslagene på hovedtemaer i sammenheng med kodene og kodegruppene fra datamaterialet. Den iterative prosessen med frem- og tilbakejusteringer av kodegrupper og hovedtemaer ble gjort i samarbeid med veileder og medstudenter i flere omganger. Dette kan bidra til økt validitet på en studie ved at kodegruppene og hovedtemaene ikke kun baserte seg på min egen subjektive tolkning (Postholm, 2010, s. 128). Ideelt sett ville vært ønskelig om deler av datamaterialet hadde blitt kodet av andre, men innenfor rammen av dette masterprosjektet har det blitt vurdert som for krevende.

Etter diskusjonene og justeringene gjort i samarbeid med veileder og medstudenter, endte jeg til slutt opp med følgende tre hovedtema: (1) Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen, (2) Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes, og (3) Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå påvirker stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå. For å bevare essensen i hva kodegruppene og hovedtemaene handlet om, ble både kodegruppene og hovedtemaene formulert som setninger. Et flytskjema med hovedtemaene og tilhørende kodegrupper er vist i figur 6.



Figur 6: Flytskjema over de tre hovedtemaene og de åtte kodegruppene.

I kvalitative studier, regnes forskeren som det viktigste instrumentet (Nilssen, 2012, s. 29; Postholm, 2010, s. 127). Det vil si at kvaliteten på studien direkte avhenger av forskerens evne til å behandle, tolke og analysere datamaterialet (Postholm, 2010, s. 136). Forskerens subjektivitet påvirkes av forforståelsen og tidligere erfaringer. Dersom denne subjektiviteten ikke synliggjøres og kommenteres, kan dette svekke en studies kvalitet. Postholm (2010) vektlegger derfor viktigheten av å synliggjøre denne subjektiviteten for leseren slik at leseren selv kan vurdere og se resultatene og de ulike tolkningene i lys av forskerens forskerperspektiv (s. 128). I et forsøk på å øke validiteten på denne studien, er mine erfaringer og perspektiver forsøkt synliggjort i blant annet innledningen og litteraturgjennomgangen. Der er henholdsvis min motivasjon og bakgrunn for studien beskrevet, samt min vinkling, tolkning og presentasjon av tidligere forskning. I tillegg har jeg forsøkt å synliggjøre min rolle og erfaring som forsker gjennom hele metodekapittelet.

3.7 Etiske betraktninger

Denne studien er gjennomført i tråd med Norsk senter for forskningsdata (NSD) og Den nasjonale forskningsetiske komité (NESH) sine retningslinjer for oppbevaring og håndtering av personopplysninger til forskningsdeltakerne. Før undervisningsopplegget ble studien meldt inn til NSD og godkjent (saksnummer 231003, se vedlegg B).

I kvalitativ forskning utforskes menneskelige prosesser eller problemer i deres naturlige settinger (Postholm, 2010, s. 17). Forskeren har ansvar for at forskningen organiseres og utøves forsvarlig. Forskningsetisk samtykke skal både være frivillig, informert og utvetydig, og forskeren skal innhente forskningsetisk samtykke av deltakerne i forskningen (NESH, 2021). Alle elevene i kjemiklassen var over 15 år, som vil si at de selv kunne samtykke til deltakelse (NSD, u.å). Informasjon om studien ble både gitt muntlig og gjennom et informasjonsskriv (Vedlegg C). Informasjonsskrivet ble utformet basert på en mal fra NSD, og inneholdt blant annet studiens formål, hvilke typer datainnsamlingsmetoder jeg ønsket å bruke, hvordan jeg skulle behandle datamaterialet og hvilke rettigheter deltakerne hadde.

Siden det som nevnt var ønskelig at elevene deltok på tre ulike deler av studien: kartleggingstest, lydopptak av gruppediskusjoner og intervju, ble elevene på samtykkeskjemaet på siste side av informasjonsskrivet (Vedlegg C) bedt om å krysse av på hvilke deler de ønsket å delta på. På den måten kunne elevene selv velge om de ønsket å være med på alt, deler av det, eller ingenting. I tillegg ble det gjentatte ganger informert om at de når som helst kunne trekke tilbake samtykket. Det ble spesifisert både muntlig og skriftlig at deltakelse ikke hadde noen påvirkning på vurdering i faget, og at det ikke ville være noen negative konsekvenser dersom de ikke ønsket å delta eller om de trakk samtykket tilbake.

Jeg har gjennom hele studien behandlet all data konfidensielt og anonymisert all informasjon. For å ivareta elevenes anonymitet utarbeidet jeg fiktive navn for alle informantene i transkripsjonsarbeidet. Det var bare jeg som hadde tilgang på krypteringsnøkkelen som koblet informantens navn til det fiktive navnet. For å ivareta studiens konfidensialitet i henhold til NESH (2021) sine retningslinjer, har bare jeg hatt tilgang på lydopptakene ved at filene er blitt lagret på NTNU sitt fillagringsområde, NICE, og slettet fra lydopptakeren.

4 Undervisningsopplegget

Dette kapitlet vil ta for seg konteksten og en detaljert beskrivelse av undervisningsopplegget. Først vil elevenes forkunnskaper oppsummeres, der det gis en beskrivelse av elevenes tidligere erfaring med temaet. I tillegg vil en oppsummering av resultatene fra kartleggingstesten presenteres. Deretter vil undervisningsopplegget beskrives i detalj. For å styrke studiens reliabilitet har jeg etter anbefaling av Thagaard (2013, s. 202) også her forsøkt å skrive så transparent som mulig om hele utformingsprosessen av opplegget. I dette kapitlet vil jeg derfor gjøre rede for alle valg som ble tatt, og alle metoder som ble brukt i undervisningsopplegget.

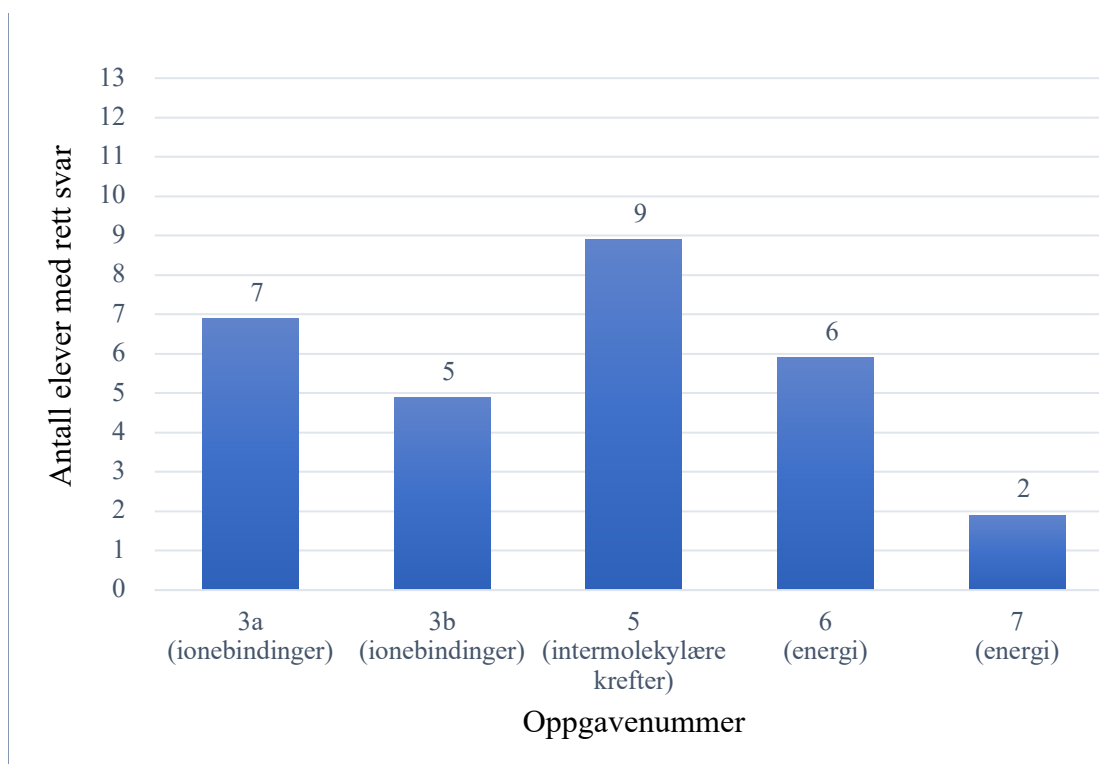
4.1 Kontekst til undervisningsopplegget og resultater fra kartleggingstesten

Kjemiske bindinger er ofte et av de første temaene som undervises i kjemi 1. Kjemiklassen jeg besøkte benyttet seg av kjemilæreboken Aqua 1. I denne læreboken er temaet om kjemiske bindinger plassert i kapittel 2 (Steen et al., 2021). Da jeg kom for å gjennomføre datainnsamlingen i klassen, hadde elevene allerede hatt om temaet ca. et halvt år tidligere. De hadde i tillegg hatt om termokjemi og energi i kjemiske reaksjoner. Det vil si at elevene i utgangspunktet var «ferdiglærte», basert på det som forventes at de skulle kunne om kjemiske bindinger etter kjemi 1. Siden forskning viser at elever har alternative forestillinger selv etter de har blitt undervist i temaet, og at oktettregelen ofte henger igjen (Taber, 2003; Taber & Tan, 2011), anså jeg det likevel som relevant å gjennomføre et undervisningsopplegg om kjemiske bindinger i kjemiklassen for å kartlegge elevenes forståelse.

Jeg hadde en samtale med læreren i forkant av kartleggingstesten, slik at jeg både fikk et innblikk i hva elevene hadde gjennomgått og hvordan faglærer hadde gjennomgått temaet. I denne samtalen fortalte han at han i hovedsak fulgte læreboken med tanke på rekkefølge og innhold. Det vil si at han underviste kjemiske bindinger på den tradisjonelle måten ved å introdusere bindingstypene hver for seg. Han presenterte bindingene i følgende rekkefølge: ionebinding, elektronparbinding (kovalent binding), polarelektronparbinding, metallbinding og bindinger mellom molekyler til slutt (navnene på bindingene er skrevet slik de står nevnt i Aqua 1). Han nevnte derimot at han ikke brukte oktettregelen i undervisningen med begrunnelsen at han hadde hørt den ikke burde vektlegges for mye. Etter å ha lest gjennom kapitlet om kjemiske bindinger i læreboken, observerte jeg at oktettregelen nevnes flere ganger (Steen et al., 2021). Det var derfor forventet at flere elever ville nevne oktettregelen i forklaringene sine til tross for at læreren ikke brukte den i undervisningen.

Kapittel 2 i læreboken starter med å beskrive periodiske trender som Coulombs lov, atomradius, elektronegativitet og ioniseringsenergi. Dette ga et godt utgangspunkt for at elevene kunne danne seg et elektrostatiske rammeverk. Det var derfor også forventet at elevene hadde kunnskap om elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningkrefter. Samtidig var det over et halvt år siden de hadde hatt om temaet, så det var derfor interessant å kartlegge hva elevene husket og faktisk hadde forstått.

Kartleggingstesten ble som nevnt brukt for å kartlegge elevenes forståelse av kjemiske bindinger der resultatene videre dannet utgangspunktet for hvilket nivå og hvilke temaer undervisningsopplegget skulle ta for seg. Det var totalt 13 elever som svarte på testen, og alle svar er oppgitt i tall. For å analysere svarene valgte jeg å dele opp resultatene i en kvantitativ del (for avkrysningsoppgavene) og en kvalitativ del (for de åpne oppgavene). Svarene på spørsmålene knyttet til ionebindinger og avkrysningsoppgavene om energi i bindinger tydet på at flere elever hadde alternative forestillinger til temaet eller synes det var forvirrende og/eller vanskelig. Disse resultatene var dermed de mest interessante. Alle resultatene til kartleggingstesten er oppsummert i figur 7 og tabell 5, mens resultatene knyttet til ionebindinger og energi i bindinger vil i tillegg bli ytterligere utdypet videre i dette delkapittelet.



Figur 7: Diagrammet viser resultatene på flervalgsoppgave 3a, 3b, 5,6 og 7 fra kartleggingstesten (se tabell 1, side 24-26 for de fullstendige spørsmålene). Antall elever med rett svar er gitt i antall, der det totalt var 13 elever som tok testen.

Tabell 5: Oppsummering av de kvalitative svarene fra oppgave 1, 2, 3a, 3b, 4 og 8 fra kartleggingstesten.

Spørsmål	Oppsummerende resultater
1. Beskriv kort hva du legger i begrepet «kjemisk binding»?	Samtlige refererte til en kjemisk binding som en binding eller krefter mellom atomer, der flertallet også inkluderte molekyler i svaret sitt. 4 av 13 elever delte begrepet inn i sterke og svake bindinger.
2. Gi en forklaring på hvordan kjemiske bindinger dannes.	5 elever refererte til oktettregelen når de forklarte hvordan det dannes kjemiske bindinger. De resterende 8 elevene forklarte enten de ulike bindingstypene og/eller at det dannes en kjemisk binding « <i>når atomer eller molekyler støter mot hverandre</i> ». 7 elever nevnte elektronegativitet eller tiltrekningskrefter, der 4 av disse begrunnet med oktettregelen.
3 a) Natrium kan bare danne én ionebinding. Begrunn påstanden.	Figur 7 viser at 7 av elevene svarte usant på påstanden. 4 av disse begrunnelsene viste til en misforståelse og upresis formulering av spørsmålet. Begrunnelsene handlet om at natrium kunne danne flere forskjellige bindinger med forskjellige stoffer så lenge forskjellen i elektronegativitet er stor nok. Elevene som svarte sant, begrunnet påstanden med et molekylært rammeverk der flertallet refererte til at « <i>natrium har ett elektron i ytterste skall</i> ». Det var ett blankt svar.
3 b) Mellom alle natriumklorid-molekylene i figuren under er det svake krefter som holder molekylene sammen i et tredimensjonalt gitter. Begrunn påstanden.	5 av 13 elever svarte usant, der flertallet begrunnet med at svake krefter virker mellom molekyler, og ikke atomer. Én som svarte usant begrunnet med « <i>mellom molekyler er det sterke og derfor vil det ikke være sant</i> ». De som svarte sant refererte til et molekylært rammeverk der NaCl danner molekyler som bindes sammen av svake krefter: « <i>Svake krefter er mellom molekyler</i> ». Det var to blanke (én sant og én usant), og én ugyldig begrunnelse (sant).

<p>4. Figuren viser et vannmolekyl. Beskriv bindingen mellom O og H. Hva er det som holder atomene i molekylet sammen?</p>	<p>Flertallet beskrev O-H bindingen i molekylet som en elektronparbinding, der de fleste enten vektla at det var en forskjell i elektronegativitet eller omtalte det som en polar elektronparbinding. 4 elever svarte at det var hydrogenbindinger mellom atomene.</p>
<p>8. Er det noe innenfor temaet «kjemisk binding» som du synes er vanskelig eller noe du skulle ønske du hadde fått mer undervisning i?</p>	<p>Temaer som ble trukket frem var: endoterme og eksoterme reaksjoner, salter og ionebindinger og svake bindinger.</p>

Resultatene fra tabell 5 viste at det var noen av elevene som benyttet seg av et oktetterrammeverk i beskrivelsen av kjemiske bindinger. På spørsmål 2 var det flere elever som begrunnet kjemiske bindinger med oktetterregelen, og flere elever refererte til ionets ladning da de forklarer hvor mange ionebindinger som kunne dannes. Spørsmål 3a og 3b handlet om salters strukturer og bindinger. Resultatene viste at rundt halvparten av elevene trodde natrium bare kunne danne én ionebinding og/eller at det var svake bindinger mellom NaCl-«molekylene» i en saltkrystall. Begrunnelsene til påstandene var også noe uklare, og det kunne virke som om elevene misforstod påstanden om at natriumatomet bare kunne danne én ionebinding, og ikke skjønnte at spørsmålet mente én ionebinding av gangen. Det var derfor ønskelig at et av temaene i undervisningsopplegget var ionebindinger for å få et dypere innblikk i elevenes forståelse av ionebindinger.

Videre viste resultatene at selv om nesten halvparten av elevene mente at det å danne en binding er en eksoterm reaksjon (spørsmål 6), var det bare to elever som mente at det ble frigitt energi (spørsmål 7). Det kunne tyde på at elevene ikke var helt trygge på forskjellen på begrepene endoterme og eksoterme reaksjoner. Jeg valgte derfor i stedet å ta utgangspunkt i spørsmålet hvor de ble spurt om det kreves eller frigir energi å danne en binding da temaet for undervisningsopplegget ble bestemt.

4.2 Beskrivelse av undervisningsopplegget om kjemiske bindinger

Med utgangspunkt i konstruktivistisk læringsteori ønsket jeg som nevnt å gjennomføre en kartleggingstest for å ha et referansepunkt jeg kunne ta utgangspunkt i, der opplegget tok utgangspunkt i elevenes forkunnskaper og bygget videre på dette. Resultatene fra testen viste at ca. halvparten av elevene var usikre på ionebindinger og saltstrukturer, og et fåtall av elevene visste at dannelse av kjemiske bindinger frigir energi. For å få en dypere innsikt i elevenes forståelse av krystallstrukturer og energi i bindinger, ble det bestemt at undervisningsopplegget skulle ta for seg temaene *energi i bindinger* og *ionebindinger*. Undervisningsopplegget gikk over 90 minutter med to intervaller på 45 minutter hver. Den første timen handlet om kjemiske bindinger generelt og energi i bindinger, mens den andre timen handlet om ionebindinger og krystallstrukturer.

I tillegg til kartleggingstesten, tok utformingen av undervisningsopplegget som nevnt også utgangspunkt i anbefalingene fra litteraturgjennomgangen (se kapittel 2.2). Læreplanen i kjemi var også sentral (Utdanningsdirektoratet, 2021). De tre kompetansemålene fra læreplanen i kjemi jeg anså som relevante og dermed brukte som utgangspunkt, samt læringsmålene jeg utformet i forbindelse med opplegget, er vist i tabell 6. Målet med denne studien er ikke å evaluere undervisningsopplegget. Hvorvidt og i hvilken grad læringsmålene er nådd vil derfor ikke bli direkte diskutert og kommentert.

Videre ble de ulike aktivitetene i undervisningsopplegget planlagt og begrunnet ut fra anbefalinger fra litteraturen. Felles for alle anbefalingene, var altså å tydelig vektlegge elektrostatiske krefter. Jeg valgte derfor å ta utgangspunkt i elektrostatiske interaksjoner som grunnsteinen i undervisningen (Kronik et al., 2008; Pazinato et al., 2020; Taber & Coll, 2002). Jeg valgte også bevisst å ikke referere til et oktettrammeverk da dette som nevnt kan hindre videre læring (Taber & Coll, 2002).

Før jeg gjennomførte undervisningsopplegget testet jeg opplegget på en kjemi 2-elev ved en annen skole. Dette var for å få tilbakemeldinger på innholdet, lysbildene og hvordan jeg presenterte de ulike temaene. Siden jeg ikke fikk gjennomført for en hel klasse ble gruppeoppgavene nedskalert til at eleven svarte direkte til meg og vi hadde en liten samtale rundt refleksjonsoppgavene. Opplegget ble også diskutert med veileder og medveileder ved flere anledninger. Etter tilbakemeldinger fra både kjemi 2-eleven og begge veilederne, ble opplegget revidert og modifisert.

Tabell 6: Tabellen viser kompetansemålene fra læreplanen i kjemi (Utdanningsdirektoratet, 2021) og læringsmålene jeg utformet med utgangspunkt i kompetansemålene som ble brukt som utgangspunkt i planleggingen av undervisningsopplegget.

Kompetansemål	Læringsmål
- gjøre rede for kjemisk binding som elektrostatiske krefter som virker mellom partikler, og bruke dette til å forklare molekylgeometri og organiske og uorganiske stoffers struktur, sammensetning og egenskaper.	- Elevene skal kunne forklare og beskrive kjemiske bindinger gjennom elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningkrefter. - Elevene skal kunne beskrive og begrunne for salters struktur og oppbygging - Elevene skal kunne forklare hvordan salters struktur påvirker egenskaper som smeltepunkt.
- bruke modeller til å forklare observasjoner og kjemiske fenomener, og argumentere for modellenes styrker og begrensinger	- Elevene skal bruke ulike modeller for å forklare energi i bindinger og ionebindinger.
- gjøre rede for entalpi og bruke beregninger og forsøk til å utforske entalpiendringer i reaksjoner	- Elevene skal kunne argumentere for hvorfor reaksjonen der kjemiske bindinger dannes er en eksoterm reaksjon.

Pedagogiske og didaktiske perspektiver

Jeg ønsket å vektlegge variert undervisning. Variert undervisning legger til rette for at elevene kan arbeide med flere ulike representasjonsformer for samme fenomen. Dette kan gi rom for å overføre læring mellom de ulike representasjonsformene, som er et kjennetegn på dybdelæring. I tillegg kan det gi elevene mulighet til å uttrykke sine mentale modeller på flere måter (Pajchel et al., 2019, s. 149). I undervisningsopplegget valgte jeg derfor å ha innslag av forsøk på lab, to refleksjonsoppgaver i grupper (Tabell 7) og diskusjon rundt en grubletegning (Figur 9, s. 47).

Tabell 7: De to refleksjonsspørsmålene som ble stilt underveis i undervisningsøkten.

Refleksjonsspørsmål

1. Hvilken del av grafen (Figur 8 side 45) viser en kjemisk binding?
2. Når det dannes kjemiske bindinger, kreves det eller frigis det energi?

Selve undervisningen tok i hovedsak utgangspunkt i sosiokulturell læringsteori. Sosiokulturell læringsteori tar utgangspunkt i ideene og teoriene til den russiske pedagogen og psykologen Lev Vygotsky, som sier at språket og sosial kontakt spiller en viktig rolle for elevenes læring (Schunk, 2012, s. 242; Sjøberg, 2009, s. 352). Språket og talen er både en naturlig og nødvendig del av en handling (Vygotsky & Cole, 1978). Språket er derfor, i følge Vygotsky og Cole (1978), like viktig som selve handlingen for å nå et mål. Gjennom språket som instrument, oppnår barnet et bredere aktivitetsspekter der de kan forklare og løse oppgaven ved å inkludere stimuli og bruke flere verktøy enn bare de gjenstandene som ligger nær hånden (Vygotsky & Cole, 1978, s. 25-26). Gjennom formidling av tanker om begreper og fenomener bearbeides derfor elevenes mentale modeller (Voll & Holt, 2019, s. 23).

Sentralt for et sosiokulturelt læringsperspektiv, er også Vygotskys teori om den proksimale utviklingssonen. Basert på Vygotskys ideer, vil elevene være i den proksimale utviklingssonen dersom de interagerer med hverandre og klarer å løse oppgaver i fellesskap som de ikke hadde fått til alene (Schunk, 2012, s. 243). Den proksimale utviklingssonen definerer de funksjonene som ikke er fullstendig modnet, men som er i en modningsprosess og vil modnes på et senere tidspunkt. Store deler av undervisningen foregikk derfor i grupper eller la opp til diskusjoner i hel klasse. Klassen ble delt inn i fem grupper. Jeg ønsket at elementene i undervisningen skulle legge til rette for diskusjoner og refleksjoner mellom elevene slik at de kunne lære gjennom å uttrykke seg muntlig i tillegg til å kunne utnytte og bygge på hverandres mentale modeller.

Det vil være lite effektivt å legge undervisningen til utviklingsnivåer som er nådd, da dette ikke tar sikte på nye stadier i utviklingsprosessen (Vygotsky, 2001, s. 162). Dette var en av grunnene til at jeg valgte å basere undervisningsopplegget på resultatene fra kartleggingstesten. Resultatene viste hvilket nivå og hvilke forkunnskaper elevene allerede satt med, slik at opplegget kunne ta utgangspunkt i dette.

Underveis i undervisningsopplegget valgte jeg som nevnt å ta lydopptak av ulike aktiviteter for å få en dypere innsikt i elevenes tanker og refleksjoner underveis (se kapittel 3.5.1). Det ble tatt lydopptak av tre av gruppene ved fire anledninger: gruppediskusjonene som oppstod under de to refleksjonsspørsmålene, det praktiske forsøket og grubleoppgaven. Gjennom lydopptakene fikk jeg et både et innblikk i elevenes forståelse av de utvalgte temaene innenfor kjemiske bindinger, men også hvordan denne forståelsen utviklet seg i samhandling med andre. De fire lydopptakene ble brukt som en del av datamaterialet, og transkripsjons- og analysemetoden av lydopptakene ble beskrevet i henholdsvis kapittel 3.5.4 og 3.6. Det ble også utformet en

lysbildedefremvisning for å strukturere innholdet i undervisningen (Vedlegg D). En oversikt over undervisningens tidsplan med hva som ble gjort og tilhørende lysbilder er vist i tabell 8.

Tabell 8: Tidsplan for undervisningsopplegget.

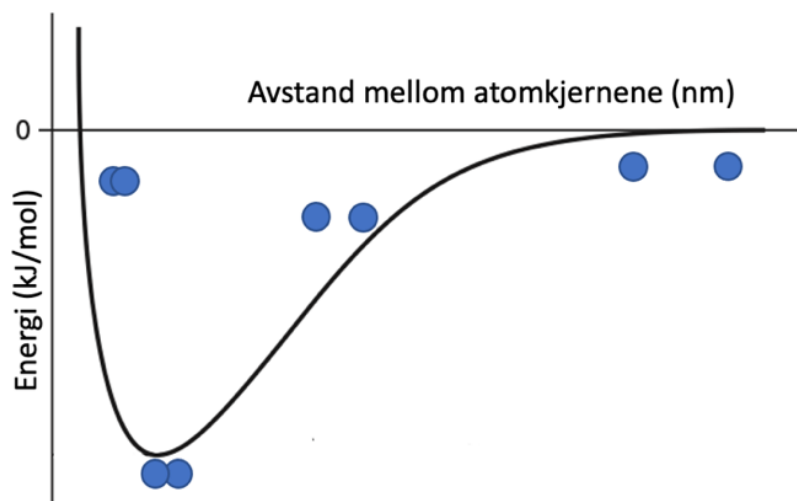
Tid	Hva skal gjøres
08.00-08.10	Oppstart og introduksjon (lysbilde 1-3) Plan for dagen Koble kjemiske bindinger til syrer og baser
08.10-08.25	Introduksjon av kjemiske bindinger (lysbilde 4-5) Kjemiske bindinger generelt Refleksjonsspørsmål 1: <i>Hvilken del av grafen (Figur 4.1) viser en kjemisk binding?</i> (lydopptak) Energi i kjemiske bindinger Refleksjonsspørsmål 2: <i>Frigis det eller kreves det energi for å danne en binding?</i> (lydopptak)
08.25-08.45	Aktivitet 1 – praktisk aktivitet på lab (lysbilde 6) <i>Hva skjer når CaCl_2 (s) løses i vann?</i> Tilhørende diskusjonsoppgaver (Vedlegg E) (lydopptak)
08.45-08.50	Pause
08.50-08.55	Oppsummering av aktivitet 1 (lysbilde 7)
08.55-09.00	Ionebindinger (lysbilde 8) Introduksjon av ionebindinger generelt
09.00-09.20	Aktivitet 2 – grubletegning (lysbilde 9) <i>Hvorfor har NaCl et så høyt smeltepunkt?</i> (lydopptak)
09.20-09.30	Fortsettelse ionebindinger (lysbilde 10) Diskusjon i helklasse Gjennomgang av ionegitter og krystallstruktur Sammenligning av NaCl i vann og CaCl_2 i vann
09.30-09.35	Oppsummering av timene (lysbilde 11) Elevene oppsummerer selv

Gjennomføring av undervisningsopplegget

Da jeg besøkte kjemi 1-klassen for å gjennomføre datainnsamlingen til denne studien, holdt elevene på med temaet syrer og baser. Kjemiske bindinger er som nevnt et kjerneelement i den nye læreplanen og ansees som et nøkkelbegrep for å forstå kjemi (Levy Nahum et al., 2010). For at elevene skulle se sammenhengen mellom de to temaene startet jeg timen med å spørre dem om hvilke sammenhenger de så mellom kjemiske bindinger og syrer og baser. Intensjonen var å sette i gang en dybdelæringsprosess hos elevene, der jeg i hovedsak ønsket at elevene skulle bli oppmerksomme på at kjemiske bindinger hadde en viktig rolle i flere temaer, også for syrer og baser. På en annen side er dybdelæring er en prosess og ikke et produkt (Voll & Holt, 2019, s. 36). Det tar tid å oppnå dybdelæring. Målet med denne studien var ikke å få elevene til å oppnå dybdelæring, men heller sette i gang en prosess hvor de kunne se sammenhengen mellom kjemiske bindinger og de andre temaene i faget.

Den neste delen av undervisningsopplegget startet med at jeg introduserte kjemiske bindinger. For å vektlegge elektrostatiske interaksjoner forklarte jeg tiltrekningskreftene mellom to motsatt ladde partikler ved å bruke tredimensjonale magnetmodeller. Slike modeller gir muligheten til å føle og kjenne på tiltrekningskrefter mellom partiklene (Warfa et al., 2014). Etter inspirasjon av det andre steget i «A New Bottom-Up Framework» (Figur 3, side 17) (Kronik et al., 2008), valgte jeg bevisst ikke å snakke om én type binding i introduksjonen av kjemiske bindinger. Kronik et al. (2008) peker videre på at det å tydelig skille mellom de ulike bindingstypene kan føre til at elevene ikke ser at alle bindingstypene baserer seg på de samme underliggende prinsippene. Jeg vektla derfor at magnetmodellene ikke bare representerte en bindingstype, og at magnetene blant annet kunne representere atomer, ioner eller molekyler.

Videre mener Kronik et al. (2008) og Pazinato et al. (2020) at dannelsen av kjemiske bindinger bør forklares utfra begrepene energi og stabilitet. For å ikke bruke oktettregelen til å forklare hvorfor kjemiske bindinger dannes, valgte jeg å ta utgangspunkt i energien atomer har når de er alene og energien de har når de er i binding. Jeg viste elevene figur 8 og stilte refleksjonsspørsmålet: *Hvilken del av grafen viser en kjemisk binding?* Her ønsket jeg at de skulle diskutere i grupper for å reflektere over hvorfor de atomene eller ionene kunne eller ikke kunne være i en binding. Til slutt diskuterte vi svarene i plenum for å komme til en felles konklusjon.



Figur 8: Illustrasjon av en graf som beskriver energien to partikler har ved ulik avstand mellom atomkjernen. Figuren er inspirert av Kronik et al. (2008, s. 1682) og Zumdahl og Zumdahl (2014, s. 354).

Figur 8 ble videre en overgang til hovedtemaet for timen, energi i bindinger. Resultatene fra kartleggingstesten viste at det var flere elever som ikke husket forskjellen på eksoterme og endoterme reaksjoner. Jeg startet derfor med å repetere de to begrepene. Deretter skulle elevene diskutere et nytt refleksjonsspørsmål: *Når det dannes kjemiske bindinger, kreves eller frigis det energi?* Dette spørsmålet ble også stilt i kartleggingstesten, og baserer seg på den vanlige alternative forestillingen om at det totalt sett kreves energi å danne en binding (Boo, 1998). Testen viste at 11 av 13 elever hadde denne misoppfatningen. Hensikten med dette refleksjonsspørsmålet var derfor å få en dypere innsikt i elevenes mentale modell om energi i bindinger og eksplisitt legge opp til diskusjon rundt spørsmålet. I plenumsdiskusjonen brukte jeg magnetmodellene for å prøve å tydelig vise at dersom magnetene kom nærme nok, ville de tiltrekkes og festes sammen uten at jeg måtte tilføre noe energi for at det skulle skje. Dette kunne så overføres til de elektromagnetiske kreftene som virker mellom partiklene med motsatt ladning. På motsatt side ble magnetmodellene brukt til å illustrere at jeg fysisk måtte dra magnetene fra hverandre for å bryte opp bindingen mellom de to magnetene. Dette skulle implisere at jeg måtte tilføre energi for å bryte bindingen mellom to partikler.

For å variere undervisningen valgte jeg å gjennomføre et lite praktisk forsøk i *Aktivitet 1* der vi gikk inn på laboratoriet. Praktiske forsøk gir avbrekk i en teoretisk undervisningshverdag, og er ofte noe elever liker (Ringnes & Hannisdal, 2014, s. 183). Det anbefales også å koble fenomener og begrep til hverdagsaspekt elevene er kjent med (Barke et al., 2009, s. 24). Forsøket handlet om å observere hva som skjedde når CaCl_2 , saltet man strør på veien om vinteren, ble løst i vann. Videre skulle elevene beskrive observasjonene og prøve å komme med

en forklaring. Hensikten med forsøket var at elevene skulle observere en energiendring i en kjemisk reaksjon der stoffets oppbygging ble endret ved at bindinger brytes og dannes (Oppgavearket elevene fikk utdelt er vist i vedlegg E). Det var videre ønskelig at de skulle bruke kunnskapen vi hadde snakket om tidligere for å forklare observasjonene, og på den måten legge opp til dybdelæring.

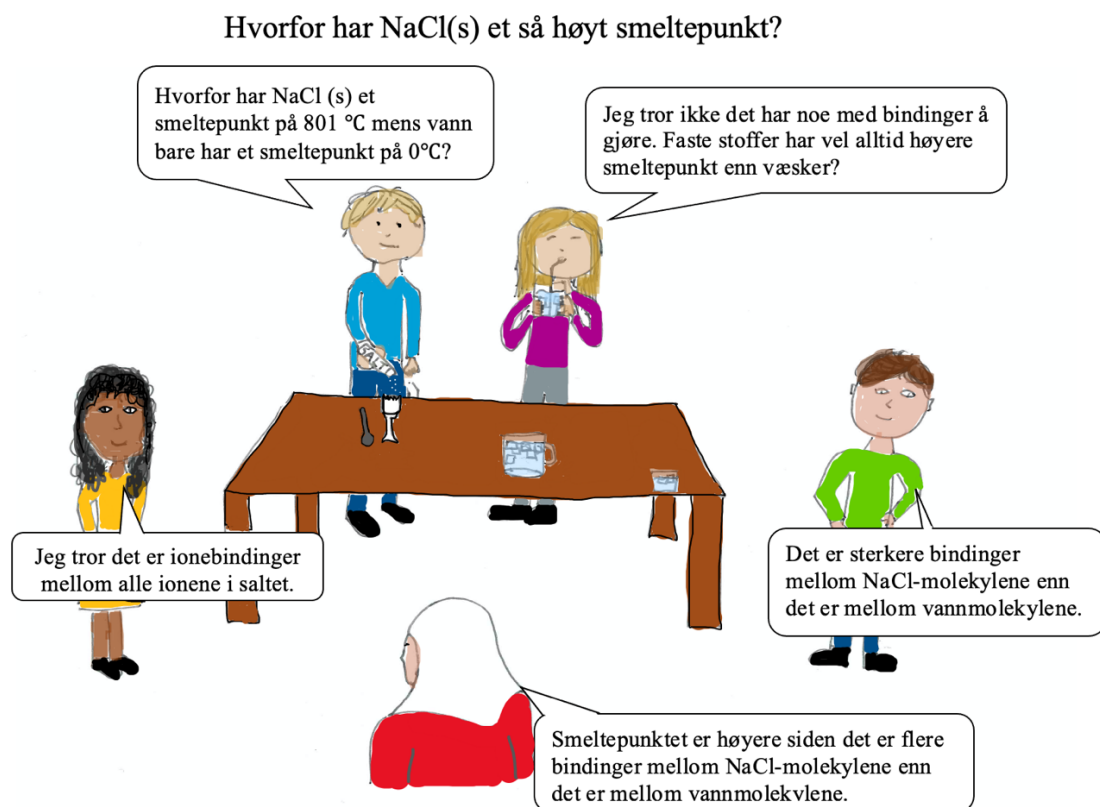
Abrahams og Millar (2008) har gjennomført en studie i England hvor de undersøkte effektiviteten av praktisk arbeid. Resultatene viste at praktisk arbeid generelt var effektivt for å få elevene til å gjøre det som var tiltenkt med fysiske objekter, men mindre effektivt for å få elevene til å bruke de vitenskapelige ideene som veiledning til handlingene og videre refleksjon over dataene de samlet inn. Resultatene viste også at undervisningen ofte ikke eksplisitt la opp til muligheten for å koble observasjonene til de vitenskapelige ideene og teoriene. De anbefalte derfor at undervisningen burde gi tid, rom og mulighet for at elevene kunne koble observasjonene med teori som var blitt presentert. Jeg valgte derfor å presentere og diskutere teori rundt energi i bindinger før vi gikk inn på lab. I tillegg fikk elevene tid i etterkant av forsøket til å reflektere, trekke paralleller og komme med forslag til forklaringer på det de nettopp hadde observert.

For å forklare energi i bindinger valgte jeg å benytte meg av ulike representasjonsformer som muntlige beskrivelser (auditiv representasjonsform), magnetmodellen (taktile representasjonsformer), grafen i figur 8 (visuell representasjonsform) og det praktiske laboratorieforsøket. Bruk av flere representasjonsformer kan bidra til en bedre og dypere forståelse av et fenomen (Pajchel et al., 2019). I tillegg viser en studie gjennomført av Sunyono og Meristin (2018) at undervisning med varierte representasjoner av et fenomen, kan stimulere elevene til å være aktive og engasjerte i å løse kjemiske problemer og spesielt tolke og bevege seg mellom det makroskopiske-, submikroskopiske -og det symbolske nivået.

Temaet for den andre timen var ionebindinger. Også i introduksjonen av ionebindinger valgte jeg å bruke magnetmodellene som en fysisk modell for å forklare tiltrekningskreftene mellom motsatt ladde ioner. Basert på det pedagogiske læringshinderet om en atomisk ontologi beskrevet av Taber (2001), samt det molekylære rammeverket der elever kan tro at det bare dannes ionebindinger der det har skjedd en elektronoverføring (Taber et al., 2012), valgte jeg bevisst å legge vekt på at det er positive og negative ioner som danner binding. Kartleggingstesten viste også at flere av elevene hadde et molekylært rammeverk for å forklare ionebindinger. For å få en dypere forklaring for tankene deres ønsket jeg å lage en

diskusjonsoppgave rundt noen alternative forestillinger om ioneforbindelser. Smeltepunkt er et eksempel på en fysisk egenskap ved stoffer. Siden smeltepunktet til salter påvirkes av strukturen og sammensetningen av ioner, lagde jeg etter anbefaling av Lee og Cheng (2014) en grubletegning basert på smeltepunktet til NaCl (s) og vann (Figur 9).

Jeg valgte å bruke grubletegninger fordi forskning viser at grubletegninger er gode hjelpemidler for å sette i gang diskusjoner og tankeprosesser hos elevene. Selv der elevene er sikre på at de har den riktige forklaringen, kan grubletegninger bidra til at elevene likevel må ta stilling til, vurdere, stille spørsmål og argumentere for de ulike påstandene (Keogh & Naylor, 1999). Grubletegninger er en læringsstrategi der tegneseriefigurer presenterer ulike naturvitenskapelige synspunkt på en problemstilling eller et fenomen. Tanken bak grubletegningen var å basere det på elevenes hverdagssituasjoner slik at de kunne relatere til deres personlige erfaringer (Naylor & Keogh, 1999, s. 94).



Figur 9: Grubletegning om «Hvorfor har NaCl (s) et så høyt smeltepunkt?» som ble laget i forbindelse med undervisningsopplegget.

Det er vanlig at grubletegninger har plausible påstander, men samtidig baserer seg på vanlige alternative forestillinger blant elever (Keogh & Naylor, 1999). I utarbeidelsen av påstandene til de ulike figurene, tok jeg utgangspunkt i noen alternative forestillinger elever kan ha om

ionebindinger og salters oppbygging. Jeg ble blant annet inspirert av den alternative forestillingen om at ionebindinger danner molekyler (Tan & Treagust, 1999) og det molekylære rammeverket som tilsier at elever tror saltkrystaller består av NaCl-molekyler bundet sammen av svake krefter (Taber et al., 2012). For å legge opp til mer diskusjon, prøvde jeg å lage påstandene slik at noen var delvis rett og delvis feil. Jeg vektla også at jeg ønsket at elevene skulle diskutere alle påstandene hvor de måtte argumentere for hvorfor de mente påstanden var riktig eller gal.

Under oppsummeringen var målet å samle alle trådene fra opplegget og se sammenhengen mellom innholdet i de to timene. Jeg ba derfor elevene om å oppsummere til sidemannen først, slik at de fikk diskutert og samlet tankene sine. Deretter oppsummerte vi i plenum, der jeg helt til slutt kom med min egen oppsummering av de viktigste punktene.

5 Resultater og analyse

Målet med denne studien er som nevnt å kartlegge elevers forståelse av utvalgte deler av temaet kjemiske bindinger gjennom lydopptak av gruppediskusjoner underveis i et skreddersydd undervisningsopplegg og et gruppeintervju i etterkant av opplegget. Transkripsjonene av lydopptakene fra både gruppeintervjuet og gruppediskusjonene utgjør som nevnt datamaterialet for denne studien. Gjennom analyse- og kodingsprosessen av lydopptakene ble det utarbeidet tre hovedtemaer: (1) Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen, (2) Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes, og (3) Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå påvirker stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå. Hovedtemaene ble dannet med utgangspunkt i de åtte kodegruppene utarbeidet fra de empirinære kodene fra transkripsjonene (se figur 6 side 34 for en skjematisk inndeling av de tre hovedtemaene og tilhørende kodegrupper).

I dette kapittelet vil funnene fra analyseprosessen bli presentert. Kapittelet er delt inn i fire delkapitler. Delkapittel 5.1 tar for seg resultatene knyttet til elevenes utsagn og opplevelser av undervisningsopplegget, mens delkapittel 5.2, 5.3 og 5.4 vil ta for seg henholdsvis hvert av de tre hovedtemaene presentert i avsnittet over. Det første delkapittelet vil skille seg fra de andre ved at resultatene i denne delen bare baserer seg på gruppeintervjuet. Resultatene fra de tre andre delkapitlene baseres på både gruppeintervjuet og gruppediskusjonene fra undervisningstimen.

I hvert av delkapitlene vil jeg først komme med et sammendrag av hovedfunnene. Deretter vil jeg presentere, kommentere og tolke utvalgte sitater. Helt i slutten av sitatene og samtalene vil det bli merket med (*Gruppeintervju*) eller (*Gruppediskusjon, G1/G2/G3*) avhengig om det er fra intervjuet eller gruppediskusjonene. Underkapitlene til delkapittel 5.2, 5.3 og 5.4 vil ta for seg hver kodegruppe tilknyttet det gitte hovedtemaet. I dialogene er jeg enten lærer eller intervjuer, avhengig av om samtalen tar sted under gruppeintervjuet eller i interaksjon med elevene under gruppediskusjoner i klasserommet. For hver kodegruppe vil jeg avslutningsvis komme med en oppsummering før jeg til slutt oppsummerer det jeg anser som de viktigste funnene tilknyttet hvert hovedtema.

5.1 Elevenes opplevelse av undervisningsopplegget

Et underliggende spørsmål i problemstillingen er elevenes opplevelse av opplegget. I tillegg til mer faglige spørsmål knyttet til kjemiske bindinger, energi i bindinger og ionebindinger, ble det derfor i intervjuet også inkludert spørsmål om elevenes erfaringer og tanker rundt aktivitetene i undervisningsopplegget. Det var ønskelig at disse svarene skulle gi et innblikk i elevenes tanker om de ulike aktivitetene, og dermed noe som kunne knyttes til de ulike hovedtemaene og elevenes forståelse av de utvalgte aspektene ved temaet kjemiske bindinger. I starten av intervjuet ble elevene blant annet spurt om de kunne fortelle om deres opplevelser knyttet til opplegget. I tillegg ble elevene underveis i intervjuet spurt mer direkte spørsmål knyttet til magnetmodellene, det praktiske forsøket og grubletegningen (se vedlegg A for intervjuguiden). Undervisningsopplegget hadde elementer av et praktisk forsøk på lab, to refleksjonsoppgaver, og en diskusjon rundt en grubletegning (se kapittel 4.2 for en ytterligere beskrivelse av opplegget). Det ble også brukt konkreter i form av magnetmodeller, og illustrasjon av en graf. Jeg vil i dette delkapittelet presentere resultatene knyttet til elevenes egne tanker og refleksjoner rundt aktivitetene fra undervisningsopplegget. Sitatene presentert i dette delkapittelet vil derfor bare baseres på uttalelser fra de tre elevene som deltok i gruppeintervjuet.

5.1.1 Praktiske forsøk

På spørsmålet om elevene kunne beskrive deres opplevelse av de ulike aktivitetene fra opplegget nevnte alle elevene at det praktiske forsøket hvor kalsiumklorid ble løst i vann bidro til en dypere forståelse. De trakk også frem at forsøket var både gøy og spennende.

- | | |
|----------------------------|--|
| (1) Erlend
[...] | Jeg synes det forsøket med saltet var veldig gøy [...] For vanligvis når vi gjør forsøk så vet vi egentlig hva som kommer til å skje, eller hvertfall en idé om hva som kommer til å skje. Men nå visste vi jo ikke hva som kom til å skje, så det var litt gøy synes jeg hvertfall. |
| (2) Erlend
[...] | Ja, assa da hadde du noe å knytte det til i praksis da, så det ble litt lettere å huske på tror jeg. |
| (3) Benjamin | Jeg tror at vi hadde veldig mye sånn, eh, teori på termo ... kjemi. Så det var godt å liksom få høre hvordan det funker i praksis. |
| (4) Arne | Det var mye lettere å vite hva som egentlig er en endoterm og eksoterm [reaksjon] når du faktisk får se selv da... [...] |

(Gruppeintervju)

Spesielt Erlend vektla at det var gøy at de ikke visste hva resultatet skulle være. Alle tre argumenterte videre med at praktiske forsøk gir økt forståelse siden de kan koble teorien med praksis. Forsøket vekket altså en interesse og nysgjerrighet ved at de på forhånd ikke visste resultatet, og dermed måtte observere og prøve å forklare observasjonene i etterkant. Ved at de fysisk fikk gjøre noe selv, og spesielt kjenne på varmen som ble dannet da saltet ble løst i vann, fikk de en annen tilnærming og representasjon til fenomenet som kan gi en dypere forståelse.

5.1.2 Magnetmodeller

I de to refleksjonsoppgavene fra undervisningsopplegget ble det brukt både magnetmodeller og/eller en graf (Figur 8, side 45) for å forklare energien og tiltrekningskreftene mellom partikler når de danner kjemiske bindinger. I intervjuet diskuterte elevene både positive og negative sider ved magnetmodellene.

(5) **Arne** Det med endoterm og eksoterm, du ser jo det du forklarte med at du må bruke energi for å rive de fra hverandre sant. (...) Men problemet er at du ikke ser [avbrytelse] det blir ikke helt riktig med bindingene og sånn da. Tror det er veldig sjelden at du ser et molekyl som ser sånn ut med atomene der da.

[...]

(6) **Erlend** Med sånne andre byggesett hvor du skal putte inn sånne bindinger så har du jo, så kan du putte på hvor mange hull du vil på den der ... på atomet. Eller ionet eller hva det[avbrytelse] det er kanskje et atom. Og da er det jo lettere å si hvor mange du kan binde til den og sånn. Mens her så har du liksom ikke noe begrensning ...

(Gruppeintervju)

Elevene mente at magnetmodellene illustrerte godt tiltrekningskrefter mellom motsatt ladde partikler og energien i bindinger, men at modellen ikke ga et realistisk bilde av hvordan molekylene vil se ut. Magnetmodellene fungerte altså for å forklare noen aspekt ved kjemiske bindinger, men ikke alle. Dette viste at elevene var reflekterte rundt magnetmodellens bruksområde, der de sammenlignet modellen med en annen konkret modell - kulepinnemodellen.

5.1.3 Graf om energi

Underveis i intervjuet trakk Benjamin frem og brukte grafen flere ganger da han skulle forklare energi i kjemiske bindinger. I tillegg kommenterte både Benjamin og Erlend at grafen hjalp på forståelsen.

(7) **Benjamin** Grafen hjalp for å forstå hvorfor det er eksoterm [å danne en binding] litt bedre.

(8) **Erlend** Jeg likte veldig godt den modellen [grafene] der (peker på grafene), for den dro inn noe som jeg ikke hadde tenkt på før. For eksempel med den første der. Hvordan atomkjernene var så nærme at de frastøter hverandre.

(Gruppeintervju)

Benjamin uttrykte at grafene i figur 8 hjalp på forståelsen av hvorfor det frigis energi når bindinger dannes. Grafene bidro dermed til å belyse hvorfor det frigis energi når det dannes bindinger på en annen måte enn magnetmodellene gjorde.

5.1.4 Grubletegning

I den siste timen skulle elevene diskutere en grubletegning (Figur 9, side 47) om salters struktur og hvordan det påvirker smeltepunktet. Etter et spørsmål om hva deres opplevelse av en slik type oppgave var, svarte to av informantene følgende:

(9) **Benjamin** [...] For eksempel de her to [gutten i grønn og jenta i gul fra figur 9] var jo relativt like ikke sant. Så når man har forskjellige meninger i gruppa så er det ... veldig fort at det er lett å reflektere da. Også drøfte da, hva som er riktig.

(10) **Arne** Jeg føler du får en litt bedre forståelse over temaet når du liksom snakker om det og ... reflekterer over hva som faktisk er riktig da (...).

(Gruppeintervju)

Begge trakk frem viktigheten av å reflektere og drøfte ulike påstander og meninger. Spesielt det at påstandene var relativt like ble trukket frem som positivt ved at elevene fikk litt ulike meninger som videre kunne gi rom for diskusjoner.

5.1.5 Oppsummering av funnene knyttet til elevenes opplevelse av opplegget

Elevene trakk frem at:

- de gjennom praktiske forsøk kunne koble teori med noe de kunne relatere og observere i praksis,
- ulike modeller belyste ulike aspekter ved kjemiske bindinger,
- et variert utvalg av aktiviteter og representasjonsformer bidro til økt forståelse og
- grubletegningen la opp til at elevene måtte reflektere og diskutere ulike påstander.

5.2 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen

På spørsmål om hva kjemiske bindinger var, nevnte flertallet av elevene at det var krefter som holdt atomer, ioner eller molekyler sammen i kjemiske bindinger. De aller fleste elevene refererte til tiltrekningskrefter mellom partiklene. Etter at de ble presentert for grafen i figur 8, var det et par av elevene som nevnte frastøtningkrefter i tillegg. Selv om de fleste elevene refererte til elektrostatiske tiltrekningskrefter, hadde de ulike forklaringer på hvorfor kjemiske bindinger dannes. Noen elever mente at atomene dannet kjemiske bindinger for å oppfylle oktettregelen, mens andre begrunnet kjemiske bindinger med at atomene hadde lavere energi i kjemiske bindinger enn som separate atomer. Intervjuet og gruppediskusjonene viste at elevene hadde en god forståelse av salters oppbygging gjennom krystallstrukturer, men at ikke alle hadde helt riktig forståelse av hvilke bindinger som var mellom ionene. Disse aspektene vil bli videre presentert og belyst i de tre neste underkapitlene, som representerer hver sin kodegruppe.

5.2.1 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske krefter mellom partikler

For å få en dypere innsikt i elevenes forståelse av kjemiske bindinger, ble informantene i intervjuet bedt om å forklare hva kjemiske bindinger var. I intervjuet forsøkte Erlend og Arne å gi en forklaring på kjemiske bindinger:

- | | |
|--------------------|--|
| (11) Erlend | Jeg tror jeg nevnte noe om det med ... det som binder atomene, molekylerne sammen tror jeg at jeg svarte. |
| (12) Arne | Kreftene da, jeg vet ikke. Spesielt mellom molekyler er det krefter da, men ... Jeg synes det er litt vanskelig å forklare det egentlig. |

(Gruppeintervju)

Både Erlend og Arne mente at kjemiske bindinger var noe som var mellom og bandt atomer eller molekyler sammen. Begge synes det var et stort tema som var vanskelig å forklare. For mer utdyping spurte jeg om hva det var som holdt atomene eller molekylerne sammen i en binding, og spesielt Arne og Benjamin begynte å diskutere kreftene mellom atomene.

- | | |
|----------------------|--|
| (13) Arne | Det er jo sånn tiltrekningskrefter spesielt mellom atomene da. Så er det jo negative og positiv, så da, da hadde jeg brukt sånn ... magneter tipper jeg [avbrytelse] |
| (14) Benjamin | Er det ikke sånn elektrostatiske krefter som holder de [atomene] sammen? |

(15) **Arne**

Da tror jeg det kunne vært greit å bruke magneter for å vise at liksom positive og negativ går sammen så er det ofte at du har en positiv og negativ side på atomene og de ofte kan ... binde seg med andre da ... jeg hadde forklart det sånn da.

(Gruppeintervju)

I intervjuet ble både tiltrekningskrefter og elektrostatiske krefter nevnt, der Arne forklarte at positive og negative ladninger tiltrekker hverandre. Han nevnte videre at han ville brukt magneter for å forklare kjemiske bindinger. Dette har noe sammenheng med at det i undervisningen ble brukt magnetmodeller for å forklare tiltrekningskreftene mellom motsatt ladde partikler. Sitatene viser at Arne benytter seg av elektrostatiske modeller, der han har forstått at det er tiltrekningskreftene mellom motsatt ladde partikler som danner bindinger. Likevel oppfatter jeg sitatene som noe uklare og upresise. Arne brukte bare atomer som eksempler, og nevnte spesielt at atomer hadde «positive og negative sider». Det kan dermed virke som at han kanskje forvekslet atomer med enten ioner eller dipolmoment på polare molekyler, eller at han ikke helt hadde forstått at atomet ikke nødvendigvis har positive og negative «sider», men heller positive og negative «deler» som positive protoner og negative elektroner.

I tillegg til de elektrostatiske tiltrekningskreftene, var det spesielt én elev, Benjamin, som nevnte frastøtningskrefter og hvordan disse kreftene påvirket kjemiske bindinger. I den ene refleksjonsoppgaven ble elevene bedt om å diskutere hvor på grafen i figur 8 det var en kjemisk binding. I intervjuet refererte Benjamin til denne grafen, og forklarte hvilken betydning det hadde dersom to atomkjerner kom for nærmere hverandre, og dermed frastøtte hverandre.

(16) **Benjamin**

[...] For når de [atomkjernene] er veldig tett sammen så frastøter de hverandre og da har de mye energi, [...]

(Gruppeintervju)

Benjamin mente at man må ta hensyn til både tiltrekningskrefter og frastøtningskrefter når det dannes kjemiske bindinger. Dette viser at Benjamin har forstått at det er en balanse mellom tiltreknings- og frastøtningskrefter, der partiklene vil være i en tilstand hvor de bruker minst mulig energi. Under refleksjonsoppgaven var det også to andre grupper som kom inn på hva som kunne skje dersom atomkjernene kom for nærmere hverandre. Ingen av gruppene nevnte frastøtningskrefter, og ingen av gruppene diskuterte spørsmålet så mye videre heller. Dette tyder på at de var klar over at det kanskje kunne ha en påvirkning, men ikke helt skjønnte hvordan de kunne bruke det i forklaringene sine.

Oppsummert viser funnene at elevene brukte et elektrostatiske rammeverk for å forklare kjemiske bindinger der de refererte til krefter mellom atomer eller molekyler. Noen elever tok bare for seg tiltrekningskreftene mellom motsatt ladde partikler, mens andre fremhevet også den rollen frastøtningkreftene har i dannelse av kjemiske bindinger.

5.2.2 Ionebindinger dannes mellom positive og negative ioner og struktureres i gitterstrukturer

Alle elevene mente ionebindinger var bindinger mellom positive og negative ioner. I beskrivelsen av ionebindinger var det flere elever, både i intervjuet og i gruppediskusjonene som tydelig vektla hvordan ioner dannes. Under intervjuet trakk blant annet Erlend frem hvilken rolle elektronegativitet har for dannelse av ioner og ionebindinger.

(17) **Erlend** Når det er to stoffer som har veldig stor forskjell i elektronegativitet. For da vil den ene holde veldig sterkt på elektronene og de andre ikke så da vil den bare den som har høy elektronegativitet bare dra til seg elektronene.

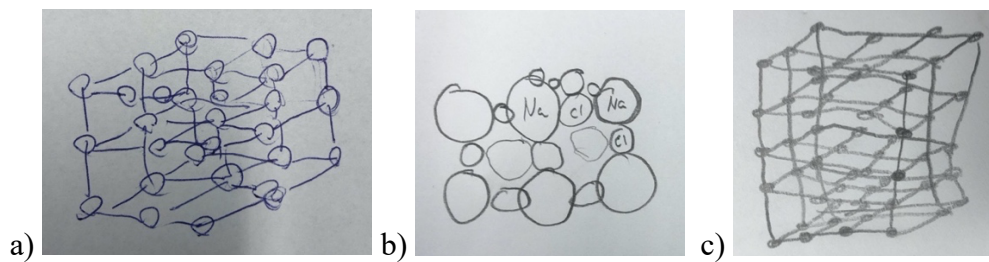
(18) **Arne** Også ofte mellom metaller og ikke-metaller (...). Eh ja, åssen blir det. Du overfører også et eh elektron da på en måte.

(Gruppeintervju)

Erlend påpekte at ionebindinger dannes mellom stoffer med stor forskjell i elektronegativitet, og Arne la til at ionebindinger ofte var mellom metaller og ikke-metaller. Videre spesifiserte begge at det skjedde en elektronoverføring når ionebindinger dannes. Dette ble også påpekt under en gruppediskusjon hos gruppe G2. Der sammenlignet Klara, i likhet med Erlend og Arne i intervjuet, ionebindinger med en elektronoverføring der hun nevnte at elektronene «hopper helt over» når ionebindinger dannes. Dette viser at elevene var inne på viktigheten og betydningen av elektronegativitet der ioner dannes ved at det skjer en overføring av elektroner. Samtidig kan det tyde på at de kanskje vektla denne elektronoverføringen litt for mye, og dermed trodde at det kun ble dannet ionebindinger mellom atomene som var involvert i selve elektronoverføringen.

Selv om flere av elevene refererte til at det måtte skje en elektronoverføring for å danne ionebindinger, mente alle elevene, både under gruppediskusjonene og i intervjuet, at ionebindinger dannet gitterstrukturer. Alle elevene mente også at det var ionebindinger i saltkrystaller, men det var ulike svar på hvor og hvor mange ionebindingene det var. Under intervjuet ble alle de tre informantene bedt om å tegne et NaCl-salt. Informantene ble bedt om

å tegne hver sin struktur, men de satt ved siden av hverandre i samme rom. Likevel ble figurene ganske forskjellige. De tre illustrasjonene fra intervjuet er vist i figur 10.



Figur 10: a) Benjamin sin tegning av NaCl (s). b) Arne sin tegning av NaCl (s). c) Erlend sin tegning av NaCl (s).

Alle informantene tegnet NaCl-saltet som en krystallstruktur. Benjamin og Erlend tegnet en tredimensjonal struktur med streker mellom bindingene. Arne tegnet en todimensjonal struktur der ionene var plassert tett inntil hverandre. Da de ble spurt om hvorfor de tegnet som de gjorde, forklarte Arne at den todimensjonale strukturen viste at ionene var bundet tett inntil hverandre, mens den tredimensjonale strukturen illustrerte bedre at ionene var bundet til hverandre i alle retningene. Arne tegnet saltet som han gjorde fordi:

(19) **Arne**

Det er jo ionebinding, så får de positive og negative sider sant. Også det vil jo binde seg med flere positive og negative sider. Og da vil du få sånn gittermønster der positivt med negativ rundt ... også ja. NaCl som liksom er formelenheten. Sånn minste mulige delen av saltet. Men saltet består av masse NaCl som er kobla ...

(Gruppeintervju)

Arne beskrev ionebindinger som bindingene mellom en positiv side og en negativ side. Videre mente han at ionebindingene dannet en gitterstruktur ved at et positivt ion kunne binde seg til flere negative ioner. På den måten viste Arne at han hadde forståelse for oppbyggingen av salter i tillegg til at han refererte til elektrostatiske tiltrekningskrefter mellom alle ionene. Det kunne dermed tyde på at han mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet, noe som ble bekreftet både senere i intervjuet og gjennom lydopptak av gruppediskusjonene.

I likhet med Arne, mente Jakob i gruppe G1 at NaCl (s) dannet en gitterstruktur der ionene i saltet kunne danne flere bindinger.

(20) **Jakob**

[...] det herre saltet rutenettverket så kan det bindes over, under, begge sider, det. så da blir det liksom rom for flere bindinger da.

(21) **Thomas**

Det er jo fast stoff da, så [avbrytelse]

(22) **Jakob**

Mmm. Også har den i mye større grad en struktur da, ... Så hvis ... hvis man liksom tegner det opp så kan i den kuben så ser man at det er mye mer rom for flere ... eller hvert sånn eh salt da. Eller NaCl-molekyl, de binder seg med mye fler andre natrium-, natrium-, ... kloridmolekyler. Mens vann bare forbinder seg med to liksom.

(Gruppediskusjon, G1)

Samtalen viser at Jakob hadde forstått hvordan ionene dannet kubeformet rutenettstrukturer og ikke enkle molekyler. Selv om Jakob forklarte at det ble dannet krystallstrukturer, nevnte han likevel ikke hvilke bindinger som var mellom ionene. Litt senere i diskusjonen nevnte Jakob at det hovedsakelig var ionebindinger mellom natrium- og kloridionet. Ytring 22 fra samtalen over viser tydelig at Jakob mente gitterstrukturen bestod av NaCl-«molekyler» bundet til andre NaCl-«molekyler». Marius fra samme gruppe mente også at det eksisterte NaCl-«molekyler» innad i saltet, og var tydelig på at det ikke kunne være ionebindinger mellom alle ionene.

(23) **Marius**

Det er ikke de bindingene som skal splittes. Det er jo bindingene mellom molekylerne. Så det er vel bare riv ruskende galt.

(Gruppediskusjon, G1)

Marius var klar på at det ikke var ionebindinger som ble brutt da et salt går fra fast stoff til væske. Det kan dermed virke som at Marius refererte til at det var intermolekylære bindinger mellom molekylerne i saltet og ionebindinger mellom ionene i molekylet. Det er uklart hvilke intermolekylære bindinger de i så fall mente det var mellom NaCl-«molekylerne», men sitatene viser tydelig at de mente det var andre bindinger enn ionebindinger.

Oppsummert var det flere som knyttet elektronoverføring tett sammen med ionebindinger. Funnene viser også at elevene i stor grad forsto at ionebindinger dannes ved at positive og negative ioner pakkes sammen i gitterstrukturer. Det var delte meninger om hvilke bindinger det var innad i gitterstrukturen. Noen elever mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet, mens andre mente det var ionebindinger innad i NaCl-«molekylet» og andre bindinger mellom molekylerne i saltet.

5.2.3 Kjemiske bindinger dannes for å oppfylle oktettregelen

Det var ingen av elevene som nevnte oktettregelen i løpet av noen av gruppediskusjonene underveis i undervisningen. Refleksjonsspørsmålene om energi i bindinger la opp til å forklare kjemiske bindinger utfra partiklenes stabilitet i form av energi. På den måten ble det ikke lagt

opp til å snakke om oktettregelen. Under intervjuet fikk informantene spørsmål om hvorfor kjemiske bindinger dannes, og da begynte Erlend og Arne å diskutere oktettregelens betydning.

- | | |
|------------------------|--|
| (24) Intervjuer | Men hvorfor mener dere at det skjer en kjemisk binding da? |
| (25) Erlend | Ehm ... Det er vel for at det [atomene] skal oppfylle åtteregelen er det ikke? Atomene at de skal ... |
| (26) Arne | Bli mest mulig stabil. |
| (27) Erlend | Ja. |
| (28) Arne | Fordi når du ikke har oppfylt oktettregelen. Er det ikke for de første 20 [grunnstoffene] spesielt da? |
| (29) Erlend | Nei, det eh ... |
| (30) Arne | Så er de litt sånn ustabile og da ... vil de prøve å bli mest mulig stabile da. |

(Gruppeintervju)

Både Erlend og Arne mente at kjemiske bindinger dannes for å oppfylle oktettregelen og blir stabile dersom de får åtte elektroner i ytterste skall. Resultatene fra kartleggingstesten viste at 5 av 13 elever refererte til oktettregelen når de skulle forklare kjemiske bindinger. Det kan derfor hende at selv om oktettregelen ikke ble nevnt i undervisningen, hadde det vært flere elever som likevel ville forklart at kjemiske bindinger ut fra et oktetttrammeverk.

Også litt senere i intervjuet tok Arne igjen opp oktettregelen som et kriterium for hvorfor kjemiske bindinger dannes, og en ny diskusjon rundt oktettregelen oppstod.

- | | |
|------------------------|--|
| (31) Arne | Og da vil det bli en binding da. Også vil de prøve å utfylle den oktettregelen da. Og få åtte i ytterste sirkelen da. |
| (32) Intervjuer | Mhm, men hva med hydrogen og helium da? Vil de ha åtte? |
| (33) Erlend | Nei, de har lyst å ha to. Eh... så det ... men det går vel også under åtteregelen gjør det ikke det? Eller er det ikke samme greie der da? |
| (34) Arne | Du kan si at de skal fylle ut ytterste skall da. |
| (35) Erlend | Det var en mye bedre måte å si det på. |

(Gruppeintervju)

Samtalen viser at elevene forklarte kjemiske bindinger gjennom oktettregelen til tross for at de ble utfordret med unntakseksempler. Det kan dermed tyde på at oktettregelen var for godt

etablert som forklaringsmodell til at elevene skulle oppdage og reflektere over svakheter ved modellen i løpet av intervjuet.

Oppsummert var det ingen av elevene som nevnte oktettregelen i gruppediskusjonene i undervisningen, men to av informantene i intervjuet mente at kjemiske bindinger dannes for å oppfylle oktettregelen. Intervjuet viste dermed at noen av elevene benyttet seg av et oktetttrammeverk for å forklare kjemiske bindinger, hvor oktettregelen ble brukt som hovedargument for hvorfor kjemiske bindinger dannes.

5.2.4 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 1

- Flertallet av elevene forklarte kjemiske bindinger ved å beskrive elektrostatiske tiltrekningskrefter mellom partikler.
- Noen elever begrunnet kjemiske bindinger ved at atomene hadde lavere energi i en binding enn som separate atomer.
- To av elevene i intervjuet refererte tydelig til oktettregelen.
- Alle elevene beskrev ioneforbindelser som ioner pakket sammen i gitterstukturer.
- Elevene hadde ulike meninger om hvilke bindinger det var mellom NaCl-«molekylene» i NaCl (s):
 - Noen mente det var ionebindinger mellom alle ionene.
 - Andre mente det var ionebindinger mellom et natrium -og et kloridion og andre bindinger mellom NaCl-«molekylene»

5.3 Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes

Undervisningsøkten la til rette for flere diskusjonsoppgaver der elevene diskuterte energiens rolle i kjemiske bindinger. Mange av elevene mente det ble frigitt energi når kjemiske bindinger dannes, men det var også noen som mente at det ble frigitt energi når kjemiske bindinger brytes. Flere elever trakk også inn aktiveringsenergi - at det kreves energi for at en reaksjon skal skje. En videre utdyping av disse aspektene vil bli belyst i de to neste underkapitlene.

5.3.1 Det kreves energi for at en reaksjon skal skje

I den første refleksjonsoppgaven skulle elevene reflektere over om kjemiske bindinger frigir eller krever energi. Samme spørsmål ble gitt på kartleggingstesten, der kun 2 av 13 elever mente at det ble frigitt energi. Gruppediskusjonene viste at det var blandede meninger rundt dette, der flere av elevene, blant annet Arne fra gruppe G2 mente at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne være eksoterm og endoterm.

(36) **Arne**

Begge deler er det ikke? Eller du kan ha sånn aktiveringsenergi ikke sant. For du må først ha sånn aktiveringsenergi for at det skal skje noe_ en kjemisk eh ... når det dannes kjemiske bindinger og så kan det enten bli eksoterm eller endoterm etter det.

(Gruppediskusjon, G2)

Arne argumenterte for at det både kunne være en eksoterm og endoterm reaksjon på grunn av aktiveringsenergien som kreves for at kjemiske reaksjoner skal skje. Dette viser at Arne har forståelse for hvordan kjemiske reaksjoner skjer, men at han ikke skilte de to separate delreaksjonene når kjemiske bindinger brytes og dannes. Det virket kanskje som at han ikke helt forstod at spørsmålet bare handlet om når kjemiske bindinger dannes, ikke totalreaksjonen.

Under intervjuet spurte jeg informantene om de husket hva de hadde svart på kartleggingstesten. Benjamin trodde han svarte eksoterm, Erlend var usikker, mens Arne trodde han kunne ha svart at det var en endoterm reaksjon. Videre forklarte han hvorfor han kunne ha endret mening.

(37) **Arne**

Jeg tenkte på aktiveringsenergi på den testen. Nå tenker jeg mer på hva sluttproduktet er da. For du ... sluttproduktet er jo at det frigjør energi. At den [atomet] har gitt fra seg energi fra der den starta. Siden den har blitt mer stabil og da slipper den ut energi tipper jeg.

(Gruppeintervju)

Arne forklarte at han på kartleggingstesten tenkte på aktiveringsenergi, noe som ble bekreftet i lydopptaket fra gruppediskusjonen i ytring 36. I undervisningsopplegget ble det lagt mye vekt på energien både når bindingene brytes og dannes. Sitatene over viser at Arne endret mening fra å tro at dannelse av kjemiske bindinger var en endoterm reaksjon til at det var en eksoterm reaksjon. Arne nevnte at det i sluttproduktet frigis energi og at atomene gir fra seg energi fra der de startet. Det er uklart om han mente at den netto energiendringen er eksoterm og at dermed alle kjemiske reaksjoner er eksoterme og frigir energi til omgivelsene, eller om han mente at frie atomer frigir energi når de inngår i bindinger.

Noen av gruppene mente som nevnt at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne være en eksoterm og en endoterm reaksjon. Under forsøket på lab uttrykte Klara og Arne fra gruppe G2 at varmen skyltes bindinger som ble brutt.

- | | |
|-------------------|---|
| (39) Klara | Okey, men forklaringen på det ... er at når saltet ... at når ... fordi når saltet reagerer med vann, så liksom brytes opp ionebindingene. [...] Og når bindingene brytes opp så er det ... eks [avbrytelse] nei. |
| (40) Arne | Jo eksoterm frigjøres varme til omgivelsene. |
| (41) Klara | Ja. Ja. Så når de bindingene brytes opp så ... er den eksoterm og da frigis det varme. |

(Gruppediskusjon, G2)

Det kan virke som at Klara ble litt usikker på sin egen forklaring og avbrøt seg selv da hun skulle si at det å bryte en binding var en eksoterm reaksjon. Arne påpekte at en eksoterm reaksjon frigir varme til omgivelsene, noe som i utgangspunktet er sant. I dette tilfelle ble den informasjonen brukt når saltet ble løst i vann, og ikke når ionene dannet nye bindinger til vannet. De fikk støtte fra Jakob fra gruppe G1 som også mente at varmen skyltes at bindingene i saltet ble brutt.

- | | |
|-------------------|---|
| (42) Jakob | Det er mye energi i det derre kalsiumklorid i utgangspunktet. |
| [...] | |
| (43) Jakob | Ja, så det er veldig mye energi som kunne frigjøres og da ble det veldig varmt. |

(Gruppediskusjon, G1)

Sitatene viser at Jakob mente det var mye energi i kalsiumkloridsaltet som kunne frigis og danne varme. Måten han ordla seg på kan tyde på at han mente at det var energien som var lagret i kalsiumklorid som ble frigitt og omdannet til varme da bindingene ble brutt. Siden elevene i gruppe G2 og Jakob i gruppe G1 mente at det å bryte en binding var en eksoterm reaksjon, kan det indirekte bety at de mente at det å danne en binding var en endoterm reaksjon.

Oppsummert viser funnene at flere av elevene husket at det måtte energi til i form av aktiveringsenergi for at en reaksjon skulle skje. I stedet for å se på bindingsdannelse som en egen reaksjon, tok de totalreaksjonen i betraktning og nevnte aktiveringsenergiens rolle. Aktiveringsenergien kan forklare grunnen til at elevene kunne argumentere for at dannelse av

kjemiske reaksjoner både kunne være en endoterm og en eksoterm reaksjon. Det kan også forklare at noen grupper på lab mente at det å bryte en binding var en eksoterm reaksjon.

5.3.2 Det frigis energi når bindinger dannes

Samtlige grupper konkluderte til slutt med at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes. Som nevnt i samtalen mellom elevene i gruppe G2 i ytring 39-41, konkluderte elevene først med at det var en endoterm reaksjon når kjemiske bindinger dannes og at varmen skyltes at ionebindinger ble brutt. Etter en samtale med læreren gikk det opp for Arne at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes, ikke når de brytes. Videre prøvde han å forklare resten av gruppen hvorfor totalreaksjonen ga varme.

(44) **Arne** Når vannet og CaCl_2 når de liksom eh... møtes da så vil de eh... hva det heter, dannes en ny binding ikke sant. Jeg vet ikke helt sikkert, men det kan gjøre det og da vil du få... da vil du få nye bindinger som vil også gjøre at det frigir energi for det er eksoterm. Hver gang det dannes nye bindinger så vil det jo bli en eksoterm reaksjon. Som betyr at du vil kjenn varme. Tror jeg.

(Gruppediskusjon, G2)

Arne viste at han forstod at det var de nye bindingene som gjorde at det ble utviklet varme. Han nevnte ikke at ionene i saltet først ble løst opp i vannet, og at det var ionene som dannet nye bindinger med vann. Likevel krevde ikke oppgaven at de skulle komme frem til reaksjonslikningen, men at de skulle forstå at sluttresultatet var at det ble dannet flere og sterkere bindinger enn i utgangspunktet. Dette var han tydelig inne på.

Hensikten bak forsøket på lab var at elevene selv skulle få observere en eksoterm reaksjon, og komme opp med en forklaring på hvorfor det ble varmt. Nedenfor viser et utdrag av en samtale mellom elevene i gruppe G1 der de diskuterte hva som skyltes varmen de kjente.

(48) **Marius** Man splitter_ eller de går fra hverandre.
(49) **Jakob** Nei hvordan tar det å [avbrytelse] hvordan er det en eksoterm reaksjon?
(50) **Marius** Har ingen anelse. Jeg tror de [ionene] kobles med vann istedenfor. Men jeg skjønnte ikke helt, jeg synes det var litt merkelig.
(51) **Thomas** Ja når ionene splittes så frigjøres de energi da?
(52) **Jakob** Når ionene splittes så burde det jo krevd energi.

- (53) **Thomas** Er det ikke at når de er separate så krever det mer energi? Så hvis de splittes så vil [avbrytelse]
- (54) **Marius** Så blir det varmt [avbrytelse]
- (55) **Thomas** Ja, så vil det kreve energi.
- (56) **Jakob** Mhm, så jeg skjønner ikke helt greia.
- (57) **Marius** Jeg tror ikke det blir splitta_ altså når du tar NaCl i vann, så vil bare selve, selve vannet føre både klorid og natrium fra hverandre i løsningen. Det er sånn en vannløsning fungerer.
[...]
- (58) **Marius** Så er det bindinger mellom vannet og, og disse forskjellige ionene som oppstår. To Cl⁻ og Ca²⁺ ... det er vel sånn det fungerer.

(Gruppediskusjon, G1)

Samtalen viser at de i starten var usikre på hvordan splitting av ionebindinger kunne være en eksoterm reaksjon, da de mente at det krevde energi (endoterm reaksjon). Marius og Thomas mente at det ble utviklet varme da ionene ble splittet, men mente også at det burde krevd energi, noe som er motstridende. Det kan virke som at de ble litt forvirret over totalreaksjonen og de to separate delreaksjonene hvor bindingene brytes og deretter dannes. Til slutt beskrev Marius hvordan vannet løste opp saltet, og hvordan nye bindinger ble dannet. Det var litt uklart hvilke bindinger han mente, men siden Marius snakket om de nye bindingene mellom ionene og vann, tolker jeg det som at han mente at de nye bindingene var eksoterme.

I intervjuet var også alle informantene enige i at dannelse av kjemiske bindinger frigir energi. Benjamin forklarte blant annet den eksoterme reaksjonen ved å sammenligne energien partiklene hadde alene og når de var sammen i en binding.

- (59) **Benjamin** Men jeg mener stoffer går jo i ... sam [avbrytelse] de gå sammen ... De reagerer med hverandre for at det er den enkleste mulige formen de kan være i. Det tar mer energi å holde de fra hverandre enn å bare dette sammen.
[...]
- (60) **Benjamin** Jeg mener at her (peker på venstre side av bunnpunktet i figur 8) så frigjøres det energi, også her da (peker på høyre side av bunnpunktet i figur 8). For når de [atomkjernene] er veldig tett sammen så frastøter de hverandre og da har de mye energi, og når de er langt fra hverandre så har de også mye energi da. Så når de detter sammen så frigjøres, frigjøres det energi.

(Gruppeintervju)

Benjamin forklarte kjemiske bindinger ved å sammenligne atomenes energibruk i og utenfor en kjemisk binding. Han brukte også grafen fra figur 8 til å forklare energiendringen, og konkluderte med at dersom atomene var for nærme eller for langt fra hverandre ville det krevd mer energi enn om de var i en binding. På grunn av energidifferansen ville det frigis energi når atomene dannet en kjemisk binding. De to sitatene viser at Benjamin har god forståelse for hvilken rolle energi spiller i kjemiske bindinger.

Oppsummert konkluderte alle informantene i intervjuet med at dannelse av kjemiske bindinger var en eksoterm reaksjon. På lab observerte alle gruppene at det ble utviklet varme da saltet løste seg i vann. Arne og Marius forklarte hvordan ionebindingene først ble brutt, før det ble dannet nye bindinger som resulterte i varmeutvikling.

5.3.3 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 2

- Flere elever forklarte at det både kunne kreves og frigis energi når kjemiske bindinger dannes, avhengig av konteksten på spørsmålet.
- Noen elever forklarte at det kreves aktiveringsenergi for at reaksjoner skal skje.
- Elevene forklarte varmeutviklingen med at nye bindinger ble dannet.
- Etter undervisningen mente alle elevene i intervjuet at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes.

5.4 Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå forklarer stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå

Grubletegningen satte i gang flere diskusjoner rundt smeltepunkt og struktur til både salter og vann. Alle elevene mente at det var ulik bindingsstyrke på bindingene mellom NaCl-«molekylene» og vannmolekylene. De diskuterte hydrogenbindinger mellom vannmolekylene, og sammenlignet det med ionebindingene i saltet. Noen elever kommenterte at påstanden brukte ordet NaCl-«molekyl», noe de mente ikke stemte. I tillegg ble det nevnt at strukturen til salter påvirket smeltepunktet. Elevene mente også at bindingene og strukturen til salter påvirket salters egenskaper og løselighet i vann. De forklarte at ionene saltet ble splittet, og dannet nye bindinger til vannet. De tre neste underkapitlene beskriver disse aspektene ytterligere.

5.4.1 Det er forskjell på bindingsstyrken mellom NaCl-«molekylene» og mellom vannmolekylene

Det var ulike meninger rundt påstanden «det er sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn det er mellom vannmolekylene» fra grubletegningen (Figur 9). En samtale mellom elevene i gruppe G1 viser hvordan elevene startet med å ha ulike meninger, men etter en diskusjon konkluderte de med at de var enige i påstanden.

- | | |
|--------------------|--|
| (61) Marius | Det er sterkere binding mellom NaCl-molekylene enn det er mellom vannmolekylene [leser opp en påstand]. |
| (62) Jakob | Mhm, det stemmer? |
| (63) Marius | Det tror jeg ikke stemmer. Her snakker vi om bindingene mellom natrium- og klor molekylene. Du skal ikke splitte opp de to ... for å få den til å smelte. Du skal splitte mellom bindingene som er mellom NaCl-molekylene. |
| (64) Thomas | Jeg tror det er mellom NaCl og en annen NaCl. Og vannmolekyler så H ₂ O [avbrytelse] |
| (65) Marius | Åja, så kanskje det er riktig da? |
| (66) Thomas | Så der er det hydrogenbindinger. Og den andre har jo en [avbrytelse] |
| (67) Jakob | For mellom, ja siden de er salter de går jo inn i sånne, hva skal vi kalle det, sånne ... de har jo struktur. De går inn i en sånn kubeforma ... de er veldig eh ... sterk da og krever veldig mye energi for å løse opp siden de har liksom ... de bindes til alle sidene i sånn rutenettet hvis vi kan si det sånn da. Mens vann de er bare sånn du sa hydrogenbindinger. Svake bindinger ... mens hele nettverket med salter er sterke bindinger. |

(Gruppediskusjon, G1)

Marius mente først at det ikke kunne stemme siden det var bindingene mellom NaCl-«molekylene» som ble brutt, ikke ionebindingene mellom natrium og klor i selve NaCl-«molekylene». Han hadde i utgangspunktet rett i at det er bindingene mellom molekyler som brytes når et stoff smelter, men det virker som at han ikke helt hadde forstått strukturen til salter. Både bindingene mellom natrium- og kloridionet og bindingene «mellom molekylene» i saltet vil være ionebindinger. Samtalen tyder på at Marius hadde den alternative forestillingen om at ionebindinger danner molekyler (Butts & Smith, 1987). Videre forklarte Jakob strukturen til saltet gjennom å referere til salters rutenett. Han brukte gitterstrukturen til salter til å forklare hvorfor det kreves mye energi å bryte opp ionebindinger og at salter derfor har høyt

smeltepunkt. Selv om han refererte til gitterstrukturen kommenterte han ikke hvilke bindinger som holdt ionene sammen i gitteret.

Gruppe G2 kom også først frem til samme konklusjon som gruppe G1. Samtalen under viser deres refleksjoner og fremgangsmåte for å angripe påstanden.

(68) Arne	[...] Den her? Ja, det er sterkere bindinger mellom NaCl-molekylene enn det er mellom vannmolekylene. Det er jo riktig det da.
(69) Vilde	Ja.
(70) Arne	For du får en ionebinding mellom alle ... eh ... saltene da. Mens vannmolekylene vil ha hydrogenbinding som er de sterkeste svake bindingene. Men det har jo ingenting å si når du har en sterk binding.
[...]	
(71) Klara	Nei, men sånn mellom ... eh.. hvilken type svak binding er det mellom ... NaCl-molekylene?
(72) Arne	Ion-ion, nei.
(73) Klara	Ja.
(74) Arne	Ion-dipol ... Nei jeg tror ikke det er svake bindinger. Jeg tror det er sterke bindinger at du har liksom [avbrytelse] du har bare NaCl mellom alle. [...] Det gir mening hvis de skal ha høyest smeltepunkt enn vann da. At du bare har sterke bindinger.
(75) Klara	Ja.
(76) Arne	Fordi at hvis du skal ha svake [bindinger] så vil man ha høyest fordi det er hydrogenbindinger. Så du må ha sterke bindinger mellom alle ... molekylene da.

(Gruppediskusjon, G2)

Arne og Klara diskuterte hvilke bindinger det var mellom NaCl-«molekylene» for å kunne sammenligne de med hydrogenbindingene mellom vannmolekylene. Til slutt konkluderte Arne med at det måtte være sterke bindinger mellom alle NaCl-«molekylene» siden NaCl (s) hadde høyest smeltepunkt. På den måten begrunnet han smeltepunktet på makroskopisk nivå med forklaringer på submikroskopisk nivå ved å referere til strukturen og bindingene innad i saltet.

En oppsummering av funnene viser at påstanden la opp til diskusjoner, der alle gruppene i utgangspunktet mente at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene. De konkluderte med at det var sterke ionebindinger mellom ionene i saltet, og hydrogenbindinger mellom vannmolekylene.

5.4.2 Salter består ikke av molekyler

I løpet av diskusjonene var det to av elevene som reagerte på at det stod NaCl-«molekyler». Etter å ha diskutert alle påstandene bestemte gruppe G2 seg for hvilken påstand de var mest enig i. Arne begrunnet hvorfor de mente at påstanden om at NaCl-«molekylene» hadde sterkere bindinger mellom seg enn vannmolekylene ikke var helt rett likevel.

(77) **Arne**

Eh, den der er feeeil (peker på gutten i figur 8) for du kan liksom ikke få ... mellom vann så har du sånn... eh, hydrogenbindinger. Og du kan ikke få sterkere svake bindinger enn hydrogenbindinger. Så den kan ikke være rett da. Så hvis NaCl har høyt kokepunkt så må de ha andre type bindinger mellom da.

(Gruppediskusjon, G2)

Videre spesifiserte Arne at bindingene mellom ionene måtte være sterke. Som svar når læreren påpekte at det i påstanden stod «sterkere» binding, svarte han at det påstanden også stod «NaCl-molekylene». Dette mente han var upresist fordi det indikerte at det var en svak binding. Samtalen viste at Arne reflekterte godt over påstanden, og stilte seg kritisk til både ordlyd og ordvalg. Han mente at påstanden var litt sann, og litt usann, og konkluderte dermed med at en annen påstand var mer riktig.

Gruppe G3 konkluderte også først med at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene, men endret mening etter en samtale med lærer. I likhet med Arne stilte også Erlend seg kritisk til ordbruken rundt «NaCl-molekyl».

(78) **Erlend**

Eh, vi er enig med han her [avbrytelse] eh som sier at det er sterkere bindinger mellom NaCl-molekylene enn mellom vannmolekylene.

(79) **Lærer**

Okey [avbrytelse]

(80) **Erlend**

For mellom_ eller mellom molekylene ... Eh, det tror jeg ikke... For det at, det er ... fordi at mellom vannmolekylene så er det hydrogenbindinger, og de er vel sterkere enn de andre svake bindingene?

(81) **Lærer**

Hydrogenbindinger?

(82) **Erlend**

Mhm (nikker).

(83) **Lærer**

Av svake bindinger så regnes hydrogenbindinger som de sterkeste ja.

(84) **Erlend**

Ja, eh, og det er jo svake bindinger som er [avbrytelse] som binder sammen molekyler. Eh, så da vil den ... for jeg tenkte på innad i, i molekylet.

(Gruppediskusjon, G3)

Etter at Erlend forklarte til læreren at de mente det var sterkere binding mellom NaCl-«molekylene» gikk det opp for han at molekyler impliserte at det var svake bindinger mellom molekylene. Han reflekterte over de svake bindingene og fikk bekreftet at hydrogenbindingene var de sterkeste svake bindingene. Samtalen både i gruppe G2 og G3 viser at elevene reflekterte over at forskjell i smeltepunkt skyltes forskjellen i strukturen hos at salter og molekyler, der salter ikke kunne bestå av molekyler.

Oppsummert gikk det etter litt refleksjon opp for to av gruppene at det var snakk om NaCl-«molekyler», som betydde at det burde vært svake bindinger også mellom NaCl-«molekylene» i saltet. Dette skapte forvirring da hydrogenbindingene regnes som de sterkeste svake bindingene. De to gruppene endret dermed konklusjon fra å være helt enig i påstanden om at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene, til å mene at den bare var delvis rett.

5.4.3 Det skjer en kjemisk reaksjon når salt løses i vann

Som beskrevet tidligere i resultatkapittelet diskuterte elevene både hvilken rolle aktiveringsenergi har i kjemiske reaksjoner, og hvordan det å danne en kjemisk binding var en eksoterm reaksjon. På lab skulle gruppene diskutere hva som skjedde når de løste CaCl_2 i vann, hvor målet var at de skulle observere energidannelsen når nye bindinger dannes. På det ene diskusjonsspørsmålet skulle de diskutere hva de observerte, og hovedobservasjonen var at det ble utviklet varme. I tillegg til varme var det to grupper som nevnte at saltet ble løst i vann. Dette er i likhet med varme en vesentlig observasjon for å forklare varmetutviklingen. For at de nye bindingene skulle dannes måtte saltet først løses opp, noe som kan beskrives på submikroskopisk nivå.

(85) **Marius**

[Ionene] Spaltes av vannet siden det, det er åpenbart lø, løs, løsbart i vann.

(Gruppediskusjon, G1)

(86) **Klara**

Det [saltet] løses opp. Sakte, men sikkert. [...] Okey, men forklaringen på det ... er at når saltet ... at når ... fordi når saltet reagerer med vann, så liksom brytes opp ionebindingene.

(Gruppediskusjon, G2)

Begge gruppene beskrev at saltet ble løst i vann, og både Marius og Klara begrunnet observasjonen ved at ionebindingene ble brutt eller spaltet da saltet reagerte med vannet. Det ble ikke spesifisert at de skulle finne reaksjonslikningen til reaksjonen, men de fleste gruppene ønsket likevel å finne ut av den. I intervjuet forsøkte Erlend å komme med en forklaring.

(87) **Erlend**

Men mellom_ når du har brutt opp den her ikke sant. Så blir dem_ danner bindinger med vannet. Hvilke bindinger er det? Blir det liksom et H_2OCa molekyl liksom? Eller ...

(Gruppeintervju)

Erlend var inne på at det ble dannet nye bindinger med vann, og var ved en tidligere anledning inne på at ionene i saltet ble splittet etter at ionebindingene ble brutt. For å lede de inn på rett spor stilte jeg et oppfølgingsspørsmål om hvordan ioner kan danne bindinger med vann.

(88) **Arne**

Du løser jo opp ikke sant. Og da får du sånn kalsium og Cl^- tror jeg, ja Cl^- og kalsium noe.

(89) **Erlend**

Ja, men det er vel noe med at de ionene har en ladning også er vannet også polart.

(90) **Arne**

Ja.

(91) **Erlend**

Og da kan det liksom legge seg rundt eh, de ionene slik at de løses opp. Jeg tror det er noe med det. Husker ikke helt hvordan det er.

(Gruppeintervju)

Erlend reflekterte rundt hvordan ioner som har en ladning og vann som har et dipolmoment kan interagere med hverandre, men husket ikke helt hva den type bindingen heter. Litt senere i intervjuet kom Erlend og Arne frem til at det kunne være ion-dipol krefter mellom saltet og vannet. Dette viser at elevene brukte forklaringer på submikroskopisk nivå for å forklare løselighetsegenskapene til salter på makroskopisk nivå.

Oppsummert var flertallet av elevene klar over at det skjer en kjemisk reaksjon når salt løses i vann. For at nye bindinger skulle dannes og avgi varme, måtte de gamle bindingene først brytes. I starten var det mye diskusjon og litt frustrasjon rundt hvilke bindinger som ble dannet. Etter litt refleksjon og litt hjelp fra lærer, kom flere grupper frem til at det ble dannet nye bindinger mellom ionene fra saltet og vannet. Dette viser at elevene forklarte salters egenskaper knyttet til løselighet basert på hvilke bindinger det var mellom ionene.

5.4.3 Oppsummering av funnene knyttet til hovedtema 3

- Noen av elevene mente at NaCl (s) hadde høyere smeltepunkt enn vann fordi det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene.
- To av elevene reagerte på at det stod NaCl-«*molekyler*», og mente det var upresist ordvalg.
- I reaksjonen mellom salt og vann forklarte flere av elevene at ionene i saltet først ble splittet før ionene kunne danne nye bindinger med vann.

6 Diskusjon

Det er forsket mye på hvilke alternative forestillinger kjemi- og naturfagelever kan ha om kjemiske bindinger, og flere begrunnede forslag til hvordan undervisning om kjemiske bindinger burde legges opp er lagt frem i litteraturgjennomgangen i kapittel 2.2. Formålet med denne studien har vært å kartlegge kjemi 1-elevs forståelse av noen utvalgte aspekt ved kjemiske bindinger. Det ble som nevnt utformet og gjennomført et undervisningsopplegg om energi i bindinger og ionebindinger. Resultatene og analysen av gruppediskusjonene og gruppeintervjuet (Kapittel 5) vil i kapittel 6.1 drøftes i lys av litteraturen som er beskrevet i kapittel 2. De tre hovedtemaene vil bli drøftet og diskutert i hvert sitt underkapittel. Delkapittel 5.1 fra resultatkapittelet inngår ikke i noen av hovedtemaene. Det vil derfor bli drøftet gjennomgående i diskusjonskapittelet og vil også gi innspill til delkapittelet om implikasjoner til undervisning (se kapittel 7.2). I kapittel 6.2 vil forskningsspørsmålene bli besvart, og i kapittel 6.3 vil jeg komme med en kritikk av studien.

6.1 Drøfting av resultatene

6.1.1 Kjemiske bindinger dannes gjennom elektrostatiske interaksjoner og for å oppfylle oktettregelen

Fellesnevneren for anbefalingene beskrevet i litteraturgjennomgangen (se kapittel 2.2) var at undervisningen burde baseres på elektrostatiske interaksjoner i form av tiltreknings- og frastøtningkrefter mellom partikler. Flertallet av elevene i denne studien forklarte kjemiske bindinger som krefter mellom partikler, der spesielt tiltrekningskreftene mellom motsatt ladde partikler ble trukket frem av flere av elevene. Spesielt Arne nevnte i intervjuet at magnetmodellene blant annet kunne bidra til å demonstrere tiltrekningskreftene mellom partiklene.

Kronik et al. (2008) anbefaler å vektlegge både de elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningkreftene. Flertallet av elevene nevnte tiltrekningskreftene, men bare Benjamin tok i tillegg opp og tydelig beskrev frastøtningkreftene sin rolle (ytring 16, side 54). Han brukte grafen fra figur 8 (side 45) som modell til å vise at atomene hadde mye energi dersom atomkjernene kom for nærme hverandre. To av gruppene begynte smått å kommentere betydningen dersom to atomkjerner kom nærme hverandre, men ingen av gruppene diskuterte det ytterligere. Det kan derfor tyde på at de forstod at det var noe som skjedde, men at de ikke klarte å forklare hva. Siden flertallet av elevene likevel vektla modeller for de elektrostatiske

kraftene mellom atomer, ioner eller molekyler, kan det tyde på at elevene benyttet seg av et elektrostatiske rammeverk (Taber, 1997).

Taber (1994) beskriver at elevenes forståelse kan bygges opp av flere ulike og motstridende rammeverk. Selv om det utfra elevenes forklaringer på kjemiske bindinger kunne tyde på at elevene vektla elektrostatiske modeller, var det ulike meninger om hvorfor kjemiske bindinger oppstod. Hvilket rammeverk elevene benytter seg av (elektrostatisk -, molekylært – eller oktetterrammeverk), bestemmes som nevnt ikke bare ved om elevene vektlegger elektrostatiske krefter. Resultatene viste at to av elevene i intervjuet blant annet brukte oktetterregelen for å forklare kjemiske bindinger. Siden begge i tillegg beskrev kjemiske bindinger utfra tiltrekningskrefter mellom motsatt ladde partikler tyder det på at disse elevene benyttet seg av både et elektrostatiske -og et oktetterrammeverk.

Basert på kjemiens og kjemiske bindingers abstrakte natur, vil tidligere undervisning og måten læreren og lærebøker presenterer temaet på ha stor påvirkning på hvilke modeller og eventuelle alternative forestillinger elevene får (Barke et al., 2009, s. 24). Da elevene fikk undervisning i temaet et halvt år tidligere brukte ikke faglæreren oktetterregelen i undervisningen. I undervisningsopplegget gjennomført i denne studien ble oktetterregelen bevisst ikke nevnt, og gruppediskusjonene viste at ingen av elevene brukte oktetterregelen underveis i undervisningen. Som nevnt i avsnittet over var det likevel to av elevene i intervjuet som tydelig brukte oktetterregelen som forklaringsmodell. Også kartleggingstesten viste at flere elever benyttet seg av oktetterregelen for å begrunne kjemiske bindinger. Dette bekrefter funnene til Taber (2003) som sier at det å gå vekk fra et oktetterrammeverk kan være en langsom prosess. Siden undervisningsopplegget i hovedsak fokuserte på energi i bindinger og ionebindinger, var det kanskje ikke mye rom for diskusjoner rundt oktetterregelen. Hadde det blitt stilt tydeligere spørsmål ved for eksempel hvorfor kjemiske bindinger dannes, hadde kanskje flere elever nevnt oktetterregelen. Det kan derfor tenkes på at flere av elevene hadde et underliggende oktetterrammeverk selv om de ikke brukte oktetterregelen i selve undervisningen.

Ikke alle elevene forklarte kjemiske bindinger utfra oktetterregelen som forklaringsmodell. Resultatene viste at Benjamin i intervjuet mente at kjemiske bindinger skjer fordi det krever mindre energi å være i en binding enn som separate atomer eller ioner (se kapittel 6.1.2 for videre diskusjon rundt dette sitatet). Det tyder på at Benjamin ikke hadde et oktetterrammeverk, men viser god forståelse for modellene som brukes for å forklare de elektrostatiske kreftene i bindingene og hvilken rolle energien har.

Det var altså ingen av elevene som nevnte oktettregelen i diskusjonene rundt ionebindinger og smeltepunkt til salter. Både Taber (1997) og Robinson (1998) viser til en alternativ forestilling om ionebindinger som sier at en ionebinding bare eksisterer mellom de atomene som er involvert i en elektronoverføring. Dette er et av kjennetegnene på et molekylært rammeverk beskrevet av Taber (1994; 1997). Resultatene viser at noen av elevene som knyttet elektronoverføringer tett sammen med ionebindinger. I intervjuet nevnte Erlend elektronegativitetens rolle og Arne nevnte at elektronene overføres mellom et metall og et ikke-metall. Dette er viktige aspekter for å forstå hvordan ioner dannes, men det er ikke selve elektronoverføringen som danner ionebindingen. Som et forsøk på å minimere sjansen for at elevene danner den alternative forestillingen nevnt over, anbefaler Taber og Coll (2002) å ikke fokusere så mye på enkeltatomer. De anbefaler heller å skille de to prosessene når ioner dannes og når ioner tiltrekkes og danner ionebinding. Siden elevene knyttet elektronoverføring så tett til ionebinding kan det tyde på at deres forklaringer har trekk av et molekylært rammeverk. For de to elevene i intervjuet som i tillegg mente at atomene overførte elektroner for å oppfylle oktettregelen, kan det sies at deres alternative rammeverk har blitt utvidet til å ikke bare inkludere et molekylært rammeverk, men også et oktetterammeverk.

Imidlertid vil elever med et molekylært rammeverk gjerne tro at ladningen på ionet bestemmer hvor mange ionebindinger som kan dannes. En annen utbredt alternativ forestilling om ionebindinger er dermed at natrium bare kan danne én ionebinding av gangen (Taber et al., 2012). De fleste elevene visste at salter danner krystallstrukturer. Uenigheten oppstod når det var snakk om hvilke bindinger som inngikk i saltet. Noen elever mente det var ionebindinger mellom alle ionene, mens andre mente dette ikke stemte. Det kan derfor tyde på at de elevene som mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet ikke hadde et molekylært rammeverk. Elevene som mente at det var én ionebinding mellom et natriumion og et kloridion og svake bindinger som holdt «molekylene» sammen i gitteret kan ha den nevnte alternative forestillingen. Samtidig ga ikke resultatene en forklaring på hvorfor de mente det ikke var ionebindinger mellom alle ionene i gitteret, og deres forklaring kan derfor baseres på noe annet enn ladningen på ionene.

6.1.2 Det skjer en energiendring i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes

Alle elevene mente at energi spiller en stor rolle i kjemiske reaksjoner. Kartleggingstesten viste at kun to av tretten elever mente at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes. Utgangspunktet for undervisningsopplegget var dermed at flertallet av elevene i denne studien hadde den alternative forestillingen om at dannelse av kjemiske bindinger er en endoterm reaksjon (Boo, 1998). Resultatene fra gruppediskusjonene viste at flere av elevene i starten av timen mente at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne være en endoterm og eksoterm reaksjon. Dette resultatet ble også funnet i studien gjennomført av Teichert og Stacy (2002). Flere av elevene i denne studien begrunnet dette ved å beskrive aktiveringsenergien og dens rolle gjennom å påpeke at det trengs energi for at en reaksjon skal skje. Dette viser at elevene har forståelse for energien som kreves for å sette i gang kjemiske reaksjoner, og hvordan det skjer en endring i energien i løpet av reaksjonene. Det viser også at elevene med stor sannsynlighet betraktet energiendringen i totalreaksjonen, og ikke den isolerte reaksjonen der kjemiske bindinger dannes.

Noen interessante funn fra resultatene var at elevenes tanker rundt energi i bindinger endret seg underveis i undervisningen. Arne bekreftet i intervjuet at han endret mening fra å tro det krevde energi å danne en binding til å tro at det frigis energi. Begrunnelsen var at han i starten tenkte på aktiveringsenergien. En grunn til at elevene endret mening underveis i timen kan skyldes at det ble spesifisert at det både skjer en bryting av binding og en danning av binding og at det var to separate reaksjoner. Dette var en anbefaling gitt av Teichert og Stacy (2002). En annen grunn kan skyldes at opplegget nettopp tok utgangspunkt i elevenes alternative forestilling der det ble eksplisitt lagt opp til mange diskusjoner rundt fenomenet energi i bindinger. Samtidig sier resultatene bare noe om elevenes kunnskap underveis i undervisningen og noen dager etter undervisningsopplegget. På den måten kan elevenes uttalelser baseres på hukommelse fra det de nettopp hadde hørt, og ikke at de faktisk hadde forstått det.

På lab var det også to av gruppene som først mente at det var en eksoterm reaksjon å bryte en binding ved at varmeutviklingen måtte skyldes at bindingene i saltet ble brutt. Det at elevene koblet varmeutviklingen til at det frigis og krever energi i reaksjoner, viser at de forstår at det skjer en energiendring i løpet av reaksjoner. Blant annet Jakob i gruppe G1 begrunnet det med at det var mye energi i kalsiumkloridet som kunne frigjøres når bindingene ble brutt. Dette tyder på at Jakob hadde en feilaktig forståelse av energiendringen i dannelsen av kjemiske bindinger,

og at noen av elevene i undervisningsopplegget dermed hadde den alternative forestillingen om at dannelse av kjemiske bindinger er en endoterm reaksjon (Boo, 1998).

Litt senere diskuterte gruppen ulike muligheter for hvor varmen kunne komme fra. Gjennom en samtale (ytring 48-58, side 62-63) kom Marius til slutt med konklusjonen om at ionene måtte danne nye bindinger med vannet. Han mente at det var de nye bindingene som var eksoterme, som viser riktig forståelse av energiendringen i dannelsen av kjemiske bindinger. Resultatet viser at de i løpet av samtalen resonnererte seg frem til en konklusjon, der det tyder på at elevene utnyttet den proksimale utviklingssonen ved å bygge på hverandres ideer og tanker.

Også gruppe G2 konkluderte først med at det var brytingen av ionebindingene som forklarte varmeutviklingen. Det var etter en diskusjon med meg som lærer at Arne fra gruppe G2 kom på at det var dannelsen av nye bindinger som skyldtes varmeutviklingen, ikke brytingen av bindingene i saltet. Barker og Millar (2000) mener undervisningen tydelig bør vektlegge at dannelse av kjemiske bindinger alltid er en eksoterm reaksjon. Før forsøket ble det vektlagt og diskutert at dannelsen av kjemiske bindinger var eksoterme reaksjoner. Det ble i tillegg brukt ulike representasjonsformer for å forklare fenomenet. Resultatene viste at elevene brukte elementer fra de ulike representasjonsformene i forklaringene sine på lab. Flere elever refererte både til magnetmodellene og grafen når de diskuterte energiendringen i bindinger og kjemiske reaksjoner. Dette kan vise at de hadde god forståelse for energiendringene ved å kunne trekke inn ulike representasjonsformer i forklaringene sine og dermed se sammenhenger mellom de representasjonsformene.

En grunn til at Arne forklarte at dannelsen av kjemiske bindinger var en eksoterm reaksjon, og at Marius resonnererte seg frem til hva som kunne forårsake varme, kan være at teorien ble eksplisitt gjennomgått før de fikk teste den ut i praksis. I intervjuet trakk elevene frem at nettopp det praktiske forsøket bidro til at de forstod bedre at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes. Effektiviteten og utbytte av det praktiske arbeide kan blitt påvirket av at elevene fikk tid og mulighet til å koble og se sammenhenger mellom det de observerte og den teorien som var blitt gjennomgått tidligere (Abrahams & Millar, 2008). Det kan dermed tyde på at det at elevene fikk gjøre og observere noe selv, var positivt for deres forståelse. Det praktiske forsøket, sammen med de andre aktivitetene hvor andre representasjonsformer for energi i bindinger ble presentert, kan videre ha bidratt til at elevene fikk en dypere forståelse av energi i bindinger (Pajchel et al., 2019).

I intervjuet forklarte Benjamin at han hele tiden mente det var en eksoterm reaksjon når kjemiske bindinger dannes. Likevel trakk han frem hvordan grafen i figur 8 bidro til en bedre forståelse av hvorfor det var en eksoterm prosess. Han nevnte spesielt at han gjennom grafen fikk se hvilken energi atomer hadde ved ulik avstand. Videre brukte han grafen for å sammenligne energinivåene til når atomene var nærmere hverandre, i en binding og separate, og se at energien var lavest i en binding. Ved å henvise og reflektere rundt grafen viste Benjamin dermed god forståelse for energiendringen i kjemiske reaksjoner og når kjemiske bindinger dannes.

6.1.3 Stoffers bindingsstyrke og struktur på submikroskopisk nivå påvirker stoffenes egenskaper på makroskopisk nivå

Resultatene viste at elevene brukte forklaringer knyttet til bindingstyper og struktur for å forklare salters fysiske egenskaper som smeltepunkt og løselighet. Den siste av de tre alternative forestillingene som danner grunnlaget for et molekylært rammeverk handler om at en ionebinding bare dannes mellom et ion og dets motion (Taber, 1997). Denne henger sammen med den alternative forestillingen om at ioneforbindelser danner molekyler (Butts & Smith, 1987; Tan & Treagust, 1999). En av påstandene i grubletegningen (Figur 9, side 47) var at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene. Marius var rask med å svare at han var skeptisk til det. Han mente det var bindingene mellom NaCl-«molekylene» som splittes, og ikke ionebindingene mellom natrium -og kloridionene som splittes når et stoff smeltet. Dette tyder på at Marius har den alternative forestillingen beskrevet tidligere i avsnittet, og dermed har trekk av et molekylært rammeverk. Samtidig forklarte han ikke hvilke bindinger han mente det var mellom NaCl-«molekylene». Ytring 63 (side 65) viser likevel at han mente det bare var ionebindinger mellom et natriumion og et kloridion, og andre bindinger mellom molekylene.

Etter at Jakob kom med en forklaring til Marius, endret han mening. Resultatene viser dermed at alle gruppene på det tidspunktet var helt enig i påstanden og mente at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene. Elevene begrunnet det med at det var hydrogenbindinger mellom vannmolekylene, og refererte til at det var sterke ionebindinger mellom alle ionene i saltet. Det interessante med påstanden var at den inneholdt ordet *NaCl-«molekyl»*. Dette er en alternativ forestilling mange elever har (Tan & Treagust, 1999), og det at elevene var enig i påstanden tyder på at elevene i denne studien enten hadde den alternative forestillingen, eller bare ikke tenkte noe mer over ordvalget.

Det er også interessant at selv etter at Jakob i ytring 67 (side 65) forklarte at hele nettverket med salter er sterke bindinger, fortsatt mente at påstanden var rett. En mulig årsak til dette kan være at han ikke la så mye i ordbruken, og dermed ikke tenkte så mye over at ordet «molekyl» ble brukt. En annen forklaring kan være at han ikke hadde et annet ord for formelenhet, og dermed bare brukte ordet som stod i påstanden. Siden han mente det var sterke bindinger mellom alle ionene i saltet er det vanskelig å argumentere for at han har trekk av et molekylært rammeverk. Det viser kanskje heller at Jonas ikke tenkte over hva påstanden faktisk sa, og konkluderte med at påstanden var sann fordi noe i påstanden stemte.

Forskning viser at grubletegninger setter i gang diskusjoner, og legger opp til at ulike meninger og påstander utfordres (Keogh & Naylor, 1999). Det oppstod nettopp flere diskusjoner underveis i aktiviteten med grubletegningen. I en samtale mellom Klara og Arne i gruppe G2 diskuterte de hvilke bindinger det var mellom NaCl-«molekylene» i saltet. Resultatene viste dermed at grubletegningen satt i gang en samtale hvor Arne til slutt konkluderte med at det bare måtte være ionebindinger mellom alle ionene i saltet. Arne forklarte det høye smeltepunktet til NaCl(s) ved å referere til gitterstrukturen til saltet. Deretter sammenlignet han de sterke ionebindingene med hydrogenbindingene mellom vannmolekylene. Det kan derfor tenkes at grubletegningen bidro til en dypere forståelse av ioneforbindelser og salters oppbygging, ved at Arne måtte forklare og begrunne påstanden sin høyt til de andre elevene i gruppen (Vygotsky & Cole, 1978).

Forskning viser også at elevenes læring er mer effektiv når elevene selv gir en forklaring på et fenomen, sammenlignet med om de hadde fått samme forklaring av andre (Webb, 1989). Dette kan også støtte opp under antagelsen om at Arne fikk en dypere forståelse ved å forklare sin påstand til resten av gruppen. Arne mente først at påstanden om at det var sterkere bindinger mellom NaCl-«molekylene» enn mellom vannmolekylene var rett, men oppdaget etterhvert at påstanden brukte ordet «molekyl». Under en samtale med lærer oppdaget Erlend det samme, og endret også mening om påstanden med NaCl-«molekyl». Begge elevene begrunnet det med at det var svake bindinger mellom molekyler, og spesielt Arne kommenterte at siden det var ionebindinger mellom alle ionene var det upresist å bruke ordet «molekyl». Ved at elevene forklarte deres meninger og tanker rundt påstandene, ble de selv klar over feil og mangler i deres egen forklaring. Det kan derfor argumenteres for at grubletegningen satte i gang tankeprosesser som utfordret elevenes eksisterende modeller og meninger, og at læringen var mer effektiv siden de måtte forklare og begrunne påstandene høyt.

Lee og Cheng (2014) anbefaler blant annet å vektlegge egenskaper ved forbindelser, og forklare egenskapene gjennom stoffets struktur og bindinger. Flere av elevene forklarte at smeltepunktet til NaCl (s) var høyere enn vann gjennom å referere til gitterstrukturen og å nevne at det var flere sterke bindinger i NaCl (s). Det kan tenkes at ved å diskutere smeltepunktet til salter i forhold til en kovalent forbindelse, fikk elevene en dypere forståelse av strukturen og hvilke bindinger som inngår i salter.

Gjennom forsøket på lab ble også egenskaper som løselighet til salter diskutert og observert. Poenget med forsøket på lab var ikke å komme frem til reaksjonslikningen, men heller reflektere over grunnen til varmetviklingen som oppstod. Likevel var flere av elevene nysgjerrig på hva som ble dannet. Elevene forklarte prosessen der saltet ble løst i vann gjennom å henvise til modeller for ioneforbindelser der vannet bryter opp ionebindingene i saltkrystallene. Resultatene viste videre at flere elever etter, eller i løpet av samtaler med lærer, etter hvert kom frem til at ionene dannet nye bindinger med vann. Det var noen av elevene som forklarte dette ved å henvise til modeller for de svake bindingene ion-dipol-bindinger. Slike refleksjoner viser at elevene hadde god forståelse for både hvordan ionene på submikroskopisk nivå oppfører seg i en vannløsning og hvordan det påvirker fysiske egenskaper til salter på makroskopisk nivå.

6.2 Svar på forskningsspørsmålene

6.2.1 Hvilke modeller bruker kjemi 1-elever for å forklare kjemiske bindinger?

Målet med dette forskningsspørsmålet var å få innsikt i hvilke modeller og rammeverk elevene benyttet seg av i forklaringer av kjemiske bindinger. Begrepet modell kan deles inn i to ulike hovedkategorier; mentale og uttrykte modeller (Gilbert et al., 2000). Som beskrevet i kapittel 2.1.2 er de mentale modellene personlige, mens de uttrykte modellene hvordan de mentale modellene presenteres gjennom blant annet en eller flere representasjonsformer eller representasjonsnivå (se kapittel 2.1.2 for en ytterligere beskrivelse). Siden elevens mentale modeller er personlige og dermed utilgjengelig for andre (Gilbert, 2005, s. 12), vil dette forskningsspørsmålet ta for seg elevenes uttrykte modeller for kjemiske bindinger. Målet med forskningsspørsmålet var videre å få et innblikk i hvilke modeller kjemielever brukte i forklaringer og beskrivelser av kjemiske bindinger og hvilke representasjonsformer de brukte for å presentere modellene.

Første del av forskningsspørsmålet handlet om hvilke forklaringsmodeller elevene brukte. Forskning viser at oktettregelen får stor plass og vektlegges i for stor grad av naturfag- og kjemielever og det anbefales derfor at undervisningen av kjemiske bindinger tar utgangspunkt i elektrostatiske modeller (Taber & Coll, 2002, s. 227). Resultatene fra denne studien viser at flertallet av elevene benytter seg av en elektrostatisk modell der de refererer til elektrostatiske tiltrekningskrefter. Elevene hadde som nevnt hatt om temaet kjemiske bindinger et halvt år tidligere. Til tross for at læreren ikke underviste om oktettregelen viste resultatene at flere elever i tillegg brukte et oktetterrammeverk i forklaringene av kjemiske bindinger. Noen av elevene benyttet seg dermed både av et elektrostatisk- og et oktetterrammeverk, mens andre ikke vektla oktettregelen i det hele tatt. Intervjuet viste at to av elevene tydelig vektla oktettregelen i forklaringene på hvorfor kjemiske bindinger oppstod, mens den tredje eleven begrunnet kjemiske bindinger med elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningkrefter utfra et energiperspektiv.

Basert på lydopptakene fra selve undervisningstimen, ble ikke oktettregelen som forklaringsmodell nevnt av noen av elevene. Noen av uttalelsene til elevene om ionebindinger tyder på at elevene kan ha et molekylært rammeverk. Flere elever knyttet elektronoverføring tett til ionebindinger og noen mente det var ionebindinger mellom et natrium- og et kloridion, mens det var andre bindinger mellom NaCl-«molekylene». Samtidig viste både kartleggingstesten og intervjuet at noen elever tydelig vektla oktettregelen. Dersom elevene har et molekylært rammeverk og begrunner kjemiske bindinger med oktettregelen kan det molekylære rammeverket utvides til et oktetterrammeverk (Taber, 1997). Resultatene tyder derfor på at noen av elevene enten benyttet seg av et molekylært rammeverk, eller utvidet det til oktetterrammeverk, avhengig av oktettregelens rolle.

Den andre delen av forskningsspørsmålet handlet om hvilke representasjonsformer elevene brukte for å uttrykke oktettregelen og de elektrostatiske modellene. Resultatene viste at elevene brukte ulike representasjonsformer for å uttrykke sin forståelse av kjemiske bindinger. For å tydeliggjøre bindingers elektrostatiske krefter fortalte Arne i intervjuet at han kanskje ville brukt magnetmodeller for å forklare fenomenet. Magnetmodellene hadde blitt brukt under flere anledninger i undervisningen, og lå også fremme under intervjuet. Det er derfor ikke sikkert at han hadde nevnt dette dersom magnetmodellene ikke hadde ligget fremme. Samtidig viser uttalelsen hans at han har reflektert over hvilken rolle magnetmodellene kan ha i undervisning, og hvilken rolle slike modeller kan ha for elevens forståelse.

Benjamin valgte å henvise til grafen i figur 8 (side 45) i noen av forklaringene sine i intervjuet. Grafen fungerte som en visuell modell, der han brukte grafen for å forklare elektrostatiske tiltreknings- og frastøtningskrefter og hvordan det påvirket energien i bindingene. I tillegg var det andre elever i gruppediskusjonene som brukte grafen for å forklare hvorfor dannelsen av kjemiske bindinger var en eksoterm reaksjon. Det at han klarte å se sammenhengen mellom og bruke de ulike representasjonsformene i forklaringene sine, kan også tyde på at han hadde en forståelse i tråd med dybdelæringsbegrepet.

6.2.2 Hvordan forklarer kjemi 1-elever energi i bindinger?

Gjennom dette forskningsspørsmålet ønsket jeg blant annet å se om elevene fortsatt hadde den alternative forestillingen om at det krevde energi å danne en kjemisk binding (Boo, 1998). Resultatene fra gruppediskusjonene viste at elevene tenkte at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne være en eksoterm og en endoterm reaksjon. Resultatene fra intervjuet viste at elevene mente at dannelsen av kjemiske bindinger var en eksoterm reaksjon, der energi frigis.

I starten av undervisningsopplegget mente flere elever at dannelsen av kjemiske bindinger både kunne kreve og frigis energi. Elevene var klar over at det kreves energi for at en kjemisk reaksjon skal skje, og nevnte derfor aktiveringsenergi i diskusjoner om energi i bindinger. På den måten viste elevene forståelse for hvordan energien endres i en reaksjon og hvordan den påvirker reaksjoner. Samtidig kan det også virke som at elevene ikke helt koblet at første prosess i en kjemisk reaksjon er at noen bindinger først må brytes for at nye skal kunne dannes. Aktiveringsenergien burde dermed inngå i forklaringen på totalreaksjoner eller for når kjemiske bindinger brytes, ikke når de dannes.

Det at alle elevene i intervjuet mente at det frigis energi når bindinger brytes viser at noen av elevene endret mening underveis i undervisningsopplegget. I intervjuet forklarte Arne at han endret mening fra å tenke på aktiveringsenergi og totalreaksjon til bare å tenke på den isolerte prosessen med å danne en kjemisk binding. Under forsøket på lab var det to av gruppene som først konkluderte med at varmeutviklingen skyldtes at kjemiske bindinger ble brutt. Etter en samtale med lærer kom noen av elevene i gruppene på at bryting av bindinger var en endoterm reaksjon, ikke eksoterm. Det kan derfor tyde på at noen av elevene hadde god forståelse av energien i bindingene, mens andre kanskje bare husket at det frigis energi når kjemiske bindinger dannes og dermed ikke helt forstod hvorfor.

En av elevene viste tydelig at han hadde forstått energiaspektet ved kjemiske bindinger. Med utgangspunkt i grafen fra figur 8 forklarte han hvorfor kjemiske bindinger dannes ved å referere til endring i energi. Han mente at atomer hadde lavere energi i en binding og utfra det forklarte han hvorfor dannelse av kjemiske bindinger frigir energi. Dette viser tydelig at han ikke hadde den alternative forestillingen om at dannelsen av kjemiske bindinger er en endoterm reaksjon (Boo, 1998). Det viser også at han hadde en dyp forståelse av kjemiske bindinger hvor han klarte å bruke ulike representasjonsformer for energi i bindinger og de elektrostatiske modellene i ulike sammenhenger for å forklare hvorfor dannelsen av kjemiske bindinger frigir energi.

6.2.3 Hvordan forklarer kjemi 1-elever ionebindinger?

Gjennom det siste forskningsspørsmålet var målet å få et innblikk i elevenes forståelse av ionebindinger gjennom å se på hvordan de beskriver ionebindinger og salters struktur. Flertallet av elevene visste at ioneforbindelser dannet saltkrystaller. Resultatene viste derimot at det var noen elever som mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet, mens andre mente det var andre bindinger mellom NaCl-«molekylene». To av elevene stilte seg også kritiske til bruk av ordet *molekyl*, da de mente det impliserte at det var svake bindinger mellom NaCl-«molekylene», noe de mente ikke stemte. Resultatene viste dermed at noen av elevene hadde en god forståelse for oppbyggingen av ioneforbindelser, men at ikke alle var helt trygge på hvilke bindinger som var i saltet.

Elevene forklarte også at ionebindinger var kjemiske bindinger mellom ioner. De henviste til elektrostatiske tiltrekningskrefter mellom ioner med motsatt ladning, som tyder på at de brukte et elektrostatisk rammeverk. De visste i tillegg at salter både var bygget opp av ioner og at ionene ble frigitt når saltet løses i vann. Noen av elevene refererte til elektronoverføring i nær tilknytning til ionebindinger, som kunne tyde på at de hadde et molekylært rammeverk i tillegg til et elektrostatisk rammeverk. Samtidig var det som nevnt i avsnittet over flere elever som mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet, som tyder på at de ikke har et molekylært rammeverk. Det konkluderes derfor med at elevene hadde variert forståelse av ionebindinger, der noen av elevene hadde trekk av et molekylært rammeverk.

6.3 Kritikk av studien

Jeg er en uerfaren forsker, noe som spesielt synliggjøres i intervjusituasjonen. På grunn av min manglende erfaring som intervjuer var jeg kanskje i noen tilfeller litt låst til intervjuguiden.

Etter å ha hørt gjennom lydopptakene og lest gjennom transkripsjonene er det noen steder i intervjuet jeg ser at jeg burde ha stilt ytterligere oppfølgings spørsmål eller henvist mer til de andre informantene i intervjuet for å spørre om deres tanker.

En annen mulig svakhet ved studien kan være at jeg ikke testet undervisningsopplegget i en hel klasse. I forkant av studien gjennomgikk jeg opplegget med en kjemi-2 elev, da dette var det eneste jeg hadde tilgang på. Dette bidro til å luke vekk noen upresise formuleringer, og å generelt teste at aktivitetene la opp til diskusjon. Etter gjennomføringen i en hel klasse ga meg imidlertid andre erfaringer, og det er noen endringer jeg hadde gjort dersom jeg hadde gjennomført opplegget på nytt. Jeg merket i etterkant at noen av spørsmålene i undervisningen kanskje kunne virke noe ledende, og at det var enkelte spørsmål jeg burde ha stilt i en annen rekkefølge.

Et eksempel på en endring jeg hadde gjort nå i ettertid er under refleksjonsoppgave 1. Der skulle elevene diskutere på hvilken del av en graf atomene var i en kjemisk binding. Før de begynte å diskutere hadde jeg nevnt at partiklene i en kjemisk binding har lavere energi enn om de hadde vært separate. Det var mange av elevene som brukte den informasjonen til å svare, og henviste til lysbilde fremvisningen i begrunnelsen sin. På den siden var det bra at de brukte det de nettopp hadde lært, men elevene hadde kanskje fått en enda større forståelse dersom de hadde fått mulighet til å diskutere grafen først. Dersom jeg hadde gjennomført opplegget på nytt hadde jeg kanskje også diskutert bildet før jeg hadde nevnt energien. Slike refleksjoner kunne jeg lettere ha gjort meg dersom jeg hadde gjennomført undervisningsopplegget på en hel klasse i forkant.

En annen svakhet ved studien kan være at jeg kun fikk tak i tre informanter til intervjuet. For å få et mer utfyllende resultat og få frem flere elevers refleksjoner hadde det vært ønskelig med flere informanter. Samtidig bestod datamaterialet også av lydopptak av tre ulike gruppers diskusjoner rundt fire aktiviteter fra undervisningen. Disse diskusjonene bidro i stor grad til å underbygge og tilføre dybde til svarene fra intervjuet slik at problemstillingen og forskningsspørsmålene kunne besvares. Gruppediskusjonene kan derfor ha vært med på å veie noe opp for en relativt lav intervjudeltakelse.

I tillegg vil selve analyseprosessen og presentasjonen av resultatene kunne være en svakhet i studien. Både analyseprosessen og presentasjonen av resultatene vil være et subjektivt resultat ved at jeg i hovedsak utviklet de empirinære kodene til transkripsjonene selv, og kodet de videre

til kodegrupper og hovedtemaer. Jeg har forsøkt å minimere denne subjektiviteten ved å skrive så transparent og åpent som mulig gjennom hele studien. Jeg har også forsøkt å synliggjøre min motivasjon og forforståelse gjennom oppgaven slik at leseren selv kan vurdere å se resultatene i lys av dette. Kodegruppene og hovedtemaene ble også diskutert med veileder og medstudenter i flere omganger, som kan bidra til økt validitet. Dersom resultatene hadde blitt sammenlignet med resultatene til en annen forsker som hadde gjennomført samme analyseprosess, hadde resultatene imidlertid vært mer valide.

7 Konklusjon

Kjemiske bindinger er et sentralt tema innenfor kjemifaget. Det er ingen tvil om at det kan være både vanskelig, spennende og utfordrende å undervise om kjemiske bindinger. I dette kapitlet vil jeg konkludere og oppsummere studien ved å først svare på den overordnede problemstillingen i delkapittel 7.1. I delkapittel 7.2 vil jeg så presentere implikasjoner for undervisning av temaet basert på resultatene fra denne studien og forskningslitteratur. Til slutt vil jeg i 7.3 komme med forslag til videre forskning.

7.1 Svar på problemstillingen

I denne studien ble det utformet et skreddersydd undervisningsopplegg for en kjemi 1-klasse basert på resultater av en kartleggingstest gjennomført i samme klasse noen uker i forkant. Målet med denne studien var videre å svare på problemstillingen: *Hvordan forstår kjemi 1-elever kjemiske bindinger?* Med ordet *forstå* ønsket jeg å se på hvordan elevene forklarte utvalgte aspekter ved kjemiske bindinger, hvilke modeller de brukte, og dermed hvordan de forholdt seg til og forklarte de ulike modellene for kjemiske bindinger. For å svare på problemstillingen gjennomførte jeg som nevnt et gruppeintervju og tok lydopptak av ulike aktiviteter i løpet av det skreddersydde undervisningsopplegget. Temaene for undervisningsøkten ble etter resultatene fra kartleggingstesten valgt til energi i bindinger og ionebindinger. Jeg presenterer her to hovedfunn fra studien som svar på problemstillingen.

Hovedfunn 1: Det første hovedfunnet var at elevene brukte flere og ofte motstridende modeller og rammeverk i forklaringene sine. Dette viser at elevene har en varierende forståelse av kjemiske bindinger. De fleste elevene viste at de hadde forstått det viktige elektrostatiske aspektet om tiltrekningskrefter, og benyttet seg dermed av elektrostatiske modeller i forklaringene sine. Samtidig viste elevene også trekk som kan knyttes til Tabers (2001) fire læringshinder. Resultatene viste at elevene blant annet baserte forklaringene sine på oktettregelen, og vektla elektronoverføringer for ionebindinger.

I diskusjonene knyttet til ionebindinger viste flere elever trekk som kunne knyttes til et molekylært rammeverk. Om elevene mente det var ionebindinger mellom alle ionene i saltet eller om det var andre krefter eller bindinger mellom NaCl-«molekylene», var med på å bestemme om elevene benyttet seg av henholdsvis et elektrostatisk- eller et molekylært rammeverk. Det var også bare to av elevene som reagerte på at det stod NaCl-«molekyl» i en av påstandene fra grubletegningen og mente det var upresist å bruke ordet molekyl. Resten av

elevene reagerte og kommenterte ikke på ordvalget. Dette tyder på at flertallet av elevene hadde trekk av et molekylært rammeverk.

Likevel brukte de fleste elevene også et elektrostatisk rammeverk for ionebindinger ved å referere til tiltrekningskrefter mellom motsatt ladde ioner. Det tyder på at noen av elevene benyttet seg kun av et elektrostatisk rammeverk, mens andre hadde en kombinasjon av enten et elektrostatisk- og et oktettrammeverk eller et elektrostatisk- og et molekylært rammeverk både før og etter det skreddersydde undervisningsopplegget.

Hovedfunn 2: Det andre hovedfunnet viste at elevene utviklet en bedre forståelse av energibegrepet i kjemiske bindinger underveis i opplegget. Resultatene fra gruppediskusjonene viste at elevene i starten tok aktiveringsenergien i betraktning når kjemiske reaksjoner skulle skje. I tillegg var det et par grupper under forsøket på lab som først mente at dannelsen av kjemiske bindinger var endoterm. Etter anbefaling fra både Pazinato et al. (2020) og Kronik et al. (2008) valgte jeg i undervisningsopplegget å tydelig legge opp til samtaler rundt energiendringen i den isolerte reaksjonen der kjemiske bindinger dannes. Jeg valgte også å diskutere og tydelig skille mellom nettoenergien i totalreaksjoner og energien i de to isolerte prosessene der kjemiske bindinger bryter og dannes (Teichert & Stacy, 2002). Litt senere mente gruppene fra lab at det ikke kunne stemme likevel - at dannelsen av kjemiske bindinger var endoterm. De kom derfor med forklaringer på hvorfor reaksjonen istedenfor var eksoterm. Resultatene viste også at alle de tre elevene fra intervjuet etter undervisningsopplegget mente at dannelsen av kjemiske bindinger var en eksoterm reaksjon.

I opplegget forsøkte jeg også å vektlegge de termodynamiske aspektene ved bindingsdannelse for å forklare stoffers stabilitet gjennom å vise en graf for å sammenligne hvilken energi atomene hadde med ulik avstand fra hverandre. Sitater fra intervjuet viste at elevene syntes grafen bidro til en dypere forståelse for hvorfor kjemiske bindinger dannes, og hvorfor den reaksjonen er eksoterm. En konklusjon vil derfor være at grafen bidro positivt til elevenes forståelse av energien i bindinger.

Samtidig viste intervjuet at to av elevene fortsatt brukte oktetregelene for å forklare kjemiske bindinger. Det kan dermed tyde på at grafen ikke fungerte som en erstatter for oktetregelens forklaringsmodell, men som et supplement. I likhet med Taber og Tan (2011) viser resultatene for denne studien at elevene ikke nødvendigvis blir overbevist om at det er upassende å forklare kjemiske bindinger utfra oktetregelen selv om de presenteres for andre modeller for

bindingsfenomenet. Undervisningsopplegget la heller ikke opp til en diskusjon og sammenligning mellom oktettregelen og en forklaringsmodell basert på energiaspektet. Dersom dette hadde blitt gjort, kunne kanskje elevenes oppfatning av oktettregelen ha blitt utfordret ved at de hadde reflektert over svakheter og begrensninger ved regelen.

7.2 Implikasjoner for undervisning

Etter anbefaling fra Pajchel et al. (2019) valgte jeg å inkludere ulike representasjonsformer i undervisningsopplegget. Resultatene fra studien tyder på at et undervisningsopplegg med aktiviteter som legger til rette for bruk av flere representasjonsformer for et fenomen er positivt for elevene og deres læringsutbytte. En anbefaling jeg kommer til å ta med meg inn i læreryrket er derfor å variere undervisningen ved bruk av flere representasjonsformer for samme fenomen. På den måten får elevene mulighet til å uttrykke sine mentale modeller på ulike måter. Samtidig forklarer ulike modeller ulike aspekt ved et fenomen. Jeg støtter meg derfor bak anbefalingene om å eksplisitt legge opp til diskusjoner og refleksjoner rundt modellenes styrker og begrensninger (Coll, 2006; Coll & Treagust, 2003; Harrison & Treagust, 1996) og gi elevene erfaringer med flere modeller av samme fenomen (Grosslight et al., 1991).

Resultatene i denne studien viste også at elevene var positive til praktiske og elevaktive innslag. Alle elevene i intervjuet trakk frem det praktiske forsøket som noe de synes både var spennende og lærerikt. Erfaringene og kommentarene fra elevene i intervjuet viste også at grubletegningen bidro til gode refleksjoner og diskusjoner. En implikasjon til kjemiundervisning om kjemiske bindinger vil være å variere undervisningen med for eksempel innslag av praktiske aktiviteter. Dersom praktisk arbeid inkluderes i undervisningen anbefales det imidlertid at elevene får tid, mulighet og hjelp til å koble observasjonene til teorien som har blitt presentert (Abrahams & Millar, 2008).

Litteratur viser at det er et stort sprik mellom hvordan lærebøker presenterer temaet kjemiske bindinger og hvilke anbefalinger forskningslitteraturen kommer med (Özmen, 2004). I tillegg påvirkes lærere i stor grad av og baserer undervisningen sin på lærebøker (Bergqvist & Rundgren, 2017). Det at lærebøkene og forskningen ikke henger så godt sammen kan videre føre til at elever danner alternative forestillinger. Dette var noe jeg ikke var veldig bevisst på før denne studien. Jeg var heller ikke klar over all forskning som er gjort, og hvilke grep jeg som lærer kan gjøre for å ta hensyn til alternative forestillinger i undervisningen. Samtidig er mine erfaringer fra studien at det er tidkrevende å sette seg inn i anbefalinger fra litteraturen og at det dermed er urealistisk å få tid til dette i læreryrket. Jeg er derfor enig med Gilbert et al.

(2004) om at det kan være hensiktsmessig å gjøre lærerstudenter oppdaterte på forskningen som finnes underveis i studieløpet. På den måten kan lærerstudenter få et innblikk i hvilke undervisningsopplegg og anbefalinger forskning kommer med, som de kan bruke videre inn i læreryrket. Et masterprosjekt som dette, eller en mindre semesteroppgaver i løpet av studiet kan være én slik inngang til dypdykk og innsikt i forskningslitteratur.

Treagust (1988) anbefaler lærere å diagnostisere elevenes alternative forestillinger i forkant av et nytt tema. Etter å ha gjennomført en kartleggingstest som skulle danne grunnlaget for undervisningsopplegget ser jeg fordelene med å kartlegge elevenes kunnskap før man begynner å undervise. Samtidig ser jeg også hvor mye tid det både tar å lage gode oppgaver, men og hvor mye tid det tar å lese gjennom besvarelsene. Kartlegging av elevenes kunnskaper kan imidlertid også brukes i forbindelse med vurdering for læring. På den måten trenger ikke kartlegging å inkludere en test, men kan skje underveis i undervisningen gjennom blant annet samtaler med elevene som en integrert del av opplæringen (Forskrift til opplæringslova, 2006, §3-10; Utdanningsdirektoratet, 2022). En implikasjon til klasseromsundervisningen kan derfor være å være bevisst på at underveisvurderinger også kan brukes som kartlegging av elevenes forkunnskaper og gi et innblikk i eventuelle alternative forestillinger som undervisningen videre kan ta utgangspunkt i.

7.3 Videre forskning

Siden dette er en kvalitativ studie, og utvalget mitt ikke var veldig stort kan ikke funnene generaliseres. Jeg håper likevel at denne studien kan inspirere og bidra til at flere ønsker å utforme og teste ut ulike tilnærminger til undervisning om ulike aspekter innenfor temaet kjemiske bindinger.

Som beskrevet i litteraturgjennomgangen (Kapittel 2.2) finnes det mye forskning med anbefalinger for undervisning av temaet. I norske skoler er kjemiske bindinger et tema som ofte undervises på høsten. Elevene som deltok i denne studien hadde dermed hatt om kjemiske bindinger før jeg kom, og opplegge tok derfor bare for seg en dobbeltime. Dersom studien hadde blitt gjennomført på høsten kunne det vært interessant å gjennomføre et undervisningsopplegg om hele temaet. Flere forskningsartikler anbefaler ulike rekkefølger bindingstypene bør presentert i, men det er foreløpig ikke forsket veldig mye på disse anbefalingene. Lee og Cheng (2014) gjennomførte en studie der de testet ut rekkefølgen foreslått av Taber (2001). En spennende tilnærming for en senere kunne vært å teste ut rekkefølgen foreslått av Dhindsa og Treagust (2014) (kovalente-, polarkovalente- og

ionebindinger først, så metalliske og ionestrukturer til slutt) og sammenligne resultatene til Lee og Cheng (2014).

En annen spennende tilnærming til undervisning bygger på Kronik et al. (2008) sin «A Bottom Up Framework» (figur 3, side 16). Det er heller ikke gjennomført mange studier med dette undervisningsopplegget, så det hadde vært interessant å undersøke hvordan denne tilnærmingen fungerte sammenlignet med en mer tradisjonell tilnærming der de ulike bindingstypene presenteres hver for seg.

Til slutt hadde det også vært interessant å lage et undervisningsopplegg om kjemiske bindinger på et tidligere årstrinn enn kjemi 1 i 2. klasse på videregående der man enten unngår å henvise så mye til oktettregelen, eller legger opp til refleksjon og diskusjon rundt modellens begrensning. Forskning viser at selv i de tilfeller der elever ikke introduseres for oktettregelen på ungdomstrinnet, kan de samme elevene utvikle alternative forestillinger basert på oktettregelen dersom den introduseres ved senere årstrinn (Joki & Aksela, 2018). En mulig videre studie kunne vært å se på hvordan elevene bruker oktettregelen dersom undervisningen eksplisitt legger opp til diskusjoner rundt modellens gyldighetsområde og begrensning når den introduseres for første gang.

Referanser

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Barke, H.-D., Hazari, A. & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education*. Springer Berlin Heidelberg
- Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22(11), 1171-1200. <https://doi.org/10.1080/09500690050166742>
- Bergqvist, A. (2012). *Models of chemical bonding: Representations Used in School Textbooks and by Teachers and their Relation to Students' Difficulties in Understanding* [Lisensiatavhandling]. Karlstads universitet.
- Bergqvist, A. & Rundgren, S.-N. C. (2017). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 215-237. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1295934>
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Boo, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 35(5), 569-581. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199805\)35:5<569::AID-TEA6>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199805)35:5<569::AID-TEA6>3.0.CO;2-N)
- Braun, V. & Clarke, V. (2014). What can “thematic analysis” offer health and wellbeing researchers? *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, 9(1), 26152. <https://doi.org/10.3402/qhw.v9.26152>
- Butts, B. & Smith, R. (1987). HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, 17(1), 192-201.
- Champagne, A., Gunstone, R., and Klopfer, L. (1983). Naive knowledge and science learning. *Research in Science and Technological Education*, 1(2), 173-183. DOI: [10.1080/0263514830010205](https://doi.org/10.1080/0263514830010205)
- Cheng, M. & Gilbert, J. K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. I Gilbert, J. K. & Treagust, D. (Red.). *Multiple representations in chemical education* (s. 55-73). Springer.
- Clarke, V. & Braun, V. (2013). Thematic analysis. I Michalos, A. C. (Red.), *Encyclopaedia of quality of life research*. New York: Springer.

- Coll, R. K. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. I Aubusson, P. J., Harrison, A. G. & Ritchie, S. M. (Red.) *Metaphor and analogy in science education* (s. 65-77). Springer.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31(3), 357-382.
- Coll, R. K. & Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners' mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5), 464-486. <https://doi.org/10.1002/tea.10085>
- Dalen, M. (2004). *Intervju som forskningsmetode: en kvalitativ tilnærming*. Universitetsforlaget.
- Dhindsa, H. S. & Treagust, D. F. (2014). Prospective pedagogy for teaching chemical bonding for smart and sustainable learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 435-446. <https://doi.org/10.1039/C4RP00059E>
- Driver, R. & Easley, J. (1978) Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61-84, DOI: [10.1080/03057267808559857](https://doi.org/10.1080/03057267808559857)
- Forskrift til opplæringslova (2006). *Forskrift til opplæringslova* (FOR-2006-06-23-724). Lovdata. Hentet 23.05.22 fra <https://lovdata.no/forskrift/2006-06-23-724>
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Galley, W. C. (2004). Exothermic bond breaking: A persistent misconception. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 523. [https://doi.org/https://doi.org/10.1021/ed081p523](https://doi.org/10.1021/ed081p523)
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. I Gilbert, J. K. (Red.). *Visualization in science education* (s. 9-27). Springer.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. I Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (Red.). *Developing models in science education* (s. 3-17). Springer.
- Gilbert, J. K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer.
- Gilbert, J. K., Justi, R., Van Driel, J. H., Onno, D. & Treagust, D. F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 5-14. DOI: [10.1039/B3RP90027D](https://doi.org/10.1039/B3RP90027D)
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660412>

- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in science Teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Halkier, B. (2012). *Fokusgrupper*. I Brinkmann, S. & Tanggaard, L. (Red.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Holt, A. & Øyehaug, A., B. (2019). Dybdeløring av fysiske og kjemiske endringer. I Voll, L. O, Øyehaug, A. B. & Holt A. (Red.). *Dybdeløring i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Hurst, M. O. (2002). How We Teach Molecular Structure to Freshmen. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 763. <https://doi.org/10.1021/ed079p763>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63. DOI: [10.1039/B5RP90021B](https://doi.org/10.1039/B5RP90021B)
- Joki, J. & Aksela, M. (2018). The challenges of learning and teaching chemical bonding at different school levels using electrostatic interactions instead of the octet rule as a teaching model. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 932-953. <https://doi.org/10.1039/C8RP00110C>
- Justi, R. & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. I Gilbert, J. K, De Jong, O., Justi, R., Treagust, F. & Van Driel, J. H. (Red.). *Chemical education: Towards research-based practice* (s. 47-68). Springer.
- Keogh, B. & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446. <https://doi.org/10.1080/095006999290642>
- Kronik, L., Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R. & Hofstein, A. (2008). A New "Bottom-Up" Framework for Teaching Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*, 85(12), 1680. <https://doi.org/10.1021/ed085p1680>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Lee, R. & Cheng, M. M. W. (2014). The Relationship Between Teaching and Learning of Chemical Bonding and Structures. I Bruguière, C., Tiberghien, A. & Clément, P. (Red.). *Topics and Trends in Current Science Education: 9th ESERA Conference Selected Contributions* (s. 403-417). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7281-6_25

- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Taber, K. S. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 179-207. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504548>
- Luxford, C. J. & Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312-320. <https://doi.org/10.1021/ed400700q>
- Lykknes, A. & Gusland, J. Z. (2015). *Akademi og industri : kjemiutdanning og -forskning ved NTNU gjennom 100 år*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Naylor, S. & Keogh, B. (1999). Constructivism in classroom: Theory into practice. *Journal of Science Teacher Education*, 10(2), 93-106. DOI: [10.1023/A:1009419914289](https://doi.org/10.1023/A:1009419914289)
- NESH (Den nasjonale forskningskomité) (2021). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap og humaniora*. Hentet 06.03.22 fra <https://www.forskningsetikk.no/retningslinjer/hum-sam/forskningsetiske-retningslinjer-for-samfunnsvitenskap-og-humaniora/>
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730. <https://doi.org/10.1080/09500690010025012>
- Nilssen, V. L. (2012). *Analyse i kvalitative studier: den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforlaget
- NOU 2014: 7. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole— Et kunnskapsgrunnlag*. Hentet 12.05.22 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/NOU-2014-7/id766593/?ch=1>
- NOU 2015: 8. (2015). *Fremtidens skole — Fornyelse av fag og kompetanser*. Hentet 12.05.22 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/?ch=1>
- NSD, Norsk senter for forskningsdata (u.å). *Samtykke og andre behandlingsgrunnlag*. <https://www.nsd.no/personverntjenester/oppslagsverk-for-personvern-i-forskning/samtykke-og-andre-behandlingsgrunnlag/>
- Pajchel, K., Ramton, A. & Sollid, P. (2019). Modeller og modellering i naturfag. I Voll, L.O. Øyehaug, A. B. & Holt, A. (Red.). *Dybdelæring i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Pauling, L. (1992). The nature of the chemical bond—1992. *Journal of Chemical Education*, 69(7), 519. <https://doi.org/10.1021/ed069p519>
- Pazinato, M. S., Bernardi, F. v. M., Miranda, A. C. G. & Braibante, M. E. F. (2020). Epistemological Profile of Chemical Bonding: Evaluation of Knowledge Construction in High School. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 307-318. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00353>
- Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode. En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier*. (2. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Ringnes, V. & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk : kjemi i skolen* (3. utg.). Oslo: Cappelen Damm akademisk.

- Robinson, W. R. (1998). An Alternative Framework for Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1074. <https://doi.org/10.1021/ed075p1074>
- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real world research: a resource for users of social research methods in applied settings* (4 utg.). Chichester: Wiley.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective sixth edition*. Pearson.
- Sikorova, Z. (2012). The role of textbooks in lower secondary schools in the Czech Republic. *IARTEM e-journal*, 4(2), 1-22. <https://doi.org/10.21344/iartem.v4i2.774>
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som almindannelse: En kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Steen, B.-G., Fimland, N. & Juel, L. A. (2021). *Aqua 1: kjemi 1: Grunnbok* (3. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Sunyono, S. & Meristin, A. (2018). The effect of multiple representation-based learning (MRL) to increase students' understanding of chemical bonding concepts. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 399-406.
- Taber, K. S. (1994). Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry – London*, 31(4), 100-100.
- Taber, K. S. (1997). Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic thinking. *School Science Review*, 78(285), 85-95.
- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597-608. <https://doi.org/10.1080/0950069980200507>
- Taber, K. S. (2000). Finding the optimum level of simplification: the case of teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(5), 320-325. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/5/301>
- Taber, K. S (2001). Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational Research. *Chemical Education Research and Practice*, 2(2), 123-158. <https://doi.org/10.1039/B1RP90014E>
- Taber, K. S. (2003). Lost without trace or not brought to mind? - A case study of remembering and forgetting of college science. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), 249-277. <https://doi.org/10.1039/B3RP90016A>
- Taber, K. S. & Coll, R. K. (2002). Bonding. I Gilbert, J. K, De Jong, O., Justi, R., Treagust, F. & Van Driel, J. H. (Red.). *Chemical education: Towards research-based practice* (s. 213-234). Kluwer Academic Publishers.
- Taber, K. S. & Tan, K. C. D. (2011). The Insidious Nature of 'Hard-Core' Alternative Conceptions: Implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy. *International Journal of Science Education*, 33(2), 259-297. <https://doi.org/10.1080/09500691003709880>

- Taber, K. S., Tsaparlis, G. & Nakiboğlu, C. (2012). Student Conceptions of Ionic Bonding: Patterns of thinking across three European contexts. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2843-2873. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.656150>
- Tan, K. C. D. & Treagust, D. F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *81*(294), 75-84.
- Teichert, M. A. & Stacy, A. M. (2002). Promoting understanding of chemical bonding and spontaneity through student explanation and integration of ideas. *Journal of Research in science Teaching*, 39(6), 464-496. <https://doi.org/10.1002/tea.10033>
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode* (4. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Tjora, A. H. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.). Oslo: Gyldendal.
- Treagust, D. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Tsaparlis, G., Pappa, E. T. & Byers, B. (2020). Proposed pedagogies for teaching and learning chemical bonding in secondary education. *Chemistry Teacher International*, 2(1). <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0002>
- Utdanningsdirektoratet. (2021). *Læreplan i kjemi (KJE01-02)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. Hentet 18.02.22 fra <https://data.udir.no/k106/v201906/laereplaner-lk20/KJE01-02.pdf?lang=nob>
- Utdanningsdirektoratet (Udir) (2022). *Undervisvurdering*. Hentet 23.05.22 fra <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/vurdering/om-vurdering/undervisvurdering/>
- Voll, L. O. & Holt, A. (2019). Dybdelæring i naturfag. I Voll, L. O., Øyehaug, A., B. & Holt, A. (Red.). *Dybdelæring i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Vrabec, M. & Prokša, M. (2016). Identifying misconceptions related to chemical bonding concepts in the Slovak school system using the bonding representations inventory as a diagnostic tool. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1364-1370. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00953>
- Vygotsky, L. (2001). Interaksjon mellom læring og utvikling. I Dale, E. L. (red.). *Om utdanning: klassiske tekster*. Oslo. Gyldendal Akademisk.
- Vygotsky, L. S. & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., Schneider, J. L. & Nyachwaya, J. (2014). Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models—impact and characterization. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 835-848. DOI: [10.1039/C4RP00119B](https://doi.org/10.1039/C4RP00119B)
- Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International journal of Educational research*, 13(1), 21-39. [https://doi.org/10.1016/0883-0355\(89\)90014-1](https://doi.org/10.1016/0883-0355(89)90014-1)

Zumdahl, S. S. & Zumdahl, S. A. (2014). *Chemistry* (9. utg.). Cengage Learning.

Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.

Vedlegg

Vedlegg A: Intervjuguide

Oppvarmingsspørsmål:

1. Hvordan liker dere temaet kjemiske bindinger?
2. Er det noe dere synes er spesielt vanskelig?
 - a. Eventuelt spesielt interessant?

Spørsmål knyttet til undervisningsopplegget:

Tar med magnetmodellene, grubletegningene og en ziplockpose.

På mandag gjennomførte vi et undervisningsopplegg om energi i kjemiske bindinger og ionebindinger:

3. Kan dere fortelle litt om deres opplevelse av de ulike aktivitetene vi hadde på mandag?
 - a. Var det noen aktiviteter dere følte dere lærte mer av?
 - i. Hvis ja, hvorfor lærte dere noe av akkurat de(n) aktiviteten(e)?
 1. Hva lærte dere som dere ikke visst fra før?
 - ii. Hvis nei, hvilke aktiviteter synes dere at dere lærer mest av?

Kjemiske bindinger:

4. Hvordan vil dere forklare kjemiske bindinger?
 - a. Hva tror dere er det som holder sammen atomene/ionene/molekylene i en kjemisk binding?
5. Hvorfor mener dere det dannes kjemiske bindinger?

Energi:

6. Det ene spørsmålet fra kartleggingstesten var om dere trodde det frigis energi eller kreves energi for å danne en binding.
 - a. Husker dere hva dere svarte da?
 - b. Hadde dere gitt et annet svar nå? Hva hadde dere svart nå? Kan dere begrunne svaret deres?
 - c. Om ja, hva er det som har gjort at dere har endret mening?
 - i. Spesifikke deler av undervisningen?
 - ii. Diskusjoner med andre?

7. I den ene aktiviteten brukte vi magneter (viser magnetene) for å forklare kjemiske bindinger og energien i bindinger.
- Hva tror dere at magnetene representerer?
 - Hva mener dere er positive sider ved en slik modell?
 - Hva mener dere er negative sider ved en slik modell?
 - Er det noe dere mener magnetmodellene ikke klarer å forklare eller beskrive?
 - (Tenker dere at slike modeller har en begrensning? På hvilken måte/ikke?)
8. Dere fikk også gjøre et lite forsøk på lab ved å løse CaCl_2 i vann. Hvordan tror dere dette forsøket kan kobles til temaet kjemiske bindinger?

Ionebindinger:

I den andre timen snakket vi om ionebindinger og hvordan ionebindinger dannet saltkrystaller.

9. Hvis dere skulle tegnet et NaCl -salt. Hvordan ville det sett ut?
- Hvorfor valgte du å tegne den akkurat sånn?
 - Hva betyr ... dette/denne streken osv. Spør hva de ulike delene i tegningen betyr.
10. I kartleggingstesten fikk dere spørsmål om å kommentere to påstander om NaCl (Viser påstandene).
- Husker dere hva dere svarte?
 - Dersom dere skulle svart på det nå, hvordan ville dere svart da?
11. Hvis du skulle gitt en forklaring på hvordan ionebindinger dannes, hvordan ville den forklaringen vært?

Oppsummering:

12. Er det noe mer dere ønsker å si om undervisningsopplegget, aktivitetene eller temaet kjemiske bindinger som dere ikke har fått sagt?
13. Har dere noen spørsmål knyttet til kjemiske bindinger eller prosjektet generelt?

Vedlegg B: Godkjennelse fra NSD

Vurdering

Referansenummer

231003

Prosjekttittel

Elevs forståelse av kjemiske bindinger

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet / Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap (SU) / Institutt for lærerutdanning

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Annette Lykknes, [REDACTED]

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Maria Fink Kvamme, [REDACTED]

Prosjektperiode

14.02.2022 - 01.09.2022

21.02.2022 - Vurdert**OM VURDERINGEN**

Personverntjenester har en avtale med institusjonen du forsker eller studerer ved. Denne avtalen innebærer at vi skal gi deg råd slik at behandlingen av personopplysninger i prosjektet ditt er lovlig etter personvernregelverket.

Personverntjenester har nå vurdert den planlagte behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at behandlingen er lovlig, hvis den gjennomføres slik den er beskrevet i meldeskjemaet med dialog og vedlegg.

DEL PROSJEKTET MED PROSJEKTANSVARLIG

For studenter er det obligatorisk å dele prosjektet med prosjektansvarlig (veileder). Del ved å trykke på knappen «Del prosjekt» i menylinjen øverst i meldeskjemaet. Prosjektansvarlig bes akseptere invitasjonen innen en uke. Om invitasjonen utløper, må han/hun inviteres på nytt.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til den datoen som er oppgitt i meldeskjemaet.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

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

lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen

formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål

dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet

lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

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

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

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

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

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

Ved bruk av databehandler (spørreskjemaleverandør, skylagring eller videosamtale) må behandlingen oppfylle kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29. Bruk leverandører som din institusjon har avtale med.

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

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til oss ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilke type endringer det er nødvendig å melde: <https://www.nsd.no/personverntjenester/fylle-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema>

Du må vente på svar fra oss før endringen gjennomføres.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

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

Lykke til med prosjektet!

Vedlegg C: Informasjonsskriv

Vil du delta i forskningsprosjektet «Elevens forståelse av kjemiske bindinger»?

Hei! Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å kartlegge kjemi 1-elevens forståelse av temaet kjemisk binding, samt gjennomføre et undervisningsopplegg knyttet til kjemiske bindinger. I dette skrivet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Dette er et forskningsprosjekt i forbindelse med min masteroppgave ved lektorutdanningen i realfag for 8-13 trinn ved NTNU. I dette prosjektet ønsker jeg å finne ut hvilke utfordringer og eventuelle alternative oppfatninger kjemi 1-elever kan ha innenfor temaet kjemiske bindinger ved å gjennomføre en kartleggingstest, lage og gjennomføre et undervisningsopplegg og intervju noen av dere i etterkant av undervisningsopplegget.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Forskningsprosjektet gjennomføres av Maria Fink Kvamme i forbindelse med min masteroppgave ved lektorutdanningen i realfag for 8-13 trinn i regi av institutt for lærerutdanning ved NTNU.

Hva innebærer det for deg å delta?

Det skal gjennomføres et undervisningsopplegg som varer i en dobbelttime og handler om temaet kjemiske bindinger. Du kan delta i timen uavhengig om du ønsker å delta i forskningsprosjektet eller ikke. Hvis du har lyst til å delta i forskningsprosjektet innebærer det at gruppediskusjonene underveis i undervisningen kan bli tatt opp av en lydopptaker.

Å delta i forskningsprosjektet kan også innebære:

- å delta i en anonym kartleggingstest på ca. 20 minutter før undervisningsopplegget. Testen handler om konkrete spørsmål knyttet til kjemiske bindinger.
- å delta i et gruppeintervju etter undervisningsopplegget. Intervjuet vil være en samtale der jeg stiller forskjellige spørsmål. Spørsmålene kan f.eks. handle om konkrete oppgaver fra kartleggingstesten eller deres tanker rundt undervisningsopplegget. Intervjuet vil vare i ca. 45-60 minutter og gjennomføres i små grupper på 3-4 elever. Dine svar fra intervjuet vil bli tatt opp på en ekstern lydopptaker som deretter transkriberes. Alle opplysninger blir anonymisert fortløpende.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet, og du velger selv om du vil delta på alt, deler av det eller ingen ting.

Undervisningsopplegget vil være en del av vanlig undervisning, og det er bare gruppediskusjonene som tas opp på lydopptaker som er en del av forskningsprosjektet. Dersom

du ikke ønsker å være med på lydopptak av gruppeintervju i undervisningsopplegget vil følgende tilpasninger gjennomføres:

- Den eksterne lydopptakeren vil plasseres direkte ved gruppene som deltar slik at de som ikke ønsker å være med ikke kommer med på lydopptakeren.
- Eventuelt vil faglærer ta med elevene til et annet klasserom der de diskuterer samme oppgaver.
- I helklassediskusjonene vil det ikke bli tatt lydopptak.

Svarene fra kartleggingstesten, gruppediskusjonene og intervjuet vil ikke påvirke vurderingen i faget på noen som helst måte og din faglærer vil ikke ha tilgang på noe av datamaterialet.

Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn ved å ta kontakt med meg. Det betyr at det er lov å ombestemme seg, og det er helt greit. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet og det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Jeg vil bare bruke opplysningene om deg til å svare på forskningsspørsmålet i min masteroppgave. Opplysningene vil bli behandlet konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

- Det er bare jeg og min veileder Annette Lykknes som har tilgang på lydopptakene og kartleggingstesten.
- All informasjon, både lydopptak og kartleggingstest vil transkriberes av meg og anonymiseres fortløpende slik at ingen kan kjenne deg igjen i masteroppgaven. Jeg vil for eksempel lage et nytt navn til deg dersom jeg skal bruke sitater fra intervjuet eller kartleggingstesten.
- Informasjonen lagres på en ekstern forskningsserver tilhørende NTNU som bare jeg har tilgang til. Den skriftlige kartleggingstesten vil bli bevart i et låst skap frem til det makuleres når forskningsprosjektet avsluttes.
- Etter prosjektslutt, 01.09.2022, vil all informasjon om deg bli slettet og makulert.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- å få se hvilken informasjon som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av informasjonen,
- å få rettet informasjon om deg hvis det er noen opplysninger som er feil,
- å få slettet informasjon om deg dersom du ikke lenger ønsker å delta, og
- å sende klage til Datatilsynet dersom du synes jeg har behandlet informasjonen om deg på en uforsiktig eller uriktig måte.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Jeg behandler opplysninger om deg kun dersom du skriver under på dette samtykkeskjemaet.

På oppdrag fra NTNU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- **NTNU student:** Maria Fink Kvamme; tlf: [...] ; epost: [...]
- NTNU veileder: Annette Lykknes; tlf: [...] ; epost: [...]
- NTNUs personvernombud er Thomas Helgesen; tlf. [...]; epost: [...]

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost eller på telefon: 55 58 21 17.

Jeg håper du synes denne forskningen er av verdi, og at du ønsker å være med på den.
På forhånd takk!

Med vennlig hilsen

Maria Fink Kvamme

(Maria Fink Kvamme)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Elevens forståelse av kjemiske bindinger», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

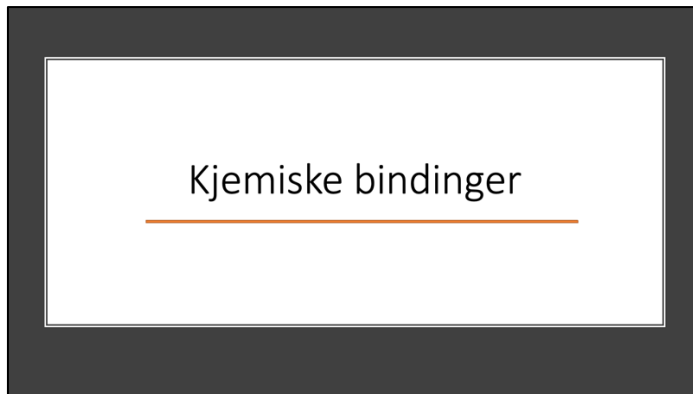
- å delta i en anonym skriftlig kartleggingstest før undervisningsøkten
- å delta i et gruppeintervju etter undervisningsøkten
- å delta i gruppediskusjon under undervisningsøkten

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg D: Lysbilde fremvisning og bildereferanser

1



2

Plan for dagen

Energi i kjemiske bindinger:

- Kjemiske bindinger
- Endoterme og eksoterme reaksjoner

lonebindinger

- lonebindinger
- Smeltepunkt og struktur til salter

3

Kjemiske bindinger og syrer og baser?

Ser dere noen sammenhenger mellom kjemiske bindinger og syrer og baser?

NaOH

HCl

NH₃ CH₃COOH

H₂O OH⁻ H₃O⁺

4

Kjemiske bindinger

$A + B \rightarrow AB$

Energy (kJ/mol)

Avstand mellom atomkjernene (nm)

- Tiltrekningskrefter mellom motsatt ladde partikler
- A og B kan være atomer, ioner eller molekyler
- Det krever mindre energi å være i en binding enn som separate atomer eller ioner.

5

Energi i kjemiske bindinger

Når det dannes kjemiske bindinger, kreves det energi, eller frigis det energi?

- **Eksoterm reaksjon:** Frigir energi (varme) til omgivelsene
 $\Delta H < 0$
- **Endoterm reaksjon:** Krever energi (varme) fra omgivelsene
 $\Delta H > 0$

Å danne binding = eksoterm Å bryte binding = endoterm

6

CaCl₂ i vann

Fremgangsmåte:

- Pipetter litt vann i posen og lukk den godt igjen.
- Klem forsiktig på posen slik at saltet løser seg i vannet.

Diskuter:

- Hva observerer dere?
- Kan dere prøve å gi en forklaring på det dere observerer?
- Det er ikke nødvendig å oppgi reaksjonslikning, men dere kan skrive den ned om dere vil

7

CaCl₂ i vann

Eksoterm reaksjon

Bindingene som brytes krever mindre energi enn den energien som frigis når nye bindinger dannes

8

Ionebindinger

- Binding mellom to motsatt ladde ioner
- Ofte mellom et metall og et ikke-metall

Hvorfor har NaCl(s) et så høyt smeltepunkt?

9

Hvorfor har NaCl (s) et smeltepunkt på 801 °C mens vann bare har et smeltepunkt på 0°C?

Jeg tror ikke det har noe med bindinger å gjøre. Faste stoffer har vel alltid høyere smeltepunkt enn væsker?

Jeg tror det er ionebindinger mellom alle ionene i saltet.

Det er sterkere bindinger mellom NaCl-molekylene enn det er mellom vannmolekylene.

Smeltepunktet er høyere siden det er flere bindinger mellom NaCl-molekylene enn det er mellom vannmolekylene.

10

Krystallstruktur i salter

- Ioneforbindelser danner saltkrystaller
- Det er ionebindinger mellom hvert ion

10

11

Oppsummering

★

Energi i bindinger

- En kjemisk binding dannes ved at atomer, ioner eller molekyler holdes sammen av elektrostatiske krefter
- Å danne en binding er alltid eksoterm = frigir energi
- Å bryte en binding er alltid endoterm = krever energi

★

Ionebindinger

- Ioneforbindelser danner saltkrystaller
- Smeltepunktet til salter er høyt siden det er ionebindinger mellom alle ionene.

11

Bildelisenser:

Lysbilde 3	H ₂ O-, OH ⁻ - og H ₃ O ⁺ molekyl	Lisens: Creative Commons Laget av: Minestrone_Soup Hentet 28.02.22 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bronsted_lowry_3d_diagram.png
Lysbilde 4	Graf av energi mellom to atomkjerner	Laget av: meg Inspirert av og oversatt fra Kronik et al. (2008, s. 1682) og Zumdahl og Zumdahl (2014, s. 354).
Lysbilde 6	Bilde av lastebil som strør salt	Lisens: Creative Commons Fotograf: Heidas Hentet 28.02.22 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schneepflug_Strasse_hinten.jpg
Lysbilde 8	Periodesystemet	Lisens: Creative Commons Laget av: Erik Bolstad Hentet 28.02.22 fra https://lillenorske.no/wp-content/uploads/2017/02/periodesystemet-a4-2017.pdf
Lysbilde 9	Grubletegning	Laget av: meg
Lysbilde 10	Saltkrystall	Lisens: Creative Commons Laget av: włodi Hentet 28.02.22 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rock_salt_crystal.jpg
	Kulemodell av en saltkrystall	Lisens: Creative Commons Laget av: Goran tek-en Hentet 28.02.22 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NaCl_bonds.svg

Vedlegg E: Praktisk forsøk – CaCl₂ i vann

Forsøk: CaCl₂ i vann

Fremgangsmåte:

- Pipetter litt vann i posen og lukk den godt igjen.
- Klem forsiktig på posen slik at saltet løser seg i vannet.



Diskuter:

- Hva observerer dere?
- Kan dere prøve å gi en forklaring på det dere observerer?
 - *Det er ikke nødvendig å oppgi reaksjonslikning, men dere kan skrive den ned om dere vil.*

Bildelisens:

Lisens: Creative Commons

Fotograf: Markus Brunner

Hentet 28.02.22 fra https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calcium_chloride_CaCl2.jpg

