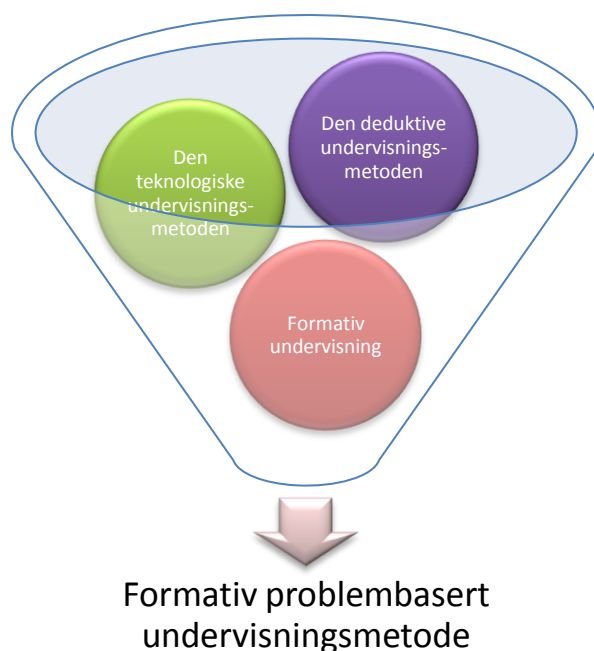


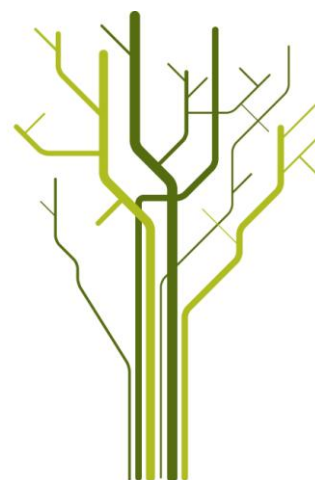
Undervisning av NMR - En formativ problembasert tilnærming



Gerhard Osvoll

KJE-3906 Masteroppgave i kjemi - lærerutdanning

Mai 2012



Forord

Denne oppgaven er avslutningen på min femårige master i integrert lektorutdanning i realfag. Gjennom studiet har fordypningsfagene mine vært kjemi og matematikk, og jeg avslutter nå studenttilværelsen med denne didaktiske oppgaven som har gitt meg både stor glede og frustrasjon. Erfaringen fra denne oppgaven på 30 studiepoeng, og resten av tiden på Universitetet i Tromsø, har vært veldig verdifull og jeg vil ta med meg lærdommen videre.

Først og fremst vil jeg takke veilederne mine Hans-Georg Köller fra Institutt for lærerutdanning, og Bjørn Olav Brandsdal fra Institutt for kjemi. Uten deres veiledning og tilrettelegging hadde det vært svært vanskelig å skrive denne oppgaven fra Hammerfest. De har også vært gode støttespillere og det har vært fint å bli kjent med så imøtekommende og faglig dyktige mennesker. Jeg var også så heldig at jeg fikk delta på en kjemikonferanse (EC2E2N) i Italia, hvor jeg hadde glede av å ha Hans-Georg Köller som mitt reisefølge.

Jeg vil også benytte anledningen til å takke min medstudent Steffen Berg for fruktbare diskusjoner og innspill under utviklingen av undervisningsopplegget og undervisningsmetoden. En stor takk rettes også personell som har bistått med sin kunnskap og veiledning ved Institutt for kjemi, og til lærene som har latt meg få frie tøyler i undervisningen av klassene deres.

Jeg vil også takke familien min som har støttet meg under mitt studie på Universitetet i Tromsø. Hadde ikke mamma begynt å gråte da jeg fortalte at jeg hadde lyst til å gå på mekanisk på videregående, hadde jeg aldri fullført studieforbereidende, og heller ikke fått gleden av å undervise kjemi og matematikk.

Sist men ikke minst vil jeg takke de to som jeg deler livet med. Uten Prikkas påtvungne luftturer med avbrekk til tenkepauser og frisk luft hadde jeg kanskje gått på veggen. Min kjære Malin har vært tålmodig og overbærende i de 4,5 månedene som det har stått på som verst, tusen takk for faglige diskusjoner og ikke minst uvurderlig korrekturlesning. Uten dere hadde det vært umulig å holde motet oppe hele veien, og oppgaven hadde ikke vært den samme uten.

Hammerfest, mai 2012

Gerhard Osvoll

Sammendrag

Denne oppgaven presenterer resultatene fra et studie hvor en ny undervisningsmetode er prøvd ut i undervisningen av kjernemagnetisk resonans (NMR). Undervisningen er elevsentrert med bruk av formative undervisningsverktøy, hvor det er benyttet elementer fra den deduktive og den teknologiske undervisningsmetoden. Data er samlet inn i forbindelse med gjennomføringen av et undervisningsopplegg hvor målet var å lære elevene i videregående skole å tolke enkle ^1H -NMR-spektre, som ble innført som et læreplanmål etter Kunnskapsløftet i 2006.

Resultatene tyder på at elevene fikk et stort læringsutbytte ved bruk av denne metoden som viste seg å være et bedre alternativ til undervisning av NMR enn metodene som den ble satt sammen av. Undervisningsmetoden stimulerer til høy aktivitet og elevdeltakelse, og har muligheter til å nivåddifferensiere undervisningen i stor grad.

Oppgaven konkluderer med at den formative problembaserte undervisningsmetoden er velegnet til å undervise ^1H -NMR, og er et godt alternativ til også å undervise andre emner som er satt sammen av forskjellige deler som må kombineres for å komme frem til en løsning. Metoden bør derfor introduseres i større grad i den videregående skolen.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|------------|
| FORORD | III |
| SAMMENDRAG | V |
| INNHALDSFORTEGNELSE | VII |
| AKRONYMER | X |
| 1. INNLEDNING | 1 |
| 1.1. BAKGRUNN | 1 |
| 2. TEORI | 5 |
| 2.1. NATURFAGSDIDAKTIKK..... | 5 |
| 2.1.1. Læringsteorier | 5 |
| 2.1.2. Formativ undervisning | 9 |
| 2.1.3. Delt og differensiert ansvar for egen læring..... | 12 |
| 2.1.4. Kjemi i en kontekst | 12 |
| 2.2. NMR TEORI | 14 |
| 2.2.1. Instrumentelle analysemetoder - NMR | 14 |
| 2.2.2. Bakgrunnsteori for dannelse av ¹ H-NMR-spekter | 14 |
| 2.2.3. Hvordan tolke enkle ¹ H-NMR -spektre..... | 17 |
| 2.3. ANVENDELSE AV NMR I PRAKSIS | 24 |
| 2.3.1. LTX 109 | 25 |
| 2.3.2. NMR spekter av LTX 109..... | 26 |
| 2.3.3. ROESY av LTX 109 - LLL og LLD | 27 |
| 2.3.4. NOESY av LTX109 – LLL og LLD | 29 |
| 3. METODE | 31 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1. | FORMATIV PROBLEMBASERT UNDERVISNINGSMETODE | 31 |
| 3.1.1. | Den deduktive undervisningsmetoden | 31 |
| 3.1.2. | Den teknologiske undervisningsmetoden..... | 32 |
| 3.1.3. | Formativ kombinerings..... | 33 |
| 3.1.4. | Fremgangsmåte for oppgaveløsning | 37 |
| 3.2. | SAMFUNNSVITENSKAPELIG METODE | 38 |
| 3.2.1. | Kvalitativ og kvantitativ metode | 38 |
| 3.2.2. | Metodetriangulering | 42 |
| 3.2.3. | Metodisk tilnærming til oppgaven | 43 |
| 3.3. | GJENNOMFØRING AV UNDERVISNINGSSOPPLEGGET OG DATAINNSAMLING | 46 |
| 3.4. | SVAKHETER VED METODEN | 47 |
| 4. | RESULTATER..... | 49 |
| 4.1. | RAMMEFAKTORER..... | 49 |
| 4.2. | TILBAKEMELDING FRA ELEVENE | 49 |
| 4.2.1. | Sammenligning av kunnskap før og etter forelesning..... | 50 |
| 4.2.2. | Forventning og utbytte | 52 |
| 4.2.3. | Vanskelighetsgrad og tilpasning | 53 |
| 4.2.4. | Behov for etterarbeid..... | 54 |
| 4.2.5. | Elevenes vurdering av diskusjon i grupper som undervisningsverktøy | 56 |
| 4.2.6. | Elevenes tilbakemelding på FPM..... | 57 |
| 5. | DRØFTING | 61 |
| 5.1. | HVORDAN RAMMEFAKTORENE PÅVIRKET UNDERVISNINGEN..... | 61 |
| 5.2. | FORKUNNSKAP OG UTBYTTE KNYTTET TIL MOTIVASJON | 62 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.3. | DRØFTING AV DET UTVIKLEDE UNDERVISNINGSOPPLEGGET | 64 |
| 5.3.1. | FPM som undervisningsmetode | 64 |
| 5.3.2. | Innholdet i undervisningen | 67 |
| 5.4. | DRØFTING AV KJEMI I EN KONTEKST | 68 |
| 6. | KONKLUSJON..... | 69 |
| 6.1. | FPM OPPSUMMERT..... | 69 |
| 6.2. | SVAR PÅ PROBLEMSTILLING | 70 |
| 6.2.1. | Hvordan fungerer formativ problembasert undervisningsmetode til undervisning av ¹ H-NMR?..... | 70 |
| 6.2.2. | Hvilket utbytte hadde elevene av undervisningsopplegget? | 71 |
| 6.3. | VEIEN VIDERE | 72 |
| 7. | REFERANSER..... | 73 |
| | APPENDIKS A: SPØRRESKJEMA TIL UTVIKLING AV UNDERVISNINGSOPPLEGG..... | 76 |
| | APPENDIKS B: SPØRRESKJEMA TIL EVALUERING AV UNDERVISNINGSOPPLEGG..... | 78 |
| | APPENDIKS C: INTERVJUGUIDE | 80 |

Akronymer

| | |
|-------|--|
| AFEL | Ansvar for egen læring |
| DDAFL | Delt og differensiert ansvar for egen læring |
| DDM | Den deduktive undervisningsmetoden |
| DIM | Den induktive undervisningsmetoden |
| DTM | Den teknologiske undervisningsmetoden |
| FPM | Formativ problembasert undervisningsmetode |
| GC | Gasskromatografi |
| Hz | Hertz |
| IR | Infrarødt spektrometer |
| K06 | Kunnskapsløftet |
| MD | Molekyldynamikk |
| MS | Massespektrometri |
| NMR | Nuclear magnetic response (kjernemagnetisk resonans) |
| NOE | Nuclear overhauser effect |
| NOESY | Nuclear overhauser effect spectroscopy |
| PPM | Parts per million |
| PPU | Praktisk pedagogisk utdanning |
| ROESY | Rotating-frame NOE spectroscopy |
| SAMP | Antimikrobiell peptidomimetic |
| TMS | Tetrametylsilan |
| UDIR | Utdanningsdirektoratet |
| UIT | Universitetet i Tromsø |
| UV | Ultrafiolett spektrometri |

1. Innledning

Dette er en naturfagdidaktisk oppgave som tar for seg et undervisningsopplegg om kjernemagnetisk resonans (NMR) som er en instrumentell analysemetode i kjemi. I utviklingen av undervisningsopplegget er formativ undervisning, deduktiv undervisningsmetode og den teknologiske undervisningsmetoden kombinert til en egenutviklet undervisningsmetode jeg har valgt å kalle formativ problembasert undervisningsmetode (FPM). Målet med dette undervisningsopplegget var å undervise om NMR på en nyskapende og lærerik måte, og i denne oppgaven er utviklingen av selve undervisningsopplegget, med tilhørende teori og metode, samt resultater og drøfting presentert.

Studiet er basert på eksisterende litteratur om emnet, kvantitative spørreskjemaer, halvstrukturerte intervju og observasjoner. Oppgaven begrenser seg til datamaterialet jeg har samlet inn i forbindelse med undervisningsopplegget, og bruk av FPM i forhold til læreplanmålet om løsning av enkle ^1H -NMR-spektre.

1.1. Bakgrunn

Kunnskapsløftet

I august 2006 ble Kunnskapsløftet (K06) innført; dette var da en ny undervisningsreform som erstattet planverket Reform 94 og L97. I kjemi på videregående førte dette til store forandringer; 2 KJ med tre uketimer og 3 KJ med fem uketimer ble omgjort til Kjemi 1 og Kjemi 2, begge med fem uketimer. Med flere undervisningstimer førte dette til en helt ny og annerledes læreplan i kjemi, hvor det også ble inkludert nye emner som tidligere først ble undervist på universitetsnivå.

NMR inn i skolen

Med innføringen av K06 ble det i Kjemi 2 innført flere nye læreplanmål og et av dem var at ”elevene skal kunne utføre analyser med kolorimetri og tolke enkle massespekter og ^1H -NMR-spektre” (UDIR, 2006b). I dette læreplanmålet skiller tolkning av enkle ^1H -NMR-spektre seg ut. NMR er forkortelsen for ”nuclear magnetic resonance”, som på norsk heter kjernemagnetisk resonans. Til tross for at det finnes en norsk oversetting benyttes NMR også som forkortelse på norsk. NMR er en gammel analysemetode som har vært i bruk i Norge i over 50 år (Pedersen, 2011), men spesielt de siste 20 årene har det vært en voldsom

teknologisk fremgang, med utvikling av både NMR maskiner og datamaskiner til å analysere spektre. Spektrene er grafiske fremstillinger av dataene man får ut av en NMR analyse, og spektrene har blitt mer detaljerte slik at det kan analyseres større og mer komplekse molekyler. Gode NMR maskiner kan også analysere interaksjoner mellom funksjonelle grupper¹ i molekylene. I tillegg til høyere oppløsning har også NMR maskinene blitt mer brukervennlige. Bruksområdet til NMR maskinene ved Universitetet i Tromsø (UIT) strekker seg fra analyser av enkle molekyler laget av besøkende kjemielever, til marin bioprospektering².

Lærernes utfordring

Innføringen av læreplanen i 2006 skapte utfordringer for en del av kjemilærerne i videregående skole. Gjennomsnittsalderen til universitetsutdannede realfaglærere i videregående skole er i dag rundt 50 år (UDIR, 2006a), og mange av disse lærerne startet å undervise før utviklingen av datamaskiner skjød fart. Som et resultat av dette er en stor del av dagens kjemilærere ikke faglig oppdaterte på ¹H-NMR. Løsningen for mange har vært å ta med klassen sin til nærmeste utdanningsinstitusjon som utfører ¹H-NMR analyser, slik at elevene på denne måten kan lære å løse enkle ¹H-NMR-spektre og dermed oppfylle læreplanmålet.

Universitetets rolle

Fra omkringliggende skoler har UIT merket en pågang fra klasser som ønsker å komme til UIT for å få undervisning om NMR. Ved UIT har disse klassene mottatt undervisning fra eksperter³ om hvilken anvendelse NMR har som analysemetode, og om hvordan man løser ¹H-NMR- spektre.

Elevenes utfordring

Tilbakemeldingene fra lærere og elever vedrørende undervisningen om NMR på UIT er at den er altfor omfangsrikt og har for høyt faglig nivå for elevene. Jeg og en av mine medstudenter fikk overvære ett av besøkene ved UIT, og fikk bekreftet ovenstående. Min medstudent hadde

¹ Et atom eller gruppe med atomer som har karakteristiske kjemiske og fysiske egenskaper. De funksjonelle gruppene er de reaktive delene av et molekyl (Smith, 2008).

² Leting etter biokjemiske resurser i marine organismer.

³ Førsteamanuenser og professorer.

da bakgrunn tilsvarende en bachelor i kjemi, men hadde ikke mottatt noen undervisning om $^1\text{H-NMR}$ tidligere. Erfaringen han satt igjen med var at han ikke hadde forstått så mye. Hvis en bachelorstudent i kjemi har utfordringer med å følge med og forstå undervisningen, så vil dette indikere at også elever fra den videregående skole kan ha betydelige utfordringer med å få et utbytte av denne.

Skolelaboratoriet i realfag og teknologiske fag

Ved UIT har skoler hatt muligheten til å komme på besøk til Skolelaboratoriet for å få undervisning i utfordrende emner eller for å utføre relevante forsøk med utstyr som skolene mangler. Hensikten med Skolelaboratoriet er å vekke interessen for å studere naturvitenskapelige fag gjennom spennende forsøk og forelesninger. Skolelaboratoriet har også som mål å heve kunnskapen blant elever og lærere. Gjennom et samarbeid med lærerutdanningen på UIT, skal Skolelaboratoriet i realfag og teknologiske fag reorganiseres for å bygge opp et skolelaboratorium som er i samsvar med skolenes ønsker og behov i forhold til læreplanmålene i disse fagene. For at lærerne skal ta seg tid til å komme, og for at besøket skal være relevant for undervisningen, utvikler Skolelaboratoriet foredrag og forsøk i kjemi som dekker de kompetansemål i K06 som er utfordrende eller trenger dyrt og avansert utstyr (UIT, 2010). Målgruppen for besøk ved Skolelaboratoriet for undervisning i kjemi, er kjemielever på videregående skole.

Motivasjon for oppgaven

Som en del av integrert lektorutdanning i realfag er praktisk pedagogisk utdanning (PPU) inkludert i masterstudiet, og i forbindelse med siste praksisperiode i PPU var jeg utplassert ved Skolelaboratoriet i realfag. Her fikk jeg som oppgave å lage et undervisningsopplegg som dekket analyse av enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre, og dette undervisningsopplegget ble starten på denne oppgaven. Arbeidet som jeg utførte i praksisen under PPU-studiet og i denne oppgaven skal brukes videre i undervisning på Skolelaboratoriet.

NMR er en viktig analysemetode innenfor kjemiens virkeområde, men også en utfordring å undervise på en lettfattelig og god måte. Fokuset for oppgaven har vært å utvikle et undervisningsopplegg som nettopp tar høyde for dette. Som et resultat av arbeidet på Skolelaboratoriet har jeg utviklet en undervisningsmetode som passer til undervisning av NMR. Som fremtidig kjemilærer har det vært motiverende å utvikle et undervisningsopplegg om et emne som er utfordrende å undervise i, og som jeg kan ha god nytte av i fremtiden.

Undervisningsopplegget

Undervisningsopplegget som er utviklet i forbindelse med denne oppgaven er elevsentrert, hvilket innebærer at elevene har en aktiv og sentral rolle i undervisningen. Metodene benyttet er en kombinasjon av den deduktive undervisningsmetoden, den teknologiske undervisningsmetoden og med formativ oppgaveløsning som en integrert del av undervisningen. Undervisningsopplegget ble gjentatt flere ganger med forskjellige klassestørrelser, besøk på skoler, besøk på UIT og undervisning i forskjellige auditorier og klasserom. Undervisningsmetoden endret seg ikke underveis, men innholdet ble forbedret etter tilbakemelding fra elevene som deltok i undervisningsopplegget.

Problemstilling

Hensikten med denne oppgaven er å forstå og analysere undervisningsopplegget, samt å se på hvilken kunnskap man kan trekke ut fra erfaringene som er gjort. Gjennom en kombinasjon av kvalitative og kvantitative data, med påfølgende drøfting av resultatene, skal denne oppgaven belyse problemstillingen som er sammensatt av følgende spørsmål:

1. Hvordan fungerer formativ problembasert undervisningsmetode til undervisning av NMR?
2. Hvilket utbytte hadde elevene av undervisningsopplegget?

Oppgavens struktur

Teorien som danner det teoretiske rammeverket for denne oppgaven er presentert i kapittel 2, og et eksempel på anvendelse av ^1H -NMR-spektre med et reelt tilfelle fra UIT er inkludert for å sette det hele i kontekst. Kapittel 3 tar for seg undervisningsmetoden jeg har benyttet i undervisningsopplegget og metodene som er brukt til datainnsamling. Resultatene som er kommet frem gjennom datainnsamlingen er presentert i kapittel 4. Videre er resultatene drøftet i henhold til problemstillingen i kapittel 5, før oppgaven avsluttes med konklusjon i kapittel 6.

2. Teori

2.1. Naturfagsdidaktikk

2.1.1. Læringsteorier

En god pedagog vet at en læringsteori alene ikke gir svaret på hvordan man bør undervise, eller at en læringsstrategi alene ikke kan beskrive alle aspektene ved læring. Bevisst eller ubevisst benytter en lærer seg av flere teorier i undervisningen. Ofte settes læringsteoriene opp mot hverandre, men Valdermo og Eilertsen (2002:14) velger i sin bok "En læringsbevisst skole" å omtale forholdene mellom læringsteoriene som "en komplementær tenkemåte der vi ser større verdi i å vise hvordan ulike syn på læring utfyller hverandre". Selv om behaviorismen som er en av de mest kjente læringsteoriene (se Imsen, 2005 og Sjøberg, 2009) ikke er omfattet av oppgaven, er den høyst levende i klasserommet.

Læringsteoriene som er mest fremtredende i dette undervisningsopplegget er konstruktivistisk læringsteori og sosiokulturell læringsteori, og disse to teoriene er omtalt i de to påfølgende delkapitlene. Alternative teorier er av Sjøberg (2009) omtalt som feilkonstruksjon av kognitive skjemaer, og er derfor plassert under konstruktivistisk læringsteori.

Konstruktivistisk læringsteori

Den konstruktivistiske læringsteorien er utviklet i et forsøk på å forklare de kognitive prosessene som finner sted når en person lærer noe. Hovedpersonen bak denne retningen innenfor læringsteori er Jean Piaget (1896-1980), som opprinnelig var biolog, men utviklet en sterk trang til å forstå hvordan kunnskap oppstod og utviklet seg. Målet for Piagets forskning var å finne kunnskapens struktur (Sjøberg, 2009). Imsen (2005) fremhever at konstruktivismen ikke bare er en teori om hvordan man lærer, men også en teori om hva kunnskap er. Teorien sier at læring ikke er lineær, men at man kan lære ferdigheter adskilt for senere å koble dem sammen. Som en representasjon for at man har lært noe benyttet Piaget seg av analogien til et skjema for å beskrive at noe på det indre planet forandrer seg når man lærer noe (Sjøberg, 2009). Sjøberg (2009:317) illustrerer de mentale skjemaene som "et slags mentalt garn som vi kan bruke til å fange virkeligheten med tankene våre". De kognitive skjemaene er ment for å illustrere hva vi gjør med kunnskapen som vi skaper. I følge konstruktivismen er kunnskap noe som blir skapt i mennesket på bakgrunn av hvordan vi tolker og behandler stimuli.

Ved læring delte Piaget det som skjer inn i to delprosesser: Assimilasjon og akkomodasjon. Assimilasjon skjer når vi blir utsatt for noe nytt og ukjent, og for å forstå dette tolker vi sanseintrykk og kobler de til gamle kognitive skjemaer. Med andre ord passer den nye kunnskapen inn i den gamle (Sjøberg, 2009). Assimilasjon blir definert som en konserverende prosess hvor kunnskapen i skjemaene blir bekreftet. Akkomodasjon skjer når den nye kunnskapen ikke passer inn i de gamle kunnskapsskjemaene, og det er nødvendig med en strukturendring av skjemaene. Denne struktureringen kalte Piaget for læring, og i følge Piaget er assimilasjon og akkomodasjon to tvillingprosesser som opptrer samtidig og må være i likevekt. Når det oppstår ubalanse mellom assimilasjon og akkomodasjon vil selvregulering føre til at individet gjenoppretter ekvilibrium (Sjøberg, 2009). Det som er drivkraften for læring i den konstruktivistiske læringsteorien er individets nysgjerrighet og trangen til å forstå eller finne mening (Imsen, 2005).

Alternative teorier

Som en overordnet benevnelse for feilkoblinger av kognitive skjemaer benyttes alternative teorier, og fellesnevneren for disse feilkoblingene er at de resulterer i alternative teorier eller forklaringer på fenomener som ikke stemmer overens med de vitenskapelige teoriene eller forklaringene. Sjøberg (2009) deler alternative teorier inn i tre kategorier:

- Hverdagsforestillinger
- Misoppfatninger
- Tilfeldige feil

Hverdagsforestillinger er at elevene har dannet seg en teori om et fenomen som de har observert flere ganger eller over tid, og slike teorier har vist seg å være motstandsdyktige mot undervisning (Sjøberg, 2009). Misoppfatninger vil si at elevene misforstår lærerens forklaring, og danner seg en teori som ikke er korrekt. Tilfeldige feil oppstår når alternative forklaringer dannes spontant, som eksempelvis kan forklares ved at elever under prøvesituasjoner ikke kan fremgangsmåten for å løse en oppgave, men danner seg en (alternativ) teori for å kunne hankses med denne (Sjøberg, 2009).

Elevene kan skape seg en alternativ forklaring som fungerer utenfor skolesituasjonen, og parallelt bruke den vitenskapelige forklaringen i skolesammenheng. Ved å danne seg parallelle forklaringsvirkeligheter kan elevene takle at det finnes to motstridende forklaringer

på samme fenomen. Dette skyldes i hovedsak at hverdagsforestillingene er motstandsdyktige mot undervisning (Sjøberg, 2009).

En av hovedårsakene til at elevene lager seg alternative teorier er at de ikke er konsekvente i sine resonnement. Noen ganger resonnerer de ut fra hva de sanser, og i andre tilfeller ut fra logiske tankesett. I tilfeller hvor materie ikke er synlig (slik som i kjemi) bruker ofte elevene resonnement som baserer seg på sanser, selv om de er i stand til å gjøre avanserte logiske resonnement i matematikk og på andre områder (Kind, 2009).

At læring bygger videre på elevenes forkunnskaper, og må starte på det faglige nivået de befinner seg på, er allment akseptert. Utfordringen oppstår når elevene har ulike forkunnskaper og befinner seg på forskjellige kunnskapsnivåer. I følge Sjøberg (2009) kan konsekvensen bli at man underviser en gruppe elever med lik bakgrunnskunnskap på bekostning av andre grupper. Utfordringen for læreren blir større når man i tillegg får elever med forestillinger og kunnskaper som ikke er korrekte. Noen ganger kan man modifisere, forbedre og utdype elevenes forestillinger, men i enkelte tilfeller kan man ikke bygge videre på dem. I slike tilfeller må elevenes alternative teorier brytes ned og erstattes med en ny og bedre:

”Man må, brutalt sagt, prøve å rive ned elevens forestillinger og erstatte dem med nye og bedre. Og like selvsagt at det ikke er *læreren* som kan gjøre dette, men bare *eleven* selv.... Vi vet lite i detalj om hvordan en slik prosess foregår. Den er ikke lett å beskrive, og den er enda verre å foreskrive” (Sjøberg, 2009:348).

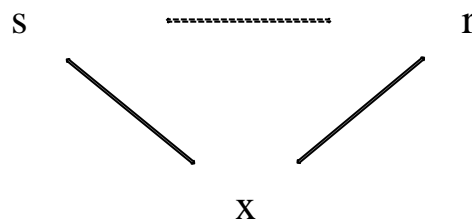
Når elevene gjentatte ganger observerer et fenomen som passer relativt bra til deres hverdagsforestilling, så vil forestillingen forsterkes hver gang. Hvis en lærer sier at forestillingen ikke er riktig, er ikke dette noe elevene bare legger fra seg fordi læreren sier at dette er feil. Skal man få gjort noe med hverdagsforestillingene må lærebokforfattere og lærere ta inn over seg at elevene ikke kommer som blanke ark som skal fylles ut. Elevene kommer med ideer og forestillinger om hvordan verden henger sammen, og som lærer bør man derfor ha en innsikt i de mest vanlige hverdagsforestillingene slik at en vet hva en kan møte hos elevene. En oppskrift på hvordan man bøter på utfordringen med hverdagsforestillinger kan man ikke lage siden ingen elever er like (Sjøberg, 2009). Hverdagsforestillinger er vanligere i konsepter hvor det vitenskapelige ordet også har en annen betydning i hverdagslivet. Energi er et ord som har forskjellig betydning i kjemi og i

dagligtalen, og derfor skaper dette ordet en mulighet for å skape alternative forklaringer. Vitenskapelige ord som bare finnes i naturvitenskapen har ikke ofte mange alternative forklaringer.

Misoppfatninger finnes på alle utdanningsnivåer fra barnehage til postdoktor. Selv blant doktorgradsstudenter var det overraskende mange som fremdeles beholdt enkle mentale modeller som elektronhav og oktettregelen. Dette er overraskende fordi det er stor forskjell på orbital teori og oktettregelen (Coll og Taylor, 2002). Bare 61 % av elevene i grade -12 i USA (tilsvarer vg2) kunne plassere det delte elektronparet i en binding i H-F og i tillegg gi en korrekt forklaring på hvorfor (Peterson og Treagust, 1989).

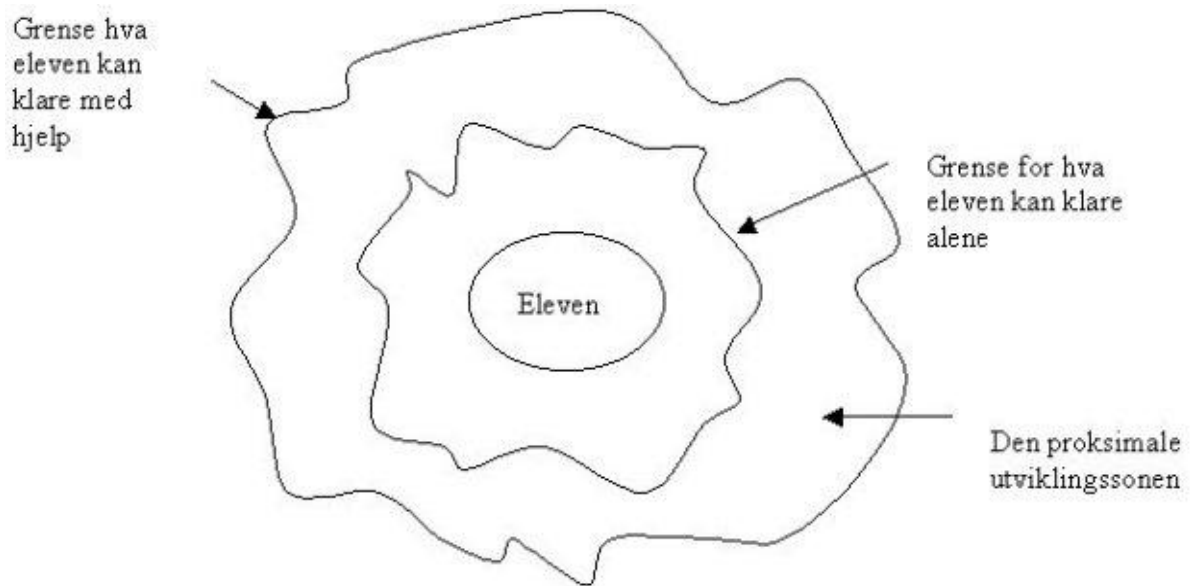
Sosiokulturell læringsteori

Den sosiokulturelle læringsteorien legger vekt på læring gjennom et samspill mellom individet og omgivelsene. Sentralt i denne teorien står språket, og Lev Vygotsky (1896-1934) trakk frem språket som ett av de viktigste verktøyene mennesket har til læring. Barns læring er særlig fremhevet, og ved å observere barn som leker i en sandkasse kan man se og høre at de ikke prater til hverandre, men til seg selv. Vygotsky mente at det er disse samtalen barnet har med seg selv som utvikler seg til å bli stemmen i hodet vårt og som senere utgjør tankene våre (Imsen, 2005).



Figur 2-1: Mediering ved hjelp av tegn (x) mellom stimulering (s) og respons (r) (Imsen, 2005:257).

Fra behaviorismen har vi stimuli og respons, og Imsen (2005) forklarer at Vygotsky satt inn mediering som et resultat av stimuli, mellom stimuli og respons. Ved hjelp av språket vårt kan vi sette språkbilledlige tegn på tankevirksomheten mellom stimuli og respons, og det er dette Vygotsky definerte som mediering. Språket som verktøy er viktig i forhold til mediering, og det er dette redskapet Vygotsky kalte tegn (Imsen, 2005).



Figur 2-2: Den proksimale utviklingssonen (Imsen, 2005:259).

Sentralt i sosiokulturell læringsteori står den proksimale utviklingssonen som illustrerer hva en elev kan klare på egenhånd, og hva eleven potensielt kan klare hvis eleven får hjelp (Imsen, 2005). Gjennom mediering kan elevene utnytte den proksimale utviklingssonen ved å sette ord på tankene i prosessen mellom stimuli og respons. Tilbakemeldinger fra medelever eller lærer kan hjelpe elevene til å utvikle tankeprosessen mellom stimuli og respons.

2.1.2. Formativ undervisning

Formativ vurdering kan beskrives som en konstruktiv vurdering, men den er bare konstruktiv hvis den brukes til læring. Som et resultat av fokuset på formativ vurdering har Black m. fl. (2003) sett på rammene rundt den formative vurderingen, og undersøkt hvordan man burde undervise for å få til en optimal formativ undervisning. Dette er utspringet til formativ undervisning; altså hvordan man bør legge opp forarbeid og etterarbeid ved å bruke vurderingene formativt. Formativ undervisning får stor plass i teorikapittelet fordi det benyttes i undervisningsopplegget på bakgrunn av stor læringseffekt (Hattie, 2009). Gjennom kvalitativ forskning har Black m. fl. (2003) funnet fire fokusområder for formativ undervisning:

- Formativ spørsmålsstilling
- Formativ tilbakemelding
- Par- og egenvurdering
- Formativ bruk av summative tester (ikke omtalt i denne oppgaven)

Formativ spørsmålsstilling

Tradisjonell deduktiv klasseromsundervisning definerer jeg som at læreren gjennomfører teoriundervisning med bruk av tavle, gjerne etterfulgt av litt tid til å løse oppgaver. Egen erfaring og observasjon av dette er at det ofte stilles korte lukkede spørsmål med den hensikt å kontrollere om elevene følger med. Spørsmålene er ofte enkle fordi læreren ønsker at elevene skal svare raskt, og ofte får ikke elevene tilstrekkelig tid til å reflektere over svaret, og læreren sier løsningen på grunn av elevenes nøling. Slike spørsmål oppfattes ikke som spennende og motiverende av elevene, og gjør mange elever passive i undervisningen.

Lengre responstid og bedre spørsmål, som er åpne og mindre fakta fokuserte, gir bedre læringseffekt enn korte og detaljorienterte spørsmål som beskrevet over. Elevene i Black m. fl. (2003) sitt forskningsprosjekt ble mindre passive som følge av at de fikk tid til å tenke seg om, og tid til å delta. Særlig elever som trengte tid til å formulere et svar fikk muligheten til å delta med en slik fremgangsmåte. Svarene ble også generelt lengre som følge av dette og lærerne i prosjektet fikk også mange flere alternative svar på spørsmålene de stilte.

Håndteringen av ukorrekte svar ble også høyt vektlagt i prosjektet: Ukorrekte svar ble ikke ignorert, men elevene ble oppfordret til å ta utgangspunkt i de riktige elementene av svaret og bygge videre på disse til et korrekt svar (Black m. fl., 2003). Dette mener jeg gir elevene som svarte feil en mer positiv opplevelse enn hvis svaret bare hadde blitt ignorert. I tillegg til å gi en bedre opplevelse, mener jeg at dette kan gi muligheten til å avdekke og bearbeide eventuelle hverdagsforestillinger.

Brainstorming i par var også en strategi som ble brukt i dette forskningsprosjektet. Denne strategien ga et godt utbytte: Elevene ble tryggere på å avgi sine svar høyt i klasserommet fordi de allerede hadde fått prøvd ut svaret på sin partner og fått innspill. Ved å benytte denne strategien fikk lærerne også aktivisert elever som ellers var passive. Svarene fra elevene ble både lengre og mer velformulerte, og ved denne fremgangsmåten skal og kan et svar fra alle elevene i klassen forventes (Black m. fl., 2003).

Ett av de viktigste verktøyene i formativ undervisning er pararbeid. Effekten av pararbeid har vist seg å være at elevene får et større læringsutbytte som følge av økt deltakelse i undervisningen. En erfaring Black m. fl. (2003) gjorde, var at elevene hadde stort læringsutbytte av pararbeid i forbindelse med oppgaveløsning. Lærerne som deltok i prosjektet erfarte at elevene oftere avbryter medelevenes forklaring for å få repetert

uklarheter. Elevene stoppet ikke bare ved å få det forklart en gang til, men ba medelevene om å repetere forklaringen til de hadde forstått problemet (Black m. fl., 2003). Med enkle ord kan man si at pararbeid er et effektivt didaktisk verktøy.

Formativ tilbakemelding

Formative tilbakemeldinger er tilbakemeldinger som elevene mottar kontinuerlig i enten muntlig eller skriftlig form fra læreren. Målet med tilbakemeldingen er progresjon hos elevene som mottar denne. En tilbakemelding er formativ bare hvis den bidrar til læring. De formative tilbakemeldingene må ikke nødvendigvis gis kontinuerlig, så lenge de omfatter det som er av tiltrengt omfang for elevenes læringseffekt. Effektiviteten av formativ undervisning ligger i kvaliteten på de formative tilbakemeldingene som elevene mottar (Yorke, 2003).

Vanlige tilbakemeldinger på prøver er at oppgaver blir rettet med "v" for feil og "R" for rett og med en karakter for hele prøven, noe som i følge Hattie (2009) gir lite læringsutbytte. Prøver og innleveringer som rettes med tykke⁴ kommentarer og leveres tilbake uten karakter har best læringseffekt. Forklaringen på dette er at med fokus bare på tilbakemeldingene uten distraksjon fra karakteren, så vil kommentarene få den oppmerksomheten som de er tiltenkt.

En tynn⁴ kommentar er motstykket til en tykk kommentar. Et eksempel på en tynn kommentar kan være; "detaljer", som ikke vil gi elevene nok informasjon til å vite akkurat hvilke detaljer læreren er ute etter. Derimot vil tykke kommentarer gi elevene tilstrekkelig informasjon til at de forstår og kan bearbeide det de ikke har gjort godt nok. Eksempel på en slik kommentar er "kan du forklare mer detaljert hva som skjer med gassen i en varmepumpe når gassen går gjennom kondensatoren?"

Par og egenvurdering

Sentralt i formativ undervisning er egenvurdering; det er ofte lett å se seg blind på egne feil, og det er derfor bra å gjennomføre egenvurdering som pararbeid. Fordelen med par- og egenvurdering er at det øker elevenes læringsbevissthet. Gjennom å granske sine egne og partnerens feil vil elevene lære hva som er gjort bra og hva som kunne vært annerledes. Elevene får i tillegg en innsikt i lærerens ståsted (Black m. fl., 2003).

⁴ Begrep oversatt fra Black m. fl. (2003).

En viktig observasjon som ble gjort i prosjektet til Black m. fl. (2003) var at elevene ofte var mer kritiske og direkte i sine tilbakemeldinger i forhold til lærerne, samtidig som de godtok kritikk fra andre elever bedre. Pararbeid viste seg også å være en effektiv måte å implementere mange av de formative undervisningsaktivitetene (Black m. fl., 2003).

Den nest beste bidragsyteren til økt læring er i følge Hattie (2009) egenvurdering. Elever som er i stand til å vurdere seg selv og egen innsats har med andre ord større sjanse til å gjøre det bedre. For at elevene skal kunne yte et godt arbeid, er det essensielt at de vet hva som blir vurdert som godt arbeid (Black m. fl., 2003).

2.1.3. Delt og differensiert ansvar for egen læring

Delt og differensiert ansvar for egen læring (DDAFL) har sitt utgangspunkt i begrepet ansvar for egen læring (AFEL). Tanken bak AFEL var at elevene skulle ta en del av ansvaret for at de skulle lære, og at de skulle være læringsbevisste. Dette begrepet har blitt misforstått av en del pedagogisk personell og for mye ansvar har blitt flyttet helt over på elevene (Valdermo og Eilertsen, 2002). Begrepet DDAFL passer bedre til å beskrive det som var intensjonen med AFEL. Forskjellen mellom DDAFL og AFEL er at ansvarsforholdet mellom lærer og elev skal drøftes, nyanseres og følges opp i DDAFL. Dette er spesifisert i DDAFL og elevene får ansvar for å delta aktivt i undervisningen, følge opp avtaler og gjøre lekser mens læreren har ansvar for at det legges til rette for læring. Læreren og den enkelte elev skal drøfte ansvarsforholdet og gjøre klare avtaler. Med andre ord har læreren ansvar for å lage avtaler med elevene, og elevene har ansvar for å følge opp disse avtalene (Valdermo og Eilertsen, 2002).

2.1.4. Kjemi i en kontekst

I Kjemi 2 er det en omfattende læreplan som er satt sammen av isolerte temaer, som sammen med de resterende fagene utgjør en høy arbeidsbelastning for elevene. Videre er det også kjent at elevene ikke alltid kan knytte kunnskapen de lærer til noe relevant. For mange elever er kjemi ikke et fag som tas av egeninteresse, men fordi det er et krav til videre studier, slik som det er for elever som har et ønske om å studere medisin (Pilot og Bulte, 2006). Schwartz (2006) benytter en stigeanalogi for å illustrere hvordan elevene ikke blir fortalt hvorfor, eller oppfordret til å utforske hvorfor de klatrer på kunnskapsstigen i kjemifaget. De mister en glede mange vitenskapsmenn har hatt på sin reise opp kunnskapsstigen, og som et resultat av dette kan elevene miste interessen for kjemi.

For at elevene skal se nytten i kjemikunnskapene de lærer må elevene kunne knytte dette til dagligdagse situasjoner, samfunnsmessig viktighet eller vitenskapelige og teknologiske utfordringer (Parchmann m. fl., 2006). Kjemi i en kontekst må være dagsaktuell for at elevene skal relatere faget til virkeligheten, og utfordringen ligger i at autentiske fenomener og forskning ofte er kompleks og vanskelig å forklare, eller ikke kan utføres med skolens utstyr. Tidsrammen er ofte en begrensende faktor, slik at det ikke er tid til å gi en fullstendig og god forklaring som kompleksiteten av autentiske kontekster ofte har behov for (Parchmann m. fl., 2006). Dette stiller krav til at konteksten må være et gjennomtenkt valg. For elevene kan det være viktig å gi kunnskapen meningsfull kontekst, slik at de er i stand til å konstruere en relevans mellom dem selv og de ”mentale skjemaene” de har dannet om emnet (Gilbert, 2006).

2.2. NMR Teori

2.2.1. Instrumentelle analysemetoder - NMR

Innenfor instrumentell analyse finnes det mange forskjellige analysemetoder og de mest kjente og brukte er gasskromatografi (GC), massespektrometri (MS), røntgenkrystallografi, infrarødt spektrometer (IR), ultrafiolett spektrometri (UV) og kjernemagnetisk resonans (NMR).

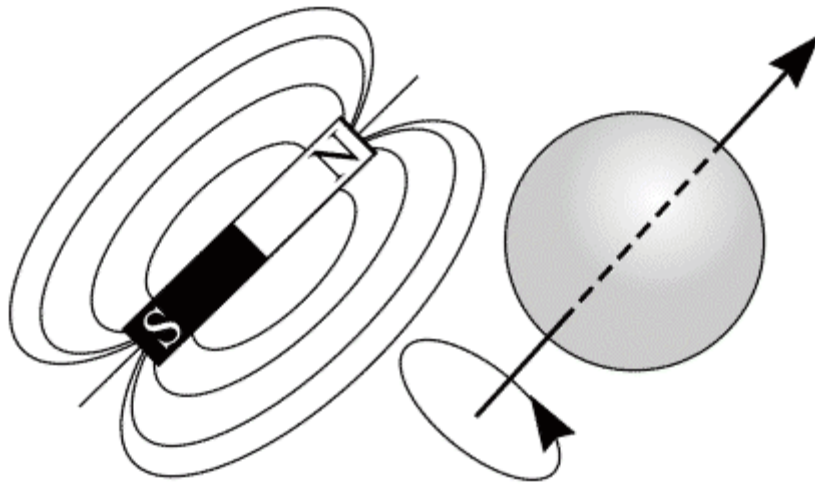
NMR er en viktig instrumentell analysemetode metode innenfor organisk kjemi. Metoden er til og med viktigere enn IR fordi med NMR kan man undersøke mange atomkjerner, og alle atomkjerner med odde nukleontall kan analyseres (Pavia, 2009). De NMR metodene som oftest er anvendt er ^{13}C -NMR og ^1H -NMR. Hydrogen og karbon er hyppigst representert i organiske forbindelser og det er derfor naturlig at dette er de vanligste NMR metodene (Smith, 2008).

I det påfølgende delkapittelet vil jeg presentere teorien som er lagt til grunne som nødvendig kunnskap for å kunne løse enkle ^1H -NMR-spektre. Teorien omfatter litt mer enn hva Kjemi 2 elever behøver å vite for å oppnå læreplanmålet, og legger derfor opp til litt overlæring.

2.2.2. Bakgrunnsteori for dannelse av ^1H -NMR-spekter

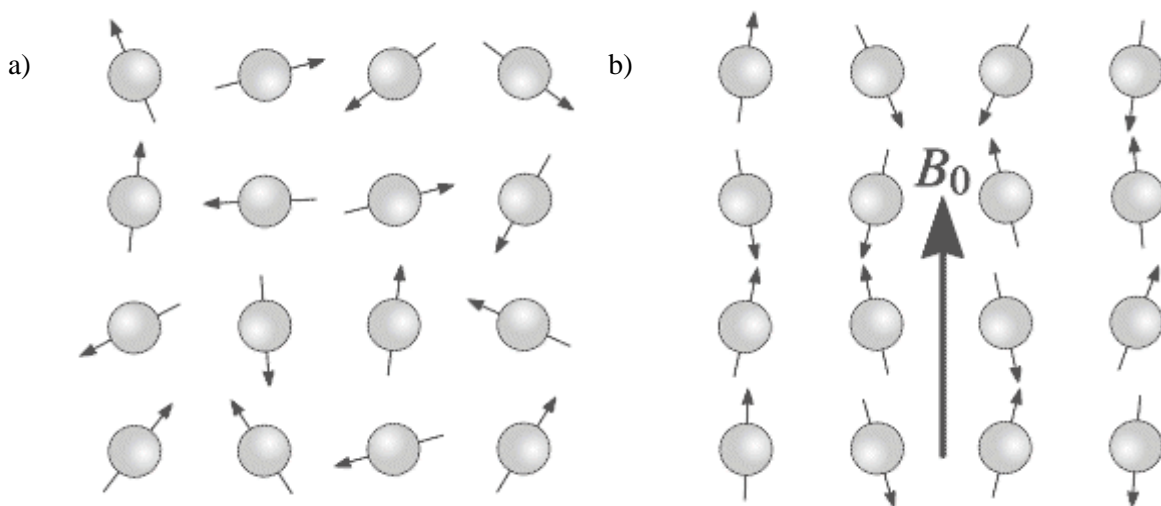
Spinn

Mange atomkjerner har en egenskap som kalles spinn, og betegnelsen beskriver nettopp det at atomkjernene oppfører seg som om de spinner rundt sin egen akse. Alle atomer som har odde masse, odde atomnummer eller begge, har magnetisk dipol. Forenklet kan vi si at det minner oss om jordkloden, med en magnetisk nord- og sydpol. Dette illustreres i Figur 2-3. De vanligste atomkjernene som det utføres NMR på er ^1H , ^2H , ^{13}C , ^{14}N , ^{17}O og ^{19}F . Mest brukt er ^1H og ^{13}C NMR, fordi hydrogen og karbon er grunnstoffene som finnes i alle organiske forbindelser.



Figur 2-3: Illustrasjon av magnetisk poler til et proton (Puddephat, 2010).

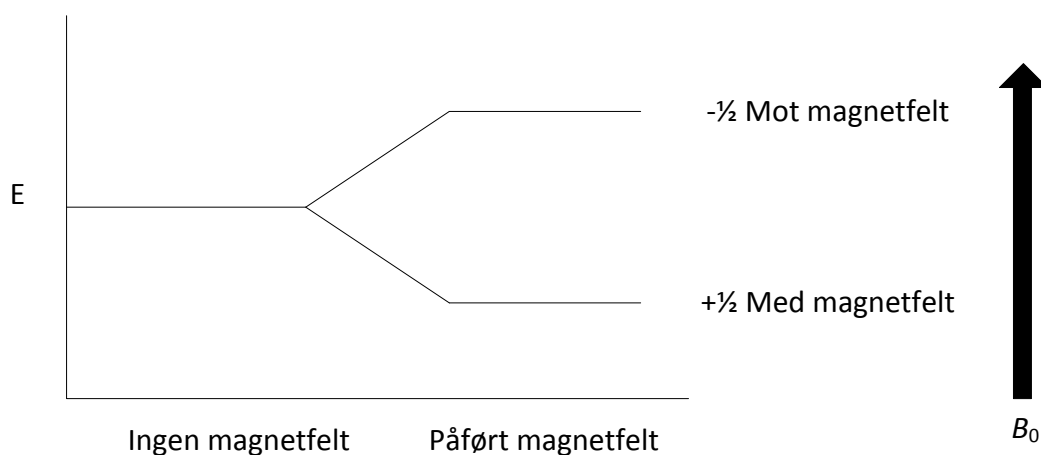
De fleste elever har kjennskap til et kompass, og kjenner til at disse også har en magnetisk nord og syd på slik som magneten i Figur 2-3.



Figur 2-4: a) Protoner utenfor magnetfelt, og b) protoner i et magnetfelt (Puddephat, 2010).

Uten magnetfelt snurrer protonene fritt og har sine magnetiske poler pekende i alle retninger som vist i Figur 2-4 a), men når de plasseres i et magnetfelt (B_0) peker de magnetiske polene enten med eller mot magnetens retning slik som i Figur 2-4 b). Når protonets magnetiske retning peker samme vei som magnetfeltet, har protonet lavest energi, får protonet tilført energi i form av radiobølger, kan protonet orientere seg med eller mot magnetfeltets retning. Den enkleste lignelsen for å illustrere orienteringen i magnetfeltet til et proton er å snu et kompass 180 grader vertikalt, slik at nord pila peker mot sør. Det samme skjer når man sender inn en radiobølge med rett frekvens i forhold til protonets magnetfelt. Resonans i

protonkjernen får den til å orientere seg slik at det magnetiske feltet peker mot magnetfeltets retning. Protonkjernen er bare stabil så lenge den peker mot magnetfeltet (180 grader), og det skal svært lite til for at protonkjernen snur tilbake med magnetfeltet. Når et proton returnerer fra å peke mot magnetfeltet, til med magnetfeltet, sender protonet ut en radiobølge som tilsvarer den bølgen som fikk protonet i resonans og orienterte det mot magnetfeltet. Denne radiobølgen som protonet sender ut, er den som blir fanget opp og tolket til signaler i ^1H -NMR-spektre.

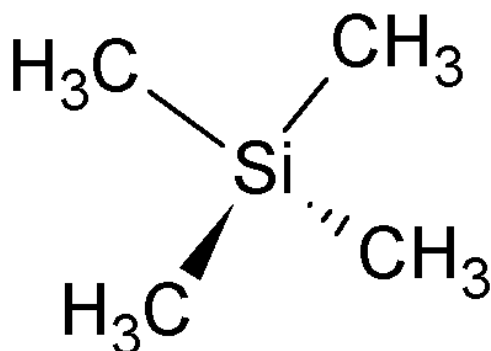


Figur 2-5: Spinnstatus for protoner med og uten magnetisk felt (Pavia, 2009:107).

Protonenes energitilstand er vist i Figur 2-5, og figuren viser at der hvor det ikke er applisert magnetfelt så har alle kjernene likt energinivå, i motsetning til når protonene påføres et magnetfelt. Protonene i magnetfeltet får lavere energi hvis protonene har magnetisk retning med magnetfeltet, og får økt energi hvis protonene er eksiterte til å peke mot magnetfeltet. Det er denne energiforskjellen som blir sendt ut som en radiobølge når protonet snur fra å ha magnetisk pol pekende mot magnetfeltet, til å peke med magnetfeltet.

Kjemisk skift og Tetrametylsilan

For at alle kjemikere rundt hele verden skal kunne utføre identiske ^1H -NMR analyser er det nødvendig at de bruker en felles målestokk. Den felles målestokken som brukes i dag er kjemisk skift (chemical shift), som angir sine verdier i deler per million (*ppm*).



Figur 2-6: Strukturtegnning av Tetrametylsilan (TMS).

Som referanse for nullpunktet anvendes molekylet Tetrametylsilan (TMS) fordi det er inert, og fordi protonkjernene rundt silisiumet er skjermet. Det er etablert at TMS er mer skjermet enn de fleste andre kjemiske stoffer, og at det derfor er egnet til å bruke som referanse (Pavia, 2009). TMS kommer nesten alltid som det første signalet i $^1\text{H-NMR}$ -spektrene, slik at de andre signalenes kjemiske skift kan beregnes ut fra posisjonen til TMS-signalet (Pavia, 2009). Posisjonene til signalet beregnes ut fra denne formelen for kjemisk skift etter Smith (2008:496):

$$\text{Kjemisk skift i ppm} = \frac{\text{observert kjemisk skift (i Hz) fra TMS}}{\text{frekvensen til spektrometeret (i HZ)}}$$

Det kjemiske skiftet for signalet blir beregnet med formelen ovenfor og får et resultat som benevnes med *ppm*. Observert kjemisk skift i hertz (Hz) er avstanden mellom TMS og det kjemiske skiftet til signalet og dette deles på spektrometerets frekvens, som er den frekvensen som magnetfeltet til NMR maskinene er stilt inn på under analysen.

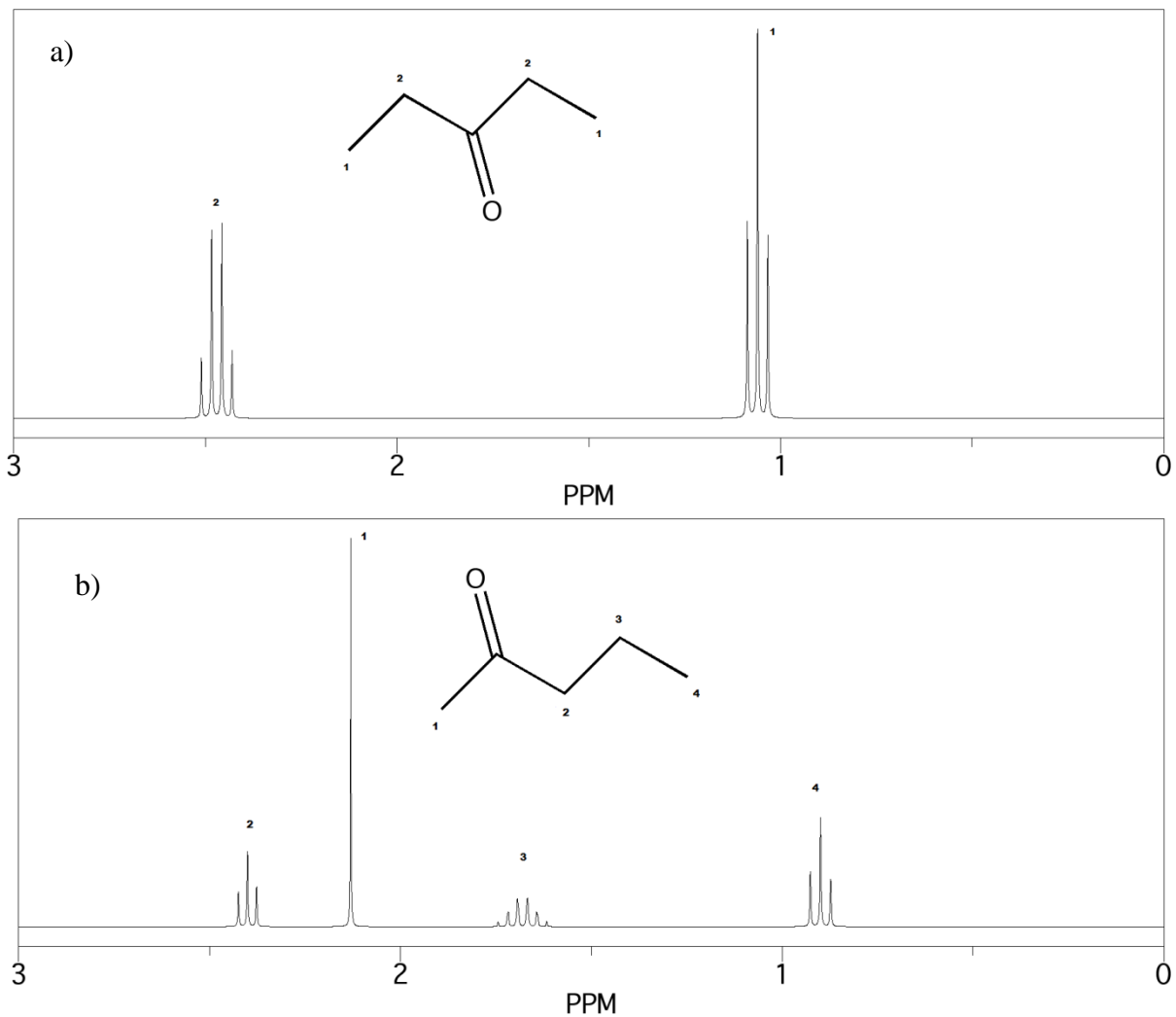
2.2.3. Hvordan tolke enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre

Elevene skal etter læreplanmålet i K06 kunne løse enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre, men en gitt fremgangsmåte på hvordan Kjemi 2 elever skal løse disse spektrene eksisterer ikke. Det finnes mange ulike strategier og fremgangsmåter, men likevel er det fire sentrale egenskaper som er viktige. Disse egenskapene kan hjelpe Kjemi 2 elevene å tolke enkle $^1\text{H-NMR}$ spektre og det elevene burde se etter er disse fire punktene (Smith, 2008):

- Antall signaler
- Posisjonen til signalet
- Intensiteten til signalene
- Naboer

Antall signaler

Antall splittings av signalet i $^1\text{H-NMR}$ -spekteret forteller elevene hvor mange protoner det er på naboatomene til det atomet protonet sitter på. Et generelt prinsipp er at protoner i forskjellige miljø gir forskjellige $^1\text{H-NMR}$ -signaler. Dette betyr at ekvivalente protoner gir det samme NMR signalet, som igjen innebærer at molekyler med speilsymmetri, har ekvivalente grupper som gir likt signal (Smith, 2008).



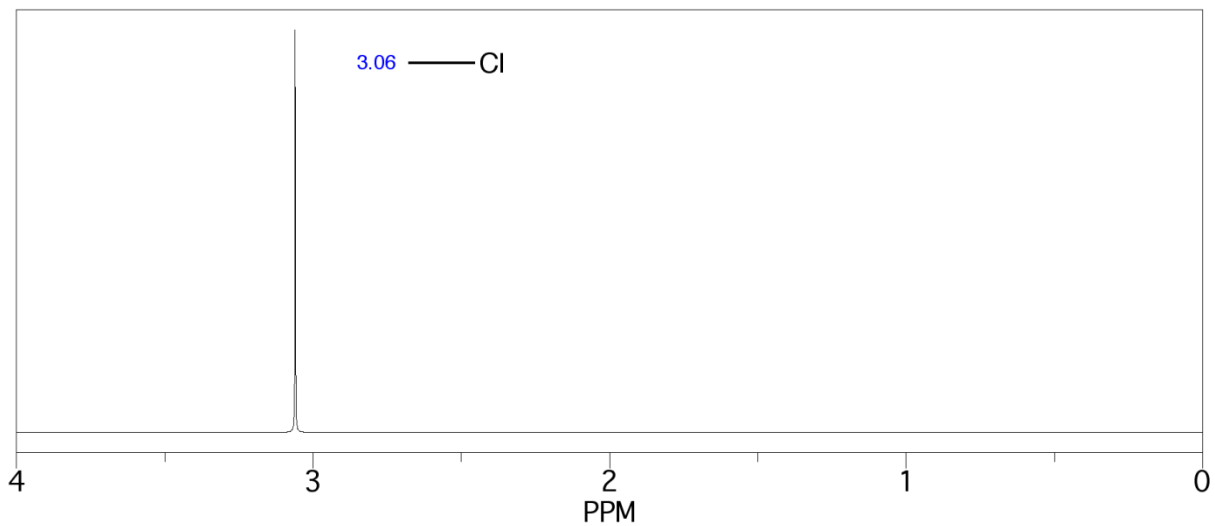
Figur 2-7: a) $^1\text{H-NMR}$ -spekter av 3-Pentanon, b) $^1\text{H-NMR}$ -spekter av 2- Pentanon.

Molekylformelen for 2-Pentanon og 3-Pentanon i Figur 2-7 er identisk, men $^1\text{H-NMR}$ -spektrene for de to isomere forbindelsene er forskjellige. 3-Pentanon (Figur 2-7 a) har speilgeometri og har 2 signaler fordi molekylet er likt på begge sider av midten. Dette betyr at de ytterste metylgruppene har ekvivalente protoner, og protonene på karbon nummer 2 og nummer 4 er ekvivalente. 2-Pentanon (Figur 2-7 b) har ikke symmetri og har derfor 4

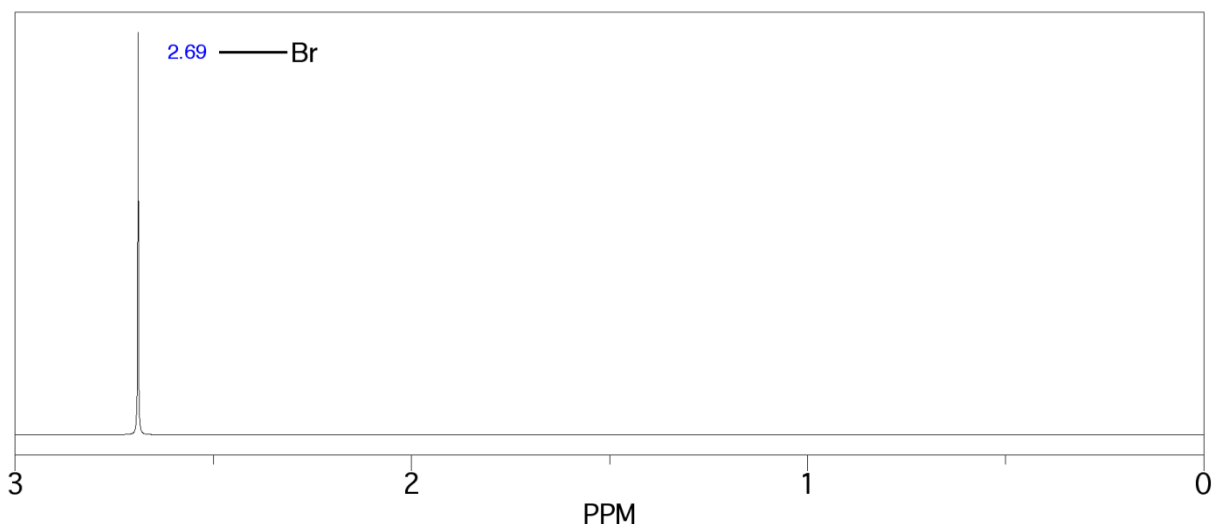
signaler. Metylgruppene på hver ende av 2-Pentanon har forskjellige elektronegative miljøer, og vil derfor gi forskjellige signaler i spekteret.

Posisjonen til signalet

Det som avgjør hvor et spesifikt proton absorberer signalet avhenger av det elektronegative miljøet som omgir protonet. For å forstå dette må elevene få en innføring i skjerming og avskjerming av protoner. Når hydrogen er bundet til noe som ikke trekker mye på elektronet til hydrogenet, vil elektronskyen dekke hele protonet. I motsatt tilfelle vil protonet være lite skjermet hvis hydrogenet er bundet til et atom som trekker mye på elektronet i bindingen (Smith, 2008).



Figur 2-8: ¹H-NMR-spekter til klormetan.



Figur 2-9: ^1H -NMR-spekter til brommetan.

Hvor signalet blir absorbert angir vi på en skala som vi kaller for kjemisk skift. Skjermede protoner vil gi et signal på skalaen til høyre mot null, mens mindre skjermede protoner vil gi et signal lengre til venstre på det kjemiske skiftet. Ved å sammenligne Figur 2-8 og Figur 2-9 er det tydelig forskjell på hvor signalet til metylgruppen kommer. For klormetan vil det komme et signal lengre til venstre i forhold til signalet fra brommetan. Fordi klor er mer elektronegativt enn brom og kan trekke kraftigere på elektronene som deles mellom karbon og hydrogen, resulterer det i at protonene i klormetan er mindre skjermet enn protonene i brommetan.

For mange funksjonelle grupper kan man forutsi i hvilket område protonene vil gi signal i ^1H -NMR-spekteret (Smith, 2008). I Tabell 2-1 er det presentert noen relevante intervaller for Kjemi 2 elever:

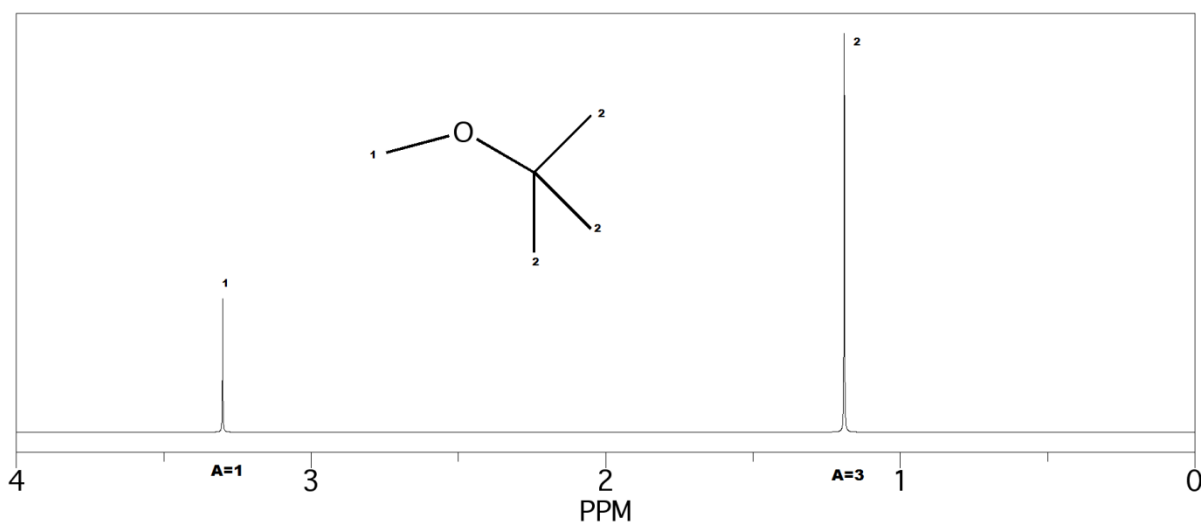
Tabell 2-1: Et utdrag av noen kjemiske skift basert på Pavia (2009).

| Type Protein | Kjemisk skift i ppm | Type protoner | Kjemisk skift i ppm |
|---------------------------------------|---------------------|---|----------------------|
| R – CH ₃ | 0.7-1.3 | R – O – H | 0.5-5.0 ⁵ |
| R – CH ₂ – CH ₃ | 1.2-1.4 | R – N – H | 0.5-4.0 ⁵ |
| R ₃ – CH | 1.4-1.7 | Br – O – H | 2.7-4.1 |
| CH ₃ – COOH | 2.1-2.5 | Cl – O – H | 3.1-4.1 |
| R – COH | 9.0-10.0 | R – C ≡ C – H | 1.7-2.7 |
| R – COOH | 11.0-12.0 | C ₆ H ₅ – CH ₃ | 2.3-2.7 |
| R – COOCH | 3.5-4.8 | C ₆ H ₅ – | 6.6-8.0 |

Intensiteten til signalet

I spektrene som man får ut ved en ¹H-NMR-analyse kan man regne ut arealet under grafen og på denne måten finne antall protoner som absorberer signalet. Her er det viktig å merke seg at arealet ikke viser eksakt antall protoner, men viser forholdet mellom dem (Smith, 2008). På eksamen i Kjemi 2 vil arealet enten være oppgitt i spekteret, eller så kan elevene lese dette av forskjellen på høyden til signalene.

⁵ Variasjon skyldes ikke bare kjemisk miljø, men også konsentrasjon, temperatur og løsningsmiddel (Pavia, 2009).

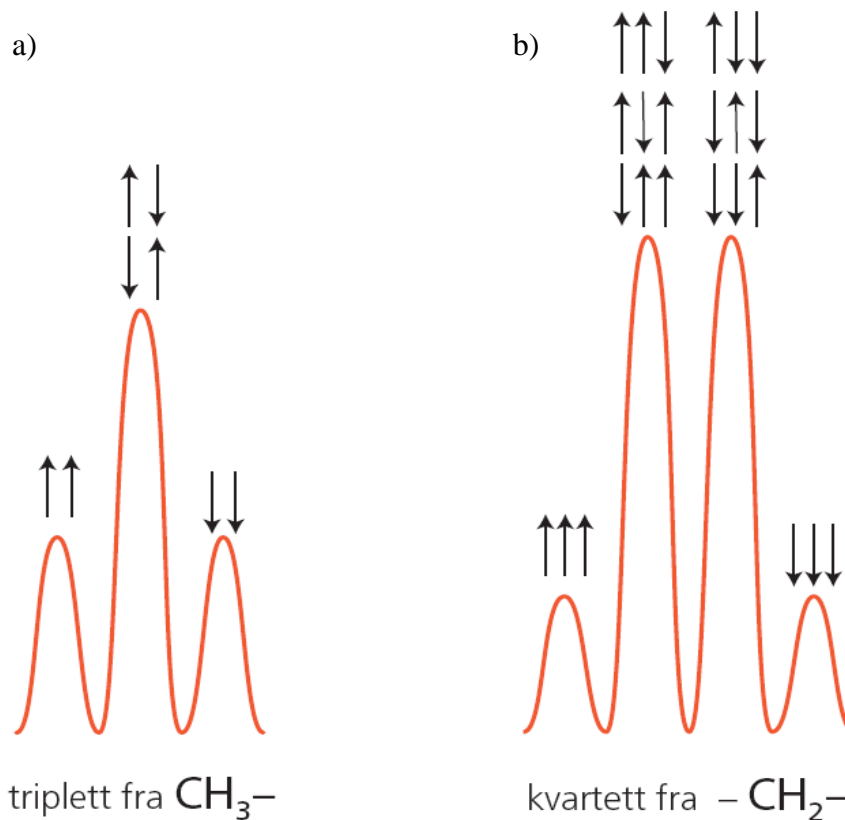


Figur 2-10: Strukturen til metyl-tert-butyleter med tilhørende ^1H -NMR-spekter.

I figuren over er metyl-tert-butyleter med tilhørende ^1H -NMR-spekter fremstilt. På strukturen kan man se at metylgruppen til venstre for oksygenet har tre protoner, og de tre ekvivalente metylgruppene til høyre har til sammen ni protoner. Dette gir et forholdstall på 1:3 og stemmer overens med arealet under signalene i spekteret (Figur 2-10). Metylgruppen til venstre for oksygenet på strukturen i Figur 2-10 gir et signal som har kjemisk skift til venstre, og de tre metylgruppene som har et karbon mellom seg og oksygenet, gir et signal til høyre i spekteret.

Naboer

Protonet som sender ut ^1H -NMR-signalet kan "føle" protonene på naboatomene, noe som gir en egenskap til signalet som gjør at man kan se av splittingen til signalet hvor mange det er. Siden protonet kan ha spinn med eller mot magnetfeltet vil ^1H -NMR signalet bli påvirket av hvor mange protoner det er på naboatomene. Antall protoner på naboatomene kan angis ved formelen for splittinger av signalet; $n+1$, hvor n er antall naboer (Pavia, 2009). Formelen indikerer at hvis det kun er et proton på et av naboatomene, så vil det komme to signaler. Er det to protoner på naboatomene vil det komme tre signaler og så videre.



Figur 2-11: Splitting av a) en triplett og b) en kvartett fra $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ (Grønneberg, 2008:129).

Figur 2-11 viser signalene fra etanol og hvordan metyl og metylen påvirker hverandre. Metylgruppen har to naboprotoner på metylen og får derfor sitt signal splittet i tre. Metylen har tre naboprotoner på metylgruppen og får derfor sitt signal i spekteret splittet i fire. Forklaringen på dette er at metyl (tripletten) har en mulighet for at begge naboprotonene spinner oppover, to muligheter for at de spinner hver sin vei, og sist men ikke minst, en mulighet for at begge spinner nedover. Slik er det også for metylen (kvartetten); med en mulighet for at alle de tre naboprotonene spinner oppover, tre muligheter for at to spinner opp og en ned, tre muligheter for at to spinner ned og en opp, og sist en mulighet for at alle tre spinner ned. Hvordan splittingen av signalet blir for en pentet og en sekstett kan man se i Tabell 2-2. Den relative intensiteten kan enkelt beregnes ved hjelp av Pascals talltrekant slik som i Tabell 2-2.

Tabell 2-2: Pascals talltrekant - forhold mellom antall naboer og relativ intensitet etter (Pavia, 2009:137).

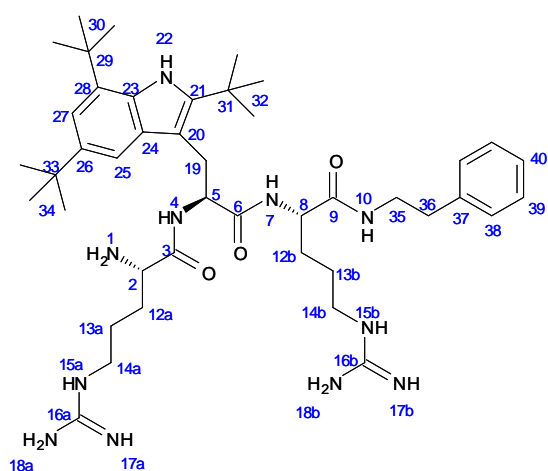
| Antall naboer | Relativ intensitet | Splitting |
|---------------|--------------------|-----------|
| 0 | 1 | Singlet |
| 1 | 1 1 | Dublett |
| 2 | 1 2 1 | Triplett |
| 3 | 1 3 3 1 | Kvartett |
| 4 | 1 4 6 4 1 | Pentet |
| 5 | 1 5 10 10 5 1 | Sekstett |

2.3. Anvendelse av NMR i praksis

For å vise elevene et reelt tilfelle på anvendelsen av NMR i praksis, kan tolkningen av ^1H -NMR-spektrene til LTX 109 brukes som et eksempel. LTX 109 prøves ut mot infeksjoner av multiresistente bakteriestammer og er i skrivende stund ute i klinisk fase II studier⁶. I tilfellet med LTX 109 var strukturen og dets isomerer kjent, men gjennom laboratorieforsøk ble det påvist at noen stereoisomere strukturer hadde ønsket antimikrobiell effekt, og andre hadde mye lavere effekt. For å finne ut hvorfor molekylet hadde forskjellige egenskaper med små endringer i stereokjemien benyttet forskerne blant annet ^1H -NMR. For å forstå hvorfor enkelte stereoisomerer ikke hadde ønsket effekt benyttet forskerne seg av vanlige ^1H -NMR-spektre og rotating-frame NOE spectroscopy (ROESY) og nuclear overhauser effect spectroscopy (NOESY) som er todimensjonale ^1H -NMR-spektre.

⁶ Undersøker terapeutisk effekt hos pasienter for å finne riktig dose og lengde av behandling (Legemiddelverket).

2.3.1. LTX 109



- LLL (I)
- DDD (II)
- DLL (III)
- LDD (IV)
- LDL (V)
- DLD (VI)
- LLD (VII)
- DDL (VIII)

Figur 2-12: Kjemisk struktur av LTX 109 med nummerering av atom for anvisning i NMR spektre. Peptidene er nummerert med hensyn til stereokjemien sin i henhold til høyre panel (Isaksson m. fl., 2011:5787).

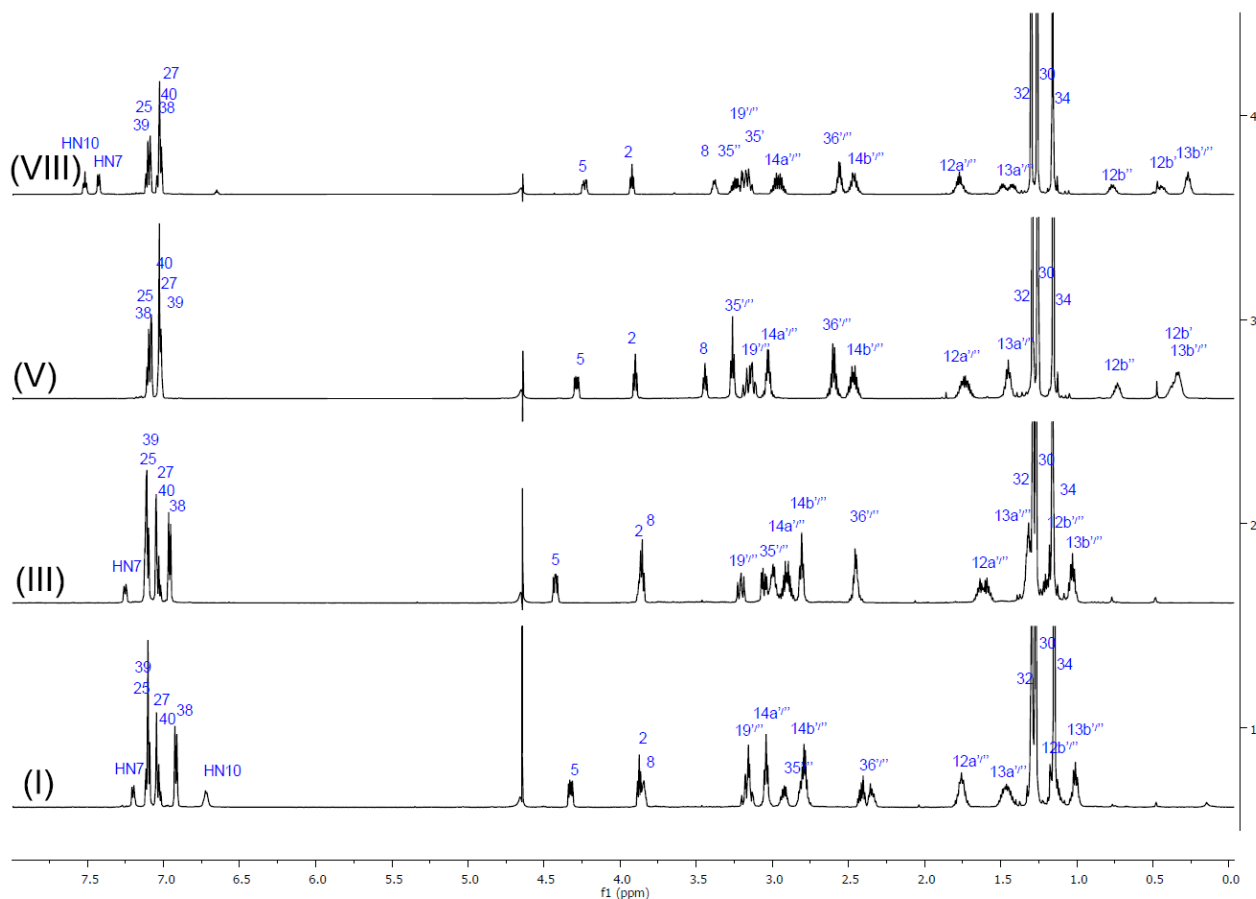
Molekylet som er avbildet i Figur 2-12 kalles LTX 109, og er en syntetisk antimikrobiell peptidomimetic⁷ (SAMP). Som vi ser av Figur 2-12 er det 3 kirale sentre, som gir molekylet 8 mulige stereokjemiske strukturer. Disse 8 stereoisomerene har blitt syntetisert og testet for giftighet, antimikrobiell effekt og hydrofobisitet. Testene avslørte at molekylets effekt var sterkt avhengig av stereokjemien, og at molekylet rettet seg mot membranmekanismen og ikke mot en bestemt reseptor (Isaksson m. fl., 2011).

For å finne årsaken til forskjellene mellom de strukturkjemiske egenskapene ble det benyttet flere teknikker for ¹H-NMR og molekylodynamikk (MD). Ved hjelp av ¹H-NMR og MD kunne de tredimensjonale strukturene til LTX 109 løses. I MD beregner man teoretisk med cirka 150 000 LTX 109 molekyler hvordan de oppfører seg i vannholdige løsninger og i membraner. Strukturene som var oftest representert i MD ble plukket ut som de mest sannsynlige strukturene, og på bakgrunn av disse kunne ¹H-NMR-spektrene løses. Det ble funnet ut at de mest aktive stereoisomerene hadde bedre pre-organisering for innsetting i membranen. De minst gunstige LTX 109 isomerene måtte bruke energi for å endre

⁷ En protein lignende kjede som er laget for å etterligne et protein.

konformasjon for oppnå den strukturen som skulle til for å gå inn i lipid bilayer (Isaksson m. fl., 2011).

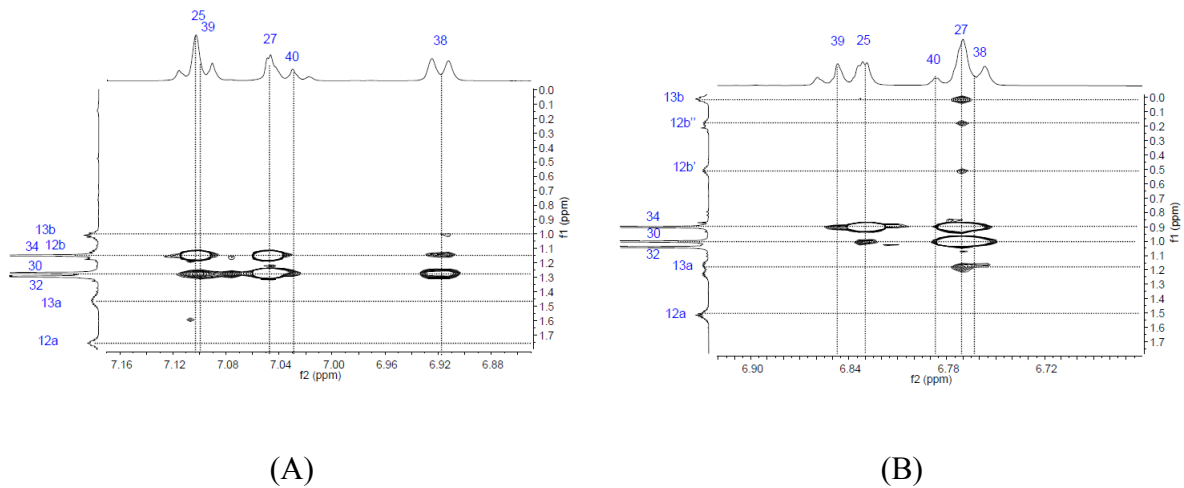
2.3.2. NMR spekter av LTX 109



Figur 2-13: Proton anvisning for de fire ulike isomerene i D₂O (Isaksson m. fl., 2011:5789).

Spektrene som er vist i Figur 2-13 er fire endimensjonale spektrere hvor numrene anviser hvilke protoner som gir signalet ut fra nummereringen i Figur 2-12. Signalene i spektrene er tette og i flere tilfeller overlappende, og som demonstrert i figuren overlapper mange signaler (Isaksson m. fl., 2011). Disse spektrene gir bare informasjon om hvordan protonene påvirker hverandre gjennom bindingene, og ikke informasjon om interaksjoner mellom funksjonelle grupper.

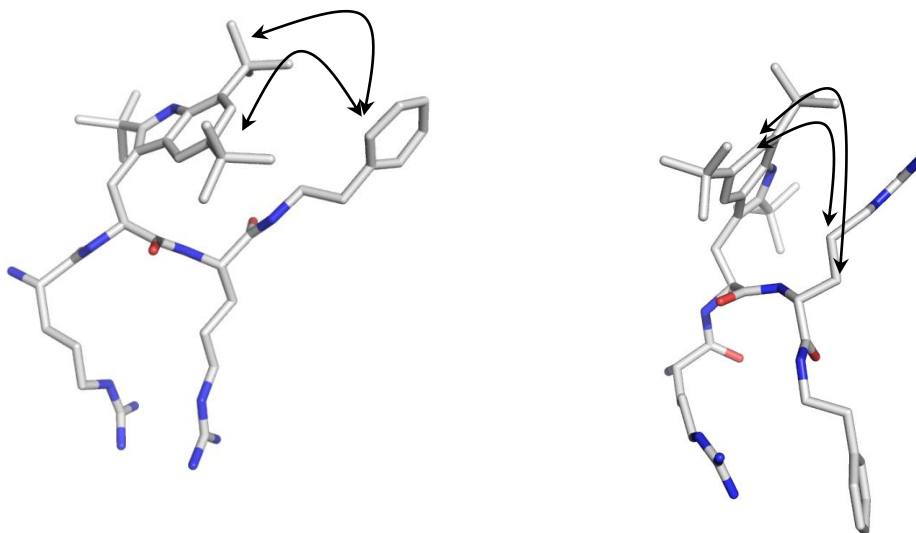
2.3.3. ROESY av LTX 109 - LLL og LLD



Figur 2-14: ROESY spektra av LLL peptid (I) (A) og LLD peptid (VII) (B) i D₂O (Isaksson m. fl., 2011:5789).

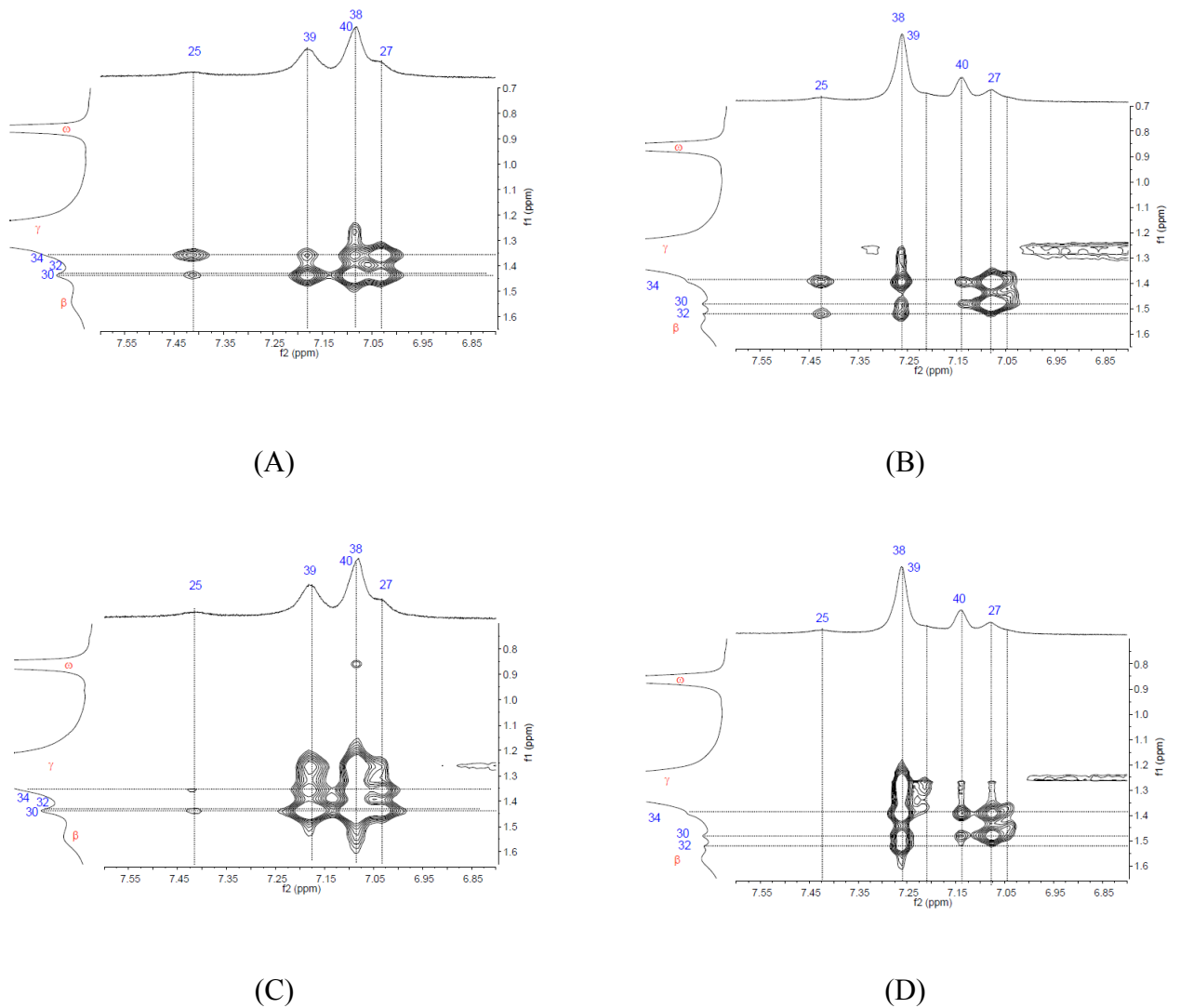
ROESY er en NMR teknikk hvor endringen i intensiteten til NMR signalet fra en protonkjerne endrer seg i forhold til når nabo-atomkjernene er mettet. Dette skyldes ”nuclear overhauser effect” (NOE) som betyr at protonene danner koblinger gjennom ”rom”⁸. Denne koblingen gjennom ”rom”⁸ gjør at protonet får en endring i intensitet som er enten positiv eller negativ, og kan observeres i spekteret. Ved hjelp av dette kan man se kontakt mellom funksjonelle grupper i molekyler (Richards og Hollerton, 2011). ROESY spektrene i Figur 2-14 viser LLL peptidet Fenyl-TBT kontakt, mens LLD peptidet viser C-terminal argining-TBT kontakt (Isaksson m. fl., 2011). Dette er illustrert i Figur 2-15.

⁸ Oversettelse fra det engelske ordet ”space”.



Figur 2-15: Representative øyeblikksbilder fra MD simuleringer av LLL (I) (til venstre) og LLD (VII) (til høyre) illustrerer den amfipatiske og ikke-amfipatiske konformasjonen, henholdsvis etter rekkefølge (Isaksson m. fl., 2011:5790).

2.3.4. NOESY av LTX 109 – LLL og LLD



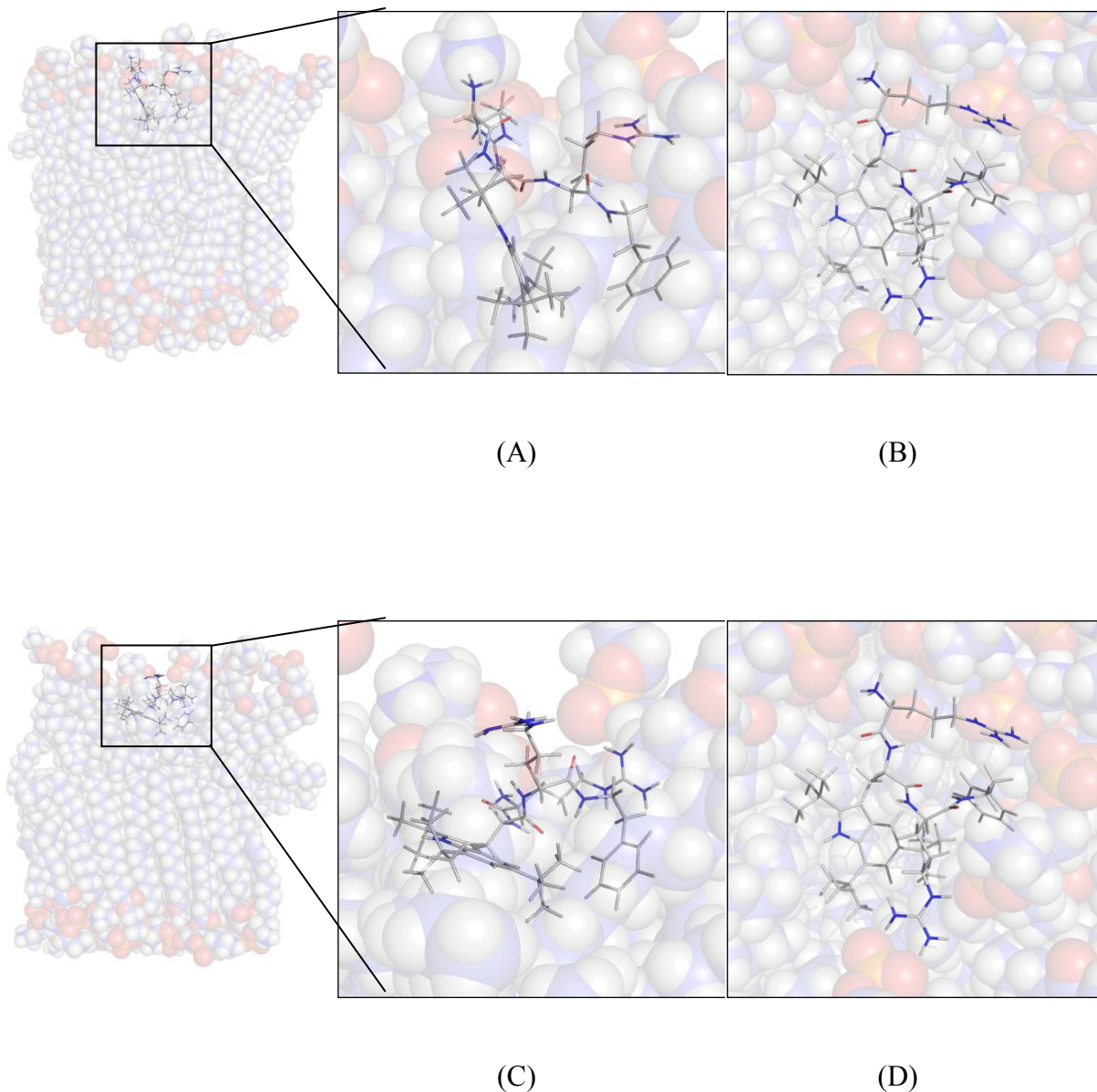
Figur 2-16: NOESY spektra av LLL peptid (I) (A, 100 ms, C, 300 ms blandings tid⁹) og LLD peptid (VII) (B, 100 ms, D, 300 ms blandings tid) i DOPC liposomer¹⁰ (Isaksson m. fl., 2011:5792).

Spektrene fra NOESY viser kontakt mellom fenyl moiety¹¹ (betegnet 38, 39 og 40) og Tbt metylene (betegnet 30, 32 og 34) for begge peptidene når de settes inn i membranen. Til tross for at peptid DLL (IV) mangler denne kontakten i vannholdig løsning, viser LLD (VII) denne kontakten innsatt i membranen (Isaksson m. fl., 2011).

⁹ Tiden som brukes for å blande peptidene med liposomene.

¹⁰ Liposom er en "liten (25-100nm), kuleformet partikkel som består av et dobbelt lag fett med en kjerne av vann" (Kunnskapsforlaget, 2009).

¹¹ En del eller funksjonell gruppe av et molekyl.



Figur 2-17: Momentane strukturer som observert i simuleringer av et lipid bilayer (Isaksson m. fl., 2011:5793).

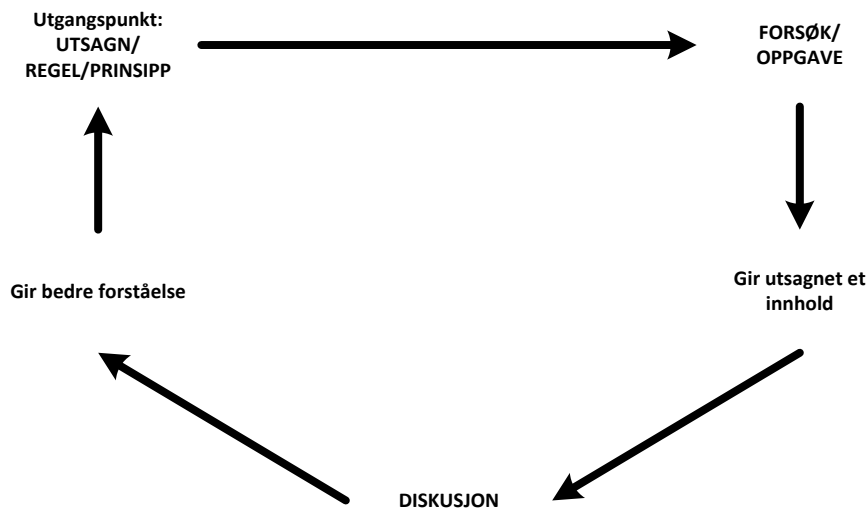
Figur 2-17 viser momentane strukturer fra simulering med MD som peptidene satt inn i lipid bilayer. LLL stereoisomer (peptid I) sett fra siden (A) og fra toppen (B), og med LLD stereoisomer (peptid VII) sett fra siden (C) og fra toppen (D). Lipid bilayer er vist som gjennomsiktige kuler i figuren. Her ser man at LLD stereoisomeren har endret konformasjon for å gå inn i lipid bilayer (som i cellemembran).

3. Metode

3.1. Formativ problembasert undervisningsmetode

Thomassen (2008:2) definerer en undervisningsmetode som ”en metode eller strategi læreren har som basis ved tilrettelegging for læring, altså den form eller struktur lærestoffet presenteres på”. Det påfølgende delkapittelet beskriver undervisningsstrategien som er benyttet i undervisningsopplegget. Denne strategien har jeg kalt formativ problembasert undervisningsmetode (FPM) som er en krysning mellom den deduktive undervisningsmetoden (DDM) og den teknologiske undervisningsmetoden (DTM), med en formativ tilnærming til undervisning.

3.1.1. Den deduktive undervisningsmetoden



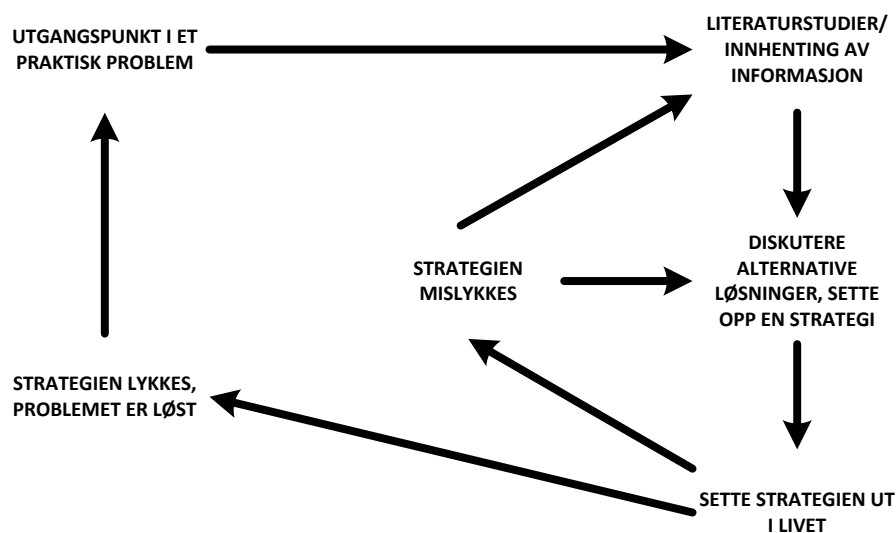
Figur 3-1: Strukturen til den deduktive undervisningsmetode (Thomassen, 2008:3).

I deduktiv undervisning lærer elevene et utsagn som bakgrunn for forsøk eller oppgaver og ved å utføre disse forsøkene eller oppgavene skal utsagnet få et innhold eller en mening. Gjennom diskusjon av utsagnets innhold skal elevene få en bedre forståelse av dette. Fordeler med denne undervisningsmetoden er at den er velegnet til å illustrere innholdet i et utsagn, og dette kan en gjøre enkelt og effektivt ved å benytte eksempler og demonstrasjoner. Det er noen viktige fordeler ved den deduktive undervisningsmetoden om den brukes riktig, og det er oppsummert av Thomassen (2008) på en kort og grei måte:

“Med fornuftig bruk, der diskusjonsfasen eller oppklaringsrunden gis tilstrekkelig plass, kan metoden være god. Den er meget anvendelig når pensum og tidspress er stort. Av den grunn vil metoden ofte dominere på videregående skoler. Metoden vil også være meget velegnet til å illustrere innholdet i et utsagn, spesielt ved eksempler og demonstrasjoner” (Thomassen, 2008:4).

På den andre siden er det mange svakheter med den deduktive undervisningsmetoden. Under deduktive undervisningsopplegg blir gjerne elevene passive tilskuere til lange foredrag under lærerens gjennomgang av regler og prinsipper. En annen svakhet er at reglene eller utsagnene ofte er formulert av en annen person slik at elevene risikerer å få et dårlig forhold til dem. Formuleringene kan være slik at elevene ikke behersker begreper eller betegnelser knyttet til utsagnene, eller at elevene gir begrepene en ukorrekt betydning.

3.1.2. Den teknologiske undervisningsmetoden



Figur 3-2: Strukturen i den teknologiske undervisningsmetoden (Thomassen, 2008:16).

Strategien i den teknologiske undervisningsmetoden (DTM) er at elevene har et problem som de skal løse på egenhånd. Denne metoden er mest utbredt på yrkesfaglige utdanninger hvor læreren lager en oppgave som elevene må løse med de ressursene de har tilgjengelig.

Oppgaven løses ved at elevene selv søker informasjonen som de behøver og lager seg en strategi som de så prøver ut. Om elevene mislykkes må de samle inn mer informasjon og lage en alternativ løsningsstrategi som de videre må forsøke. Lærerens oppgave er å lage et

problem som skal løses og beskrive dette, samt å veilede elevene i informasjonsinnhenting (Thomassen, 2008).

Fordelen med den teknologiske undervisningsmetoden er at elevene er aktive gjennom hele undervisnings- og læringsprosessen. Elevene ”skal anvende teori på praktisk og målrettede oppgaver og vil få opplevelsen av at teorien kan brukes til noe” (Thomassen, 2008:19). Gjennom å gjøre alt selv, lærer elevene å planlegge, legge strategier og arbeide systematisk. Elevene lærer også å jobbe selvstendig og får anvende sin kunnskap på en praktisk måte (Thomassen, 2008).

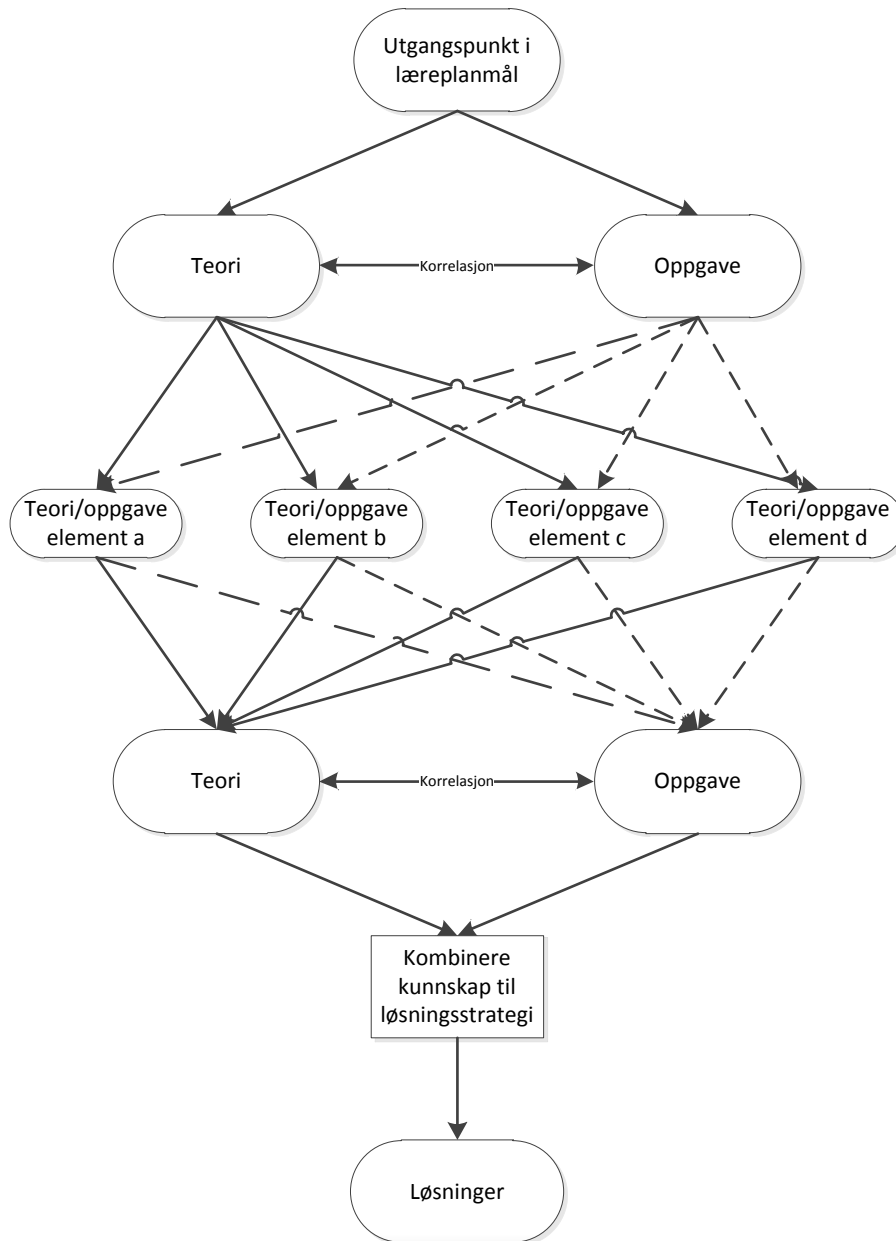
Den teknologiske undervisningsmetoden har også noen utfordringer; den krever store forberedelser og mye planlegging, i tillegg er den tidkrevende (og brukes derfor mest på yrkesrettet utdanning). For at metoden skal fungere må elevene også ha tilstrekkelig forkunnskap og evnen til å legge en strategi. Ved denne metoden vil elevene løse oppgavene til forskjellig tid, slik at læreren kan få en utfordring med å differensiere undervisningen (Thomassen, 2008).

Denne metoden minner litt om den induktive undervisningsmetoden (DIM) siden elevene jobber selvstendig og må løse oppgaver på egenhånd. Forskjellen er her at i DTM må elevene ha tilstrekkelig forkunnskaper eller søke den kunnskapen de trenger. I DTM er det også en teori elevene skal benytte og få bekreftet, mens i DIM skal elevene gjennom erfaring trekke en generell teori som slutning (Thomassen, 2008).

3.1.3. Formativ kombinerer

Ved å ta utgangspunkt i DDM og med inspirasjon fra DTM så har jeg utviklet den formative problembaserte undervisningsmetoden (FPM). Utgangspunktet er en type ferdighet, eller en type komplekse oppgaver som elevene skal lære seg. For å løse disse oppgavene må elevene ha en viss forkunnskap som de tilegner seg gjennom en teori introduksjon. FPM legger altså opp til at undervisningen skal være en blanding mellom teori og praksis. Den største forskjellen på DDT og FPM, er at FPM er mer elevsentrert med praktiske oppgaver umiddelbart etter den korte teori introduksjonen. Hensikten med denne metoden er å få elevene til å delta aktivt i undervisningen ved å la de anvende teorien på en praktisk måte. På denne måten benyttes effektiviteten til DDM for å undervise teorien, og problemtilnærmingen fra DTM gjør at elevene beholder interessen og er aktive i undervisningen. Forskjellen fra DTM og FPM er at elevene får undervist kunnskapen som de trenger for å kunne løse

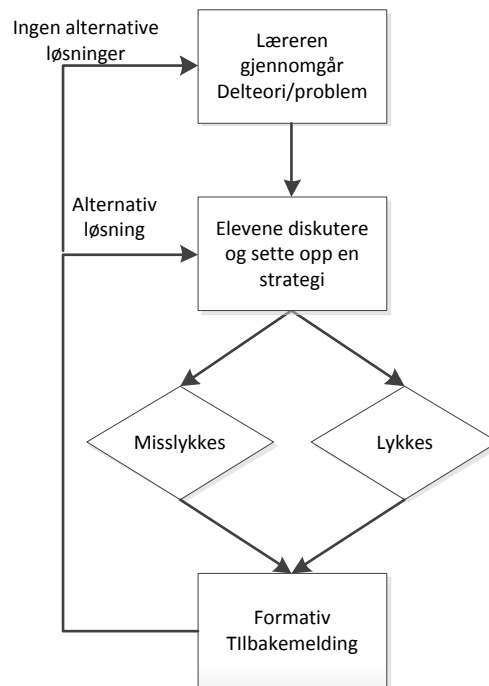
problemet, men hvordan de løser problemet må de i likhet med DTM løse selv. I tillegg deles komplekse problemer opp i mindre delproblemer ved undervisning av FPM, og elevene får mer tilbakemelding gjennom undervisningsopplegget, noe som kan skape større motivasjon og læringsutbytte hos elevene.



Figur 3-3: Undervisnings struktur i FPM.

Planlegging av undervisningen med FPM skjer etter modellen i Figur 3-3. Teorien som elevene skal lære ut fra læreplanmålet blir delt opp i deler. En oppgave som dekker læreplanmålet blir også delt opp tilsvarende deloppgaver. Slik som vist i Figur 3-3 er alle teoridelene og deloppgavene satt sammen til elementer, og deloppgavene er praktiske

utfordringer som elevene skal løse i små grupper. Disse elementene er likestilte ved at de kan undervises isolert hver for seg. Selv om man kan se på de korrelerende teoridelen og deloppgavene som selvstendige elementer, så kan det være noen deler av teorien som det vil være nødvendig eller konstruktivt å ha undervisning i først eller sist for at elevene skal kunne sette neste element inn i en sammenheng. En av årsakene til at teorien og oppgavene blir delt opp på denne måten, er at mengden teori og vanskelighetsgraden på oppgavene vil komme i på en optimal måte. Teori- og oppgavedelene vil da akkumuleres til elevene har full oversikt over hele teorien, og kan løse sammensatte oppgaver som korrelerer til læreplanmålene.



Figur 3-4: Modell av undervisningen i FPM.

Undervisningen av delteoriene og deloppgavene skjer etter modellen demonstrert i Figur 3-4. Læreren går først gjennom teorien, hvor elevene rett etterpå får tildelt en utfordrende oppgave hvor de må benytte teorien som læreren har gått gjennom. Elevene skal på egenhånd komme frem til et resonnement og et svar. Læreren jobber her å stille forløsende, men ikke ledende spørsmål. Når svar skal avgis kan det være hensiktsmessig å plukke ut ukorrekte resonnement og svar slik at elevene kan lære av dem. Ved å bruke andre elever til å gi tilbakemeldinger og forbedre resonnementene kan læreren nivå-differensiere dette undervisningsopplegget. Dette kan endre lærerens rolle etter teori-introduksjonen til ordstyrer for å kontrollere diskusjonene som kan oppstå.

I FPM-modellen er det til forskjell fra deduktiv undervisning et stort fokus på hvordan elevene har resonnet seg frem til løsningen, og formativ tilbakemelding på resonnetet underveis i selve undervisningen. Dette gjør at selv om elevene ikke har noe eierforhold til teorien, så kan de få en mestringfølelse og forståelse av å benytte den til å løse oppgaver. Utfordringen med lite forkunnskap og differensieringsproblemet som man har ved DTM kan løses gjennom formativ undervisning, hvor elevene utfordres til å forklare sitt eller forbedre andres løsningsforslag. Slik kan faglig sterke elever forklare mindre faglig sterke elever fremgangsmåten for å løse oppgaver med elevenes eget språk. Det å forklare fremgangsmåte og teori er ikke så enkelt, og vil være en adekvat utfordring for faglig flinke elever. I tillegg kan man ved å la elever som har løst en oppgave, hjelpe faglig utfordrede elever til å legge en løsningsstrategi. Benytter man svarene til elever som har brukt feil strategi til å løse problemet kan man ta tak i misoppfatninger, og læreren kan avdekke eventuelle svakheter ved sin introduksjon av teoridelene.

Under pararbeidet og diskusjonene mellom parene kan læreren overvære samtalene og plukke opp eventuelle misoppfatninger. Man kan bearbeide disse misoppfatningene ved å la elevene forklare og diskutere dem. To gode måter å gjøre dette på er å la elever med ukorrekt svar få presentere det, slik at andre elever kan ta utgangspunkt i korrekte elementer i svaret og resonner videre til riktig svar. Det andre alternativet er å la elever med riktig svar presentere dette, slik at elevene får erfare at det finnes flere mulige måter å komme frem til løsningen.

Gjennom undervisningsopplegget skal læreren ha fokus på elevenes læringsprosess. Dette betyr at læreren aktivt bør gi formative tilbakemeldinger og stille gode åpne spørsmål. I tillegg må læreren legge opp til undervisningsaktiviteter som aktiviserer alle elevene og ikke bare noen få. Ved å skape dialog mellom elever i par og mellom disse parene, kan alle elevene få tilbakemelding eller innspill på sine tanker og ideer om løsning på problemene. Gjennom pararbeid kan også elevene gi hverandre god tilbakemelding, slik at det ikke vil være nødvendig for læreren å komme med en direkte formativ tilbakemelding til hver enkelt elev. Ved diskusjon innad parene og mellom parene kan man også få differensiert undervisningen gjennom at de som har fått til oppgavene og forstått de, får utfordringen med å hjelpe de som ikke har forstått oppgavene.

Intensjonen med pararbeid i FPM er at alle elevene skal få direkte tilbakemelding på sine resonnet og oppgavene de løser gjennom pararbeid og diskusjoner. Gjerner er det flere

som har svart likt eller tenkt likt, og ved å ta tak i de ukorrekte besvarelsene på en god måte, kan elevene lære av hverandres feil og få en god opplevelse av å svare galt. Dette vil være en formativ bruk av ukorrekte svar, og ved å bruke de på en riktig måte vil ikke elevene vegre seg for å svare.

3.1.4. Fremgangsmåte for oppgaveløsning

Deloppgavene er konkrete utfordringer og et eksempel fra NMR kan være antall signaler til molekylene, slik som i Figur 2-7. Den enkleste fremgangsmåten for å få med alle elevene er å ignorere alle svar fram til nesten alle gruppene begynner å nærme seg svaret og så gi dem respons på sine resonnement. Resultatet av å gå frem på denne måten burde være at elevene får lengre responstid og at aktiviteten øker. Når alle i klassen har et svar, må en gruppe svare. Ved å vilkårlig velge grupper som har rett og ukorrekt resonnement, og så spørre klassen om de andre elevene er enige, så åpner man for at elevene må tenke igjennom sitt svar for å komme med tilbakemelding på de respektive svarene.

Avhengig av klassestørrelse og antall grupper så kan tilbakemeldingene på besvarelsene utvikle seg til en klassediskusjon om resonnementet som leder frem til svaret. I slike tilfeller kan det være konterproduktivt å gripe inn for å stoppe diskusjonen. Elevene forstår hverandre bedre og kan forklare hverandre ting enklere. Erfaringer viser at elevene avbryter forklaringen fra medelever hvis det er noe som er uklart og ber om repetisjon, noe som sjelden er tilfelle når læreren avgir forklaringer (Black m. fl., 2003). I tillegg vil man hindre elevene i å utnytte sin proksimale utviklingssone om man griper inn. Black m. fl. (2003) sier at elevene lærer bedre av hverandre enn av læreren, men det er viktig å huske på at nettopp på grunn av dette bør man gripe inn hvis vranglære finner sted uten at elevene korrigerer hverandre.

Ved å velge et ukorrekt eller et ufullstendig resonnement som noen elever har kommet frem til, kan læreren avdekke eventuelle svakheter ved sin gjennomgang av teorien som også kan forbedres: Med andre ord legger denne undervisningen opp til at formativ tilbakemelding kan rettes mot både lærer og elev. Ved bruk av svar som ikke er korrekte er det viktig å fokusere på det som er rett i svaret og la elevene eller andre elever ta utgangspunkt i disse elementene for å lage et nytt svar. Elevene tenker ofte likt og om en elev ikke har forstått noe, så er det en stor sannsynlighet for at flere ikke har forstått det samme.

I undervisningsopplegget i denne oppgaven gis det bare muntlige tilbakemeldinger som følger de samme prinsippene som de skriftlige formative tilbakemeldingene. Tilbakemeldingen vil

være formativ bare hvis elevene lærer noe av den, og derfor forutsettes det en god bruk av ukorrekte svar for at elevene i frykt for negative eller nedbrytende tilbakemeldinger skal nøle med å være aktive i undervisningen.

Med dette undervisningsopplegget har ikke læreren kapasitet til å gi alle elevene gode tilbakemeldinger til enhver tid. Samarbeid i par vil derfor være et supplerende tilbakemeldingsverktøy som kan føre til at elevene får respons på hva de har sagt i par og grupper. Et godt utgangspunkt for læreren til å styre konstruktiv tilbakemelding og veiledning på et ukorrekt svar, er å la andre par eller grupper gi tilbakemeldinger. For differensiering av undervisningen vil en slik tilnærming være en god metode, alternativt kan læreren stille åpne spørsmål til de parene som har ukorrekte svar slik at de tenker seg om.

For emner hvor det ikke er fastsatt en bestemt fremgangsmåte for å løse oppgaver, kan FPM være et godt alternativ til undervisningsmetode. Fokuset i FPM er å forstå teorien og bruke en kreativ måte å sette sammen kunnskapen til en løsning gjennom resonnering. Ved løsning av $^1\text{H-NMR}$ -spektre så er det ikke kritisk hvilken rekkefølge man tolker informasjonen fra spekteret, eller hvordan man kombinerer informasjonen, men det avgjørende for å løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre er at man kan se sammenhengen mellom informasjonsbitene for så å sette denne informasjonen sammen til en løsning.

Kort oppsummert kan FPM beskrives som metodetriangulering hvor man kombinerer formative undervisningsstrategier med den deduktive og teknologiske undervisningsmetoden.

3.2. Samfunnsvitenskapelig metode

3.2.1. Kvalitativ og kvantitativ metode

De aller fleste metodene som benyttes i forskning kan plasseres på en tenkt skala hvor ytterpunktene er henholdsvis kvalitativ og kvantitativ metode. Med kvalitativ og kvantitativ metode som ytterpunkter referer man til egenskapene til dataene som samles inn og benyttes i disse metodene. Data som kan telles eller kvantifiseres er kvantitative, og data som ikke kan telles er kvalitative. Få metoder er rent kvalitative eller kvantitative, men for å sammenligne egenskapene til metodene kan det være hensiktsmessig å klassifisere dem som en av delene. De fleste metoder som benyttes i samfunnsvitenskapelig forskning er mer eller mindre litt av begge deler (Grønmo, 1996).

At kvantitative og kvalitative metoder er rivaliserende er en vanlig misforståelse; i virkeligheten har egenskapene til metodene et komplimenterende forhold til hverandre. Når kvalitativ og kvantitativ metode skal sammenlignes er det nyttig å sette de opp mot hverandre slik at man kan se likheter og ulikheter i datainnsamling og utnytte dette i forbindelse med forskning. Ved riktig bruk kan disse datasettene utfylle hverandre (Grønmo, 1996), og i pedagogikk er det i dag vanlig å benytte både kvalitativ og kvantitativ metode.

Kvantitative data er data som kan kvantifiseres og uttrykkes i tall eller mengdetermer. Datainnsamling av kvantitative data skjer i hovedsak gjennom spørreskjema eller intervju med fastsatte spørsmål og svaralternativer (Grønmo, 1996). Gjennom å tallfeste datamaterialet kan det analyseres med ulike statistiske teknikker, noe som kan gi en presis analyse. Problemstillingene i kvantitative studier legger opp til en datainnsamling slik at forskeren kan gjøre en statistisk generalisering i etterkant. Ved kvantitative metoder trenger ikke forskeren å være involvert i datainnsamlingen, men trenger bare å utvikle datainnsamlingsverktøyene¹² og analysere dataene som samles inn (Grønmo, 1996). Et kvantitativt studie har en strukturert oppbygning med et mål om en presis tolkning av dataene. God strukturering av datainnsamlingen og selektiv utvelgelse av informasjon som samles inn gjør at forskeren ikke behøver å ha noen personlig interaksjon med kilden, og kan utføre analysen etter at all data er samlet inn (Grønmo, 1996).

Kvalitativ datainnsamling skjer ofte gjennom intervju eller observasjon. En kvalitativ datainnsamling har generelt ikke noen sterk føring på strukturering slik som ved bruk av en kvantitativ metode. Problemstillingen i kvalitative studier legger opp til en analytisk beskrivelse og en fleksibel undersøkelse slik at man kan grave¹³ frem data (Grønmo, 1996). I tillegg til å oppnå nærhet og sensitivitet til kilden, får forskeren fleksibilitet til å følge opp kilden der forskeren mener dette er relevant. Ofte er det bare tema for intervju som er fastsatt i en intervjuguide og på denne måten kan personen som samler inn data følge opp interessante og relevante opplysninger som kommer frem i intervjuet. En velkjent analogi fra Kvale og Brinkmann (2009) illustrerer hvordan forskeren søker ned i kilden etter informasjon slik som en gruvearbeider følger den verdifulle metallåren inn i fjellet. Mens kvantitative metoder kan

¹² Spørreskjema, analyseguide og lignende.

¹³ Henspiller på gruvearbeideren som følger metall åren for å finne edelt metall, slik må intervjueren følge opp emner i intervjuet (Kvale og Brinkmann, 2009).

finne utbredelser av for eksempel holdninger, går kvalitative intervjuer i dybden for å finne årsaken til denne holdningen (Fossåskaret, 1997). Eksempelet Fossåskaret (1997) benytter er å beskrive smaken til et eple i forhold til smaken på en pære. Dette vil variere fordi det er en subjektiv opplevelse for enkeltindividet og dermed også en individuell og subjektiv beskrivelse.

Dataene fra kvalitative metoder kan i motsetning til dataene fra kvantitative metoder ikke kvantifiseres og telles, men blir vurdert ut fra relevans i forholdt til problemstillingen.

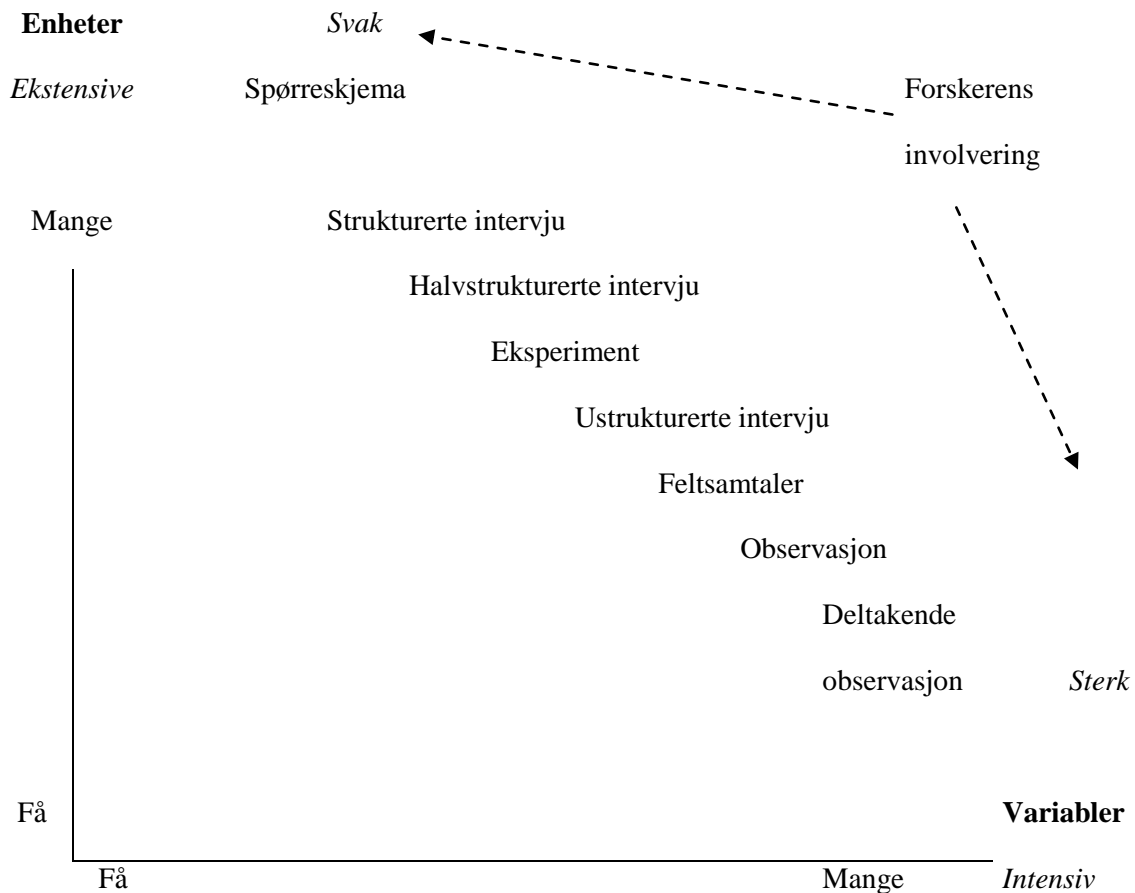
Kvalitativ innholdsanalyse innebærer systematisering av sitater for å belyse en problemstilling, og dette innebærer at analysen må starte parallelt med datainnsamlingen. Ved analyse av et intervju vil en transkripsjon muligens ikke være en tilstrekkelig gjengivelse av intervjusituasjonen og intervjuobjektets kroppsspråk. Derfor er det viktig at forskeren har nærhet til datakildene og datainnsamlingen for å veie opp for at eventuelle sinnsstemninger og lignende blir borte under transkripsjonen. Kvalitative metoder danner også store mengder data som er krevende å analysere. I motsetning til kvantitativ metode er det i kvalitativ metode få datakilder i forhold til mengden informasjon som trekkes ut (Grønmo, 1996). Forholdet mellom kvalitativ og kvantitativ data er fremstilt i Tabell 3-1 nedenfor.

Tabell 3-1: Typisk opplegg for bruk av kvalitative og kvantitative data basert på respondenter og dokumenter (Grønmo, 1996:99).

| Aspekt ved undersøkelsen | Kvalitativ data | Kvantitativ data |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Problemstilling | Analytisk beskrivelse | Statistisk generalisering |
| Design | Fleksibilitet | Strukturering |
| Kilde | Nærhet og sensitivitet | Avstand og selektivitet |
| Tolkningsmuligheter | Relevans | Presisjon |

Metodene sett i forhold til hverandre

Fossåskaret (1997) har plassert de mest brukte metodene i forhold til hverandre i Figur 3-5. Metodene for datainnsamling er sortert etter egenskapene til datasettene.



Figur 3-5: Metodenes plassering fra kvantitativ til kvalitativ (Fossåskaret, 1997:17).

Variabler på den horisontale aksene henspiller til hvor mange mulige måter spørsmålene i undersøkelsen kan variere. Enheter på den vertikale aksene viser til hvor mange kilder det er til undersøkelsen. Eksempler på enheter kan være land, mennesker, tekster og lignende. På den horisontale aksene er det variabler som er enheten. Med variabler menes det hvor mange egenskaper ved enheten man ønsker å studere (Fossåskaret, 1997).

Ytterpunktene i Figur 3-5 er spørreskjema, hvor man har mange enheter (deltakere) og få variabler (faste spørsmål), og deltakende observasjon hvor det er få enheter (deltakere) og mange variabler (ulike spørsmål). En deltakende observasjon kan være observasjon av en elev i en klasse. Her er enheten begrenset til denne eleven, men man begrenser seg ikke for hva man observerer (Fossåskaret, 1997).

”Ingen av de to metodene er prinsipielt bedre enn den andre, og ingen av dem er prinsipielt mer vitenskapelig enn den andre” (Grønmo, 1996:95). Hvilken metode man velger avhenger i hovedsak ut fra hvilke problemstillinger som skal belyses, og ikke i forhold til hvilket ståsted man har til kvalitativ eller kvantitativ metode. Med andre ord passer enkelte metoder bedre for visse oppgaver enn andre (Grønmo, 1996).

3.2.2. Metodetriangulering

Ved å benytte metodetriangulering kan man utnytte de kvalitative og de kvantitative metodenes komplimenterende egenskaper. I Figur 3-5 ser man at kvalitative undersøkelser har få enheter, men stor bredde i resulterende datagrunnlag. Motsatt er det med kvantitative undersøkelser som har mange enheter og liten variasjon i datagrunnlaget. Ved å kombinere metodene kan den ene metoden utfylle den andres svakheter og motsatt. Med metodetriangulering utnytter man styrkene og forskjellene i metodetradisjonene, og vil få et mer fullstendig datasett. Når to metodetradisjoner kombineres slik at det blir to innfallsvinkler, så skaper dette en todimensjonal kunnskapsdimensjon av studiefeltet (Fossåskaret, 1997). En annen egenskap med metodetriangulering er at det også er en måte å forsikre seg om at dataene er fullgode (Ryen, 2002). Man kan sammenligne metodetriangulering med satellittnavigering med GPS hvor man også har triangulering: Ved hjelp av flere satellitter kan GPS enheten med større sikkerhet bestemme den eksakte posisjonen til et objekt. Slik er det også innefor metodetriangulering hvor man med flere metoder og forskjellige spørsmål som belyser det samme emnet, får en større sikkerhet for at dataene som samles inn er presise (Ryen, 2002).

Fordeler og ulemper ved metodetriangulering

Fordelen med metodetriangulering er at man ved å ha flere holdepunkter får større tillit til dataene, og en bekreftelse på at de er fullstendige. Om man stiller ulike, men komplementære spørsmål om det samme emnet kan man få større innsikt og forståelse, som igjen kan gi mulighet for at man ved å fortolke ett datasett kan forstå et annet. Stemmer ikke datasettene overens, kan det skyldes dårlig utforming av datainnsamlingen, eller at man eventuelt har funnet et nytt element i det emnet man studerer. Om sistnevnte er tilfellet må man utvikle nye teorier eller endre eksisterende (Ryen, 2002).

Ulempene med metodetriangulering er at man får mye mer arbeid hvis man må planlegge studiet med bruk av flere metoder. Planlegging og innsamling med to eller flere metoder er

også mer tidkrevende og analysen av datasettene blir mer utfordrende. Ryen (2002) nevner også at å gjenta eller lage komparative studier kan være vanskelig når metodetriangulering har vært benyttet, men et komparativt studie basert på denne oppgaven vil være mulig ved å bruke eller forbedre spørreskjemaene og intervjuguiden som er utviklet i forbindelse med oppgaven.

Parallell utnyttelse av kvalitative og kvantitative tilnærminger under både datainnsamling og analyse

Strategien som er valgt for metodetriangulering går ut på at man samler inn data fra samme kilde, både med kvalitativ og kvantitativ metode samtidig, og at den etterfølgende analysen av data også skjer parallelt. Styrken ved denne strategien er at dataene samles inn under identiske betingelser i motsetning til om metoden skulle vært benyttet til forskjellig tid. Tanken bak denne strategien er at kvalitativ og kvantitativ metode skal veie opp for eventuelle svakheter den andre metoden måtte ha, og at kombinasjonen vil gi et mer helhetlig datagrunnlag. Intensjonen med bruk av denne strategien er at kvalitativ metode kan rette opp feil ved analyseresultatene og måleinstrumentene (spørreskjema og intervjuguide). Samler man inn data fra samme kilde til forskjellig tid, kan det føre til villedende resultater fordi omstendighetene rundt det man ønsker å belyse kan ha forandret seg i mellomtiden (Grønmo, 1996).

3.2.3. Metodisk tilnærming til oppgaven

Opgaven er i hovedsak basert på både kvantitative og kvalitative undersøkelser, hvor intervjuer og observasjoner benyttes for å verifisere dataene som ble samlet inn med spørreskjemaene. Under analysen ble det kvalitative og kvantitative datamaterialet analysert parallelt.

Med to timer tilgjengelig til datainnsamling og undervisning, ble intervjuet gjennomført med elevene kort tid etter undervisningen. Denne strategien er valgt fordi datagrunnlaget blir mer helhetlig med metodetriangulering. Metodene som har vært benyttet i metodetrianguleringen er kvantitativt spørreskjema, deltakende observasjon og halvstrukturert intervju. Begrunnelsen for elevenes avkrysning kommer ikke frem gjennom spørreskjemaet, men ble belyst gjennom intervjuene.

Spørreskjema

For å samle inn data om elevenes kunnskap om $^1\text{H-NMR}$ før og etter undervisning ble det benyttet spørreskjema (vedlagt i appendiks A og B). Fokuset for det første spørreskjemaet (A)

som ble brukt for klassene 1 til 5 var å utvikle undervisningsopplegget, mens spørreskjemaet (B) for klassene 6 til 8 var å vurdere undervisningsopplegget. På spørreskjemaet skulle elevene krysse av på en skala fra 1 til 5, og plassere sitt kryss i forhold til sin subjektive vurdering av seg selv. For å unngå at elevene tenkte for mye på sin egen karakter i kjemi, ble det benyttet en skala fra 1 til 5 og ikke 1 til 6. Ved bruk av en skala kan man få mer nyanserte svar og resultater enn ved ja og nei spørsmål. I forhold til tiden som var tilgjengelig for denne oppgaven, så var det mest hensiktsmessig å benytte spørreskjema til datainnsamling. Spørreskjemaer kan gi informasjon som ikke lar seg observere og det ville vært for ressurskrevende å få tilgang til denne informasjonen gjennom intervju med samtlige elever som deltok i undervisningsopplegget.

En svakhet ved spørreskjemaene som har vært benyttet kan være at elevene har forskjellige forkunnskaper og erfaringer med egenvurdering, noe som kan føre til at elevenes egenvurdering muligens ikke er lik fra person til person. Selv om det kan være noen avvik, så vil datamaterialet være stort nok til å vise de generelle tendensene internt i en klasse og mellom klassene som deltok i studiet.

Observasjon

Strategien for observasjon som er valgt, er at den skulle være ustrukturert. Dette vil si at under gjennomføringen av undervisningsopplegget og intervjuene var det ikke noen observasjonskriterier som definerte hva som skulle observeres. Jeg har valgt denne strategien fordi ved å definere hva man skal observere kan man låse seg til disse observasjonspunktene og gå glipp av andre viktige ting som burde vært observert. Ved å benytte en slik ren kvalitativ observasjon kunne jeg observere data av viktig betydning som ikke ble fanget opp av det kvantitative spørreskjemaet. Observasjonene som ble gjort i undervisningsopplegget ble systematisk notert ned og fulgt opp i intervjuene.

Intervju

Planleggingen og gjennomføringen av intervjuene i denne oppgaven er gjennomført etter de syv stadiene definert av Kvale og Brinkmann (2009). Disse er tematisering, planlegging, intervju, transkribering, analyse, verifisering og rapportering. Tematiseringen av intervjuene var styrt av formålet med problemstillingen, og for intervjuene som har vært gjennomført har målet vært å belyse hvordan elevene har opplevd FPM som undervisningsmetode og hvilket utbytte de har hatt av denne undervisningsformen. Da tematiseringen for intervjuene var

klarlagt startet planleggingsfasen, hvor alle syv stadiene måtte tas hensyn til, og inn under dette stadiet kom også innmelding og godkjenning av intervjuene fra Personvernombudet for forskning¹⁴.

Til gjennomføringen av intervjuene ble det brukt halvstrukturerte intervju, som er en mellomting mellom rene kvantitative og kvalitative intervju (Kvale og Brinkmann, 2009). Bruk av halvstrukturerte intervju er i denne oppgaven ment for å verifisere data og eliminere feilkilder ved spørreskjemaet. De halvstrukturerte intervjuene vil i tillegg være et bindeledd mellom de kvalitative dataene som er samlet inn gjennom observasjon, og de kvantitative dataene fra spørreskjemaet.

Gjennom de halvstrukturerte intervjuene ønsket jeg å få et innblikk i hva som lå til grunn for hvordan elevene krysset av i spørreskjemaet. På denne måten fikk jeg også et innblikk i hvordan elevene har opplevd undervisningsopplegget. På samme tid som det var forberedt spørsmål i intervjuguiden (appendiks C), var det også mulighet for å følge opp interessante utsagn og observasjoner gjort i klasserommet. Den begrensede tiden som var tilgjengelig for intervjuer gjorde det mest hensiktsmessig å benytte gruppeintervjuer, slik at flest mulig elever kunne intervjues effektivt på tiden tilgjengelig. Samtlige intervju ble gjennomført rett etter undervisningen. En av fordelene med gruppeintervjuer er at det kan være lettere å få elevene i tale når de får innspill fra hverandre. Dette kan også være en utfordring hvis det er en eller flere usikre elever som ikke tør komme med utsagn som går mot de andre intervjuobjektens syn. Dette er noe som delvis kan avdekkes ved å lese intervjuobjektens kroppsspråk, og følge personene det gjelder opp med direkte spørsmål.

Med tillatelse fra elevene ble det gjort lydopptak fra alle intervjuene som i ettertid ble transkribert. Det har vært utfordrende å transkribere intervjuene og Kvale (1997:107) sier at ”hvis de skal gi et generelt inntrykk av intervjupersonens synspunkter, kan det være greit å omformulere og fortette uttalelsene”. På bakgrunn av dette har intervjuene under transkripsjonene blitt oversatt fra nordnorsk dialekt til bokmål, slik at sitater skal flyte bedre og være lettere å lese.

¹⁴ <http://www.nsd.uib.no/personvern>

Analyse

Dataene som ble samlet inn er analysert på bakgrunn av problemstillingen. Analysen av de kvalitative og kvantitative dataene foregikk samtidig og i lys av hverandre. Ved å triangulere dataene i analysen på denne måten kan resultatet få en annen innholdsdimensjon enn hvis dataene fra de forskjellige metodene var analysert separat. De kvantitative dataene ble statistisk behandlet og fremstilt grafisk, og tolket i lys av datamaterialet fra intervju og observasjoner.

Dataene fra intervjuene ble systematisert rundt funnene fra spørreskjemaene, og deretter ble det kvantitative og kvalitative datamaterialet analysert i lys av hverandre. Gjennom rapporteringen av analysen i resultatkapitlet blir sammenfallende svar generalisert, og uttalelser som ikke var sammenfallende blir kommentert.

Verifisering

Gjennom arbeidet med denne oppgaven er datamateriale fra åtte klasser lagt til grunn, og antallet klasser er for lite til å trekke en generell konklusjon gjeldende for alle Kjemi 2 klasser. Selv om relativt få klasser har deltatt i studiet har 90 elever svart på spørreskjemaet og ni elever har latt seg intervjuet. Antallet elever er dermed et representativt utvalg av elever fra omkringliggende skoler rundt UIT, og sammenfallende resultater gir relativt god validitet for dataene benyttet i denne oppgaven. På bakgrunn av dette kan det konkluderes med at resultatet er representativt for resten av skolene i regionen.

3.3. Gjennomføring av undervisningsopplegget og datainnsamling

Til undervisningen ble det benyttet forskjellige undervisningsrom på grunn av ombygging ved UIT, og fordi jeg har vært ute ved forskjellige skoler og gjennomført undervisningsopplegget. Klassestørrelsene har også variert fra klasse til klasse. Ved de tre siste klassene ble det forsøkt å tilpasse undervisningsopplegget til en dobbel skoletime (2 x 45 minutter). Undervisningen for klasse 7 og 8 foregikk på samme skole med for kort tid mellom undervisningene til at undervisningsopplegget kunne forbedres.

Klassene som har deltatt i undersøkelsen er anonymiserte og nummererte etter hvilken rekkefølge klassene har mottatt undervisningen. For klassene 1 til og med 5 har jeg benyttet spørreskjemaet i Appendiks A. For klassene 6, 7 og 8 har jeg endret spørreskjemaet (vedlagt i Appendiks B) og utviklet en intervjuguide som ligger vedlagt i Appendiks C. I forbindelse

med datainnsamlingen har 90 elever svart på spørreskjemaene mine, og ni elever har latt seg intervjuet fordelt på tre gruppeintervjuer og et individuelt intervju. Gjennomføringen av undervisningen med rammefaktorer er oppsummert i Tabell 3-2 nedenfor.

Tabell 3-2: Oversikt over hva som er gjort i undervisningen.

| Klasse | Auditorium | Klasse-rom | Antall elever | Besøk ved UIT | Besøk ved skole | Tid disponibel | Fullført undervisning | Tid brukt | År |
|--------|------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|-----------|------|
| 1 | X | | 11 | X | | 3 | X | 3 x 45 | 2011 |
| 2 | X | | 12(19) ¹⁵ | X | | 3 | X | 3 x 45 | 2011 |
| 3 | | X | 9 | | X ¹⁶ | 2 | X | 2 x 45 | 2011 |
| 4 | | X ¹⁷ | 6 | X | | 3 | X | 3 x 45 | 2011 |
| 5 | | X ¹⁸ | 10 | X | | 3 | X | 3 x 45 | 2011 |
| 6 | | X | 5 | | X | 2 | X ¹⁹ | 2 x 45 | 2012 |
| 7 | | X | 17 | | X | 2 | | 2 x 45 | 2012 |
| 8 | | X | 21 | | X | 2 | | 2 x 45 | 2012 |

3.4. Svakheter ved metoden

Dette delkapittelet belyser noen av svakhetene ved metodebruken. Forskjell i årskull, rammer rundt datainnsamling og bruk av forskjellige innsamlingsverktøy kan ha påvirket resultatet. Innsamlingen av datamaterialet er hentet fra avgangskull fra 2011 og 2012, selv om omfang av pensum, årstimer i fag og verktøy tilgjengelig har vært lik for klassene, kan min egenutvikling mellom gjennomføringen av undervisningsopplegget vært utslagsgivende for resultatet. Klassene 3, 7 og 8 er fra samme skole og har hatt samme lærer, men forskjellen i

¹⁵ 7 Fysikk 2 elever deltok også i undervisningen, men er utelatt fra datamaterialet.

¹⁶ Denne klassen hadde vært på besøk og fått undervisning av en ekspert som underviste langt over elevenes nivå. Jeg observerte i denne forelesningen og kunne se på elevene at de ikke forsto. På bakgrunn av dette ble jeg oppfordret til å undervise NMR for denne klassen.

¹⁷ Veldig lite undervisningsrom, elevene satt tett.

¹⁸ Få elever i denne klassen, elevene satt på en rekke og samarbeidet to og to.

¹⁹ Noen deloppgaver og eksamensoppgaver ble utelatt av undervisningen for å holde tildelt undervisningstid.

elevantall fra 2011 til 2012 var betydelig. Det var også en større spredning på elevenes kunnskapsnivå mellom klasse 3 (2011) og klassene 7 og 8 (2012) (muntlig kilde, lærer). Dette gjør at disse klassene ikke direkte kan sammenlignes selv om klassene har relativt like forutsetninger.

Datainnsamlingen med intervju er bare gjennomført med klassene som mottok undervisning i 2012, og dette kan være en svakhet fordi negative erfaringer med FPM kan ha blitt bedre kamuflert som en følge av min egenutvikling. Tiden elevene hadde tilgjengelig var også en begrensende faktor for hvor mange elever som kunne la seg intervju, men elevene som har blitt intervjuet har vært representert fra alle kunnskapsnivåer, og er i så forstand et representativt utvalg. Videre er det benyttet to forskjellige spørreskjema; et med den hensikt å forbedre undervisningsopplegget og et med hensikt å evaluere undervisningsopplegget. Selv om kjernespørsmålene i spørreskjemaene går igjen, kan variasjonen av utformingen mellom disse to spørreskjemaene ha påvirket resultatet.

Undervisningsopplegget ved de tre siste skolebesøkene ble gjennomført på to skoletimer a 45 minutter. I utgangspunktet kunne undervisningen blitt gjennomført på tiden tilgjengelig, noe som fungerte ved klasse 3, men det var forskjellige årsaker til at dette likevel ikke var tilstrekkelig. I ettertidens klokskap burde det vært satt av tre undervisningstimer for de tre siste klassene, slik at man hadde en større fleksibilitet for å tilpasse undervisningen til elevenes læringshastighet. Erfaringen fra dette var at kvaliteten på undervisningsopplegget gikk ned når det ikke var tid til å benytte de formative verktøyene på en optimal måte. De største klassene som satt spredt var også de to siste, hvor plasseringen av parene i klasserommet kunne vært organisert tettere for en bedre læringssituasjon.

Variasjon av rammefaktorer som tilgjengelig undervisningstid, elevenes forkunnskaper, forskjellige undervisningsrom og elevantal kan ha gitt de forskjellige klassene ulik opplevelse av undervisningsopplegget, og kan i så måte være en svakhet i datainnsamlingen. På den positive siden har dette gitt variasjon for undervisning med FPM og gitt erfaringer som blir tatt opp i drøftingskapittelet.

Datainnsamlingen til denne oppgaven var rettet mot elevene for å utvikle og vurdere undervisningsopplegget. Lærerne kom med uformelle tilbakemeldinger på undervisningsopplegget i sammenheng med skolebesøkene og besøkene på UIT. Lærernes tilbakemeldinger kunne vært utført med en mer systematisk innsamling av data.

4. Resultater

4.1. Rammefaktorer

Tre av faktorene som påvirket undervisningen var tidsrammen for undervisningen, klassestørrelse og hvilken type undervisningsrom som ble benyttet. Dette er alle faktorer som man bare har en viss kontroll over som lærer. Under gjennomføringen av undervisningsopplegget ble det under tilpasning til skolenes dobbeltimer på 90 minutter observert at det ved klasse nummer 3 var tilstrekkelig tid til å gjennomføre hele undervisningsopplegget, mens for klassene 6,7 og 8 så var ikke dette tilstrekkelig til å gjennomføre undervisningsopplegget i sin helhet. Noen av de mest utfordrende og tidkrevende oppgavene ble derfor utelatt fra undervisningen for disse klassene.

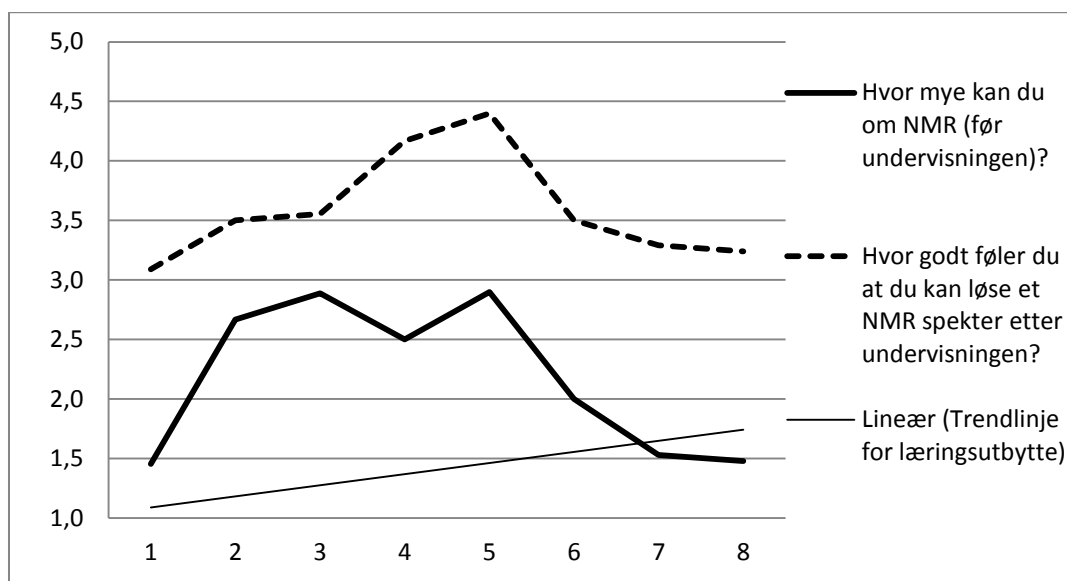
Den generelle observasjonen fra auditoriene var at ofte satt elevene seg sammen i grupper på tre til seks personer. På rekkene i auditoriene kunne ikke flere enn tre personer kommunisere på en god måte, slik at elevene i de store gruppene delte seg inn i to undergrupper.

Undergruppene fant ofte svaret hver for seg og sammenlignet disse etterpå. Slik ble ofte samtalene på tvers av gruppene startet, og dialogen i undervisningsopplegget fungerte bedre de gangene det ble gjennomført i auditorium eller i små klasserom. I auditoriene observerte jeg at det var kortere avstand mellom gruppene enn hva det var i vanlige klasserom og dermed var det enklere å kommunisere på tvers av gruppene.

4.2. Tilbakemelding fra elevene

Dette delkapittelet omhandler tilbakemeldingene fra elevene som deltok i undervisningsopplegget, hvor jeg har valgt å gruppere sitater, observasjoner og diagrammer etter relevante funn i henhold til problemstillingen. Tilbakemeldingene fra lærerne som fulgte undervisningsopplegget er kort oppsummert på slutten av delkapittelet.

4.2.1. Sammenligning av kunnskap før og etter forelesning



Figur 4-1: Sammenhengen mellom forkunnskap i NMR og ferdighet til å løse spektrere etter forelesning.

Sammenhengen mellom kunnskapen om NMR før og etter foredraget er vist i Figur 4-1. Her har elevene rangert seg selv ved å krysse av fra 1 til 5; hvor 1 er lav, 3 er middels og 5 er god forkunnskap, dette utgjør også verdien på y-aksen. Rekkefølgen til klassene er presentert kronologisk etter undervisningstidspunkt på x-aksen. Den heltrukne og stiplede linjen representerer henholdsvis hvor godt elevene følte de kunne løse et ^1H -NMR-spekter før og etter undervisningen. Trendlinjen i Figur 4-1 viser utviklingen av differansen mellom disse linjene. Korrelasjonen mellom forkunnskaper og ferdigheter etter undervisning i Figur 4-1 er 0,75. Ut fra utseendet til grafen ser man at det er en sammenheng mellom forkunnskap og ferdighetene etter undervisningsopplegget. Dette betyr at de som har hatt litt innføring i ^1H -NMR har hatt mer kunnskap om ^1H -NMR etter undervisningen.

Forbedringer av undervisningsopplegget

Undervisningsopplegget har blitt forbedret innholdsmessig to ganger: Første gang etter undervisning for klasse 1, deretter etter klasse 3. For hver gang innholdet har blitt endret er det i Figur 4-1 en økning i forhold til hvor godt elevene føler de kan løse et ^1H -NMR-spekter. Differansen for hva elevene kunne før og etter undervisningsopplegget har vært økende gjennom utviklingen. I Figur 4-1 kan man se at det er litt variasjon mellom linjene til resultatet av undervisningen og forkunnskaper, men trendlinjen viser at klassene generelt har hatt en økning i utbytte av undervisningen i forhold til sine forkunnskaper. Etter den andre

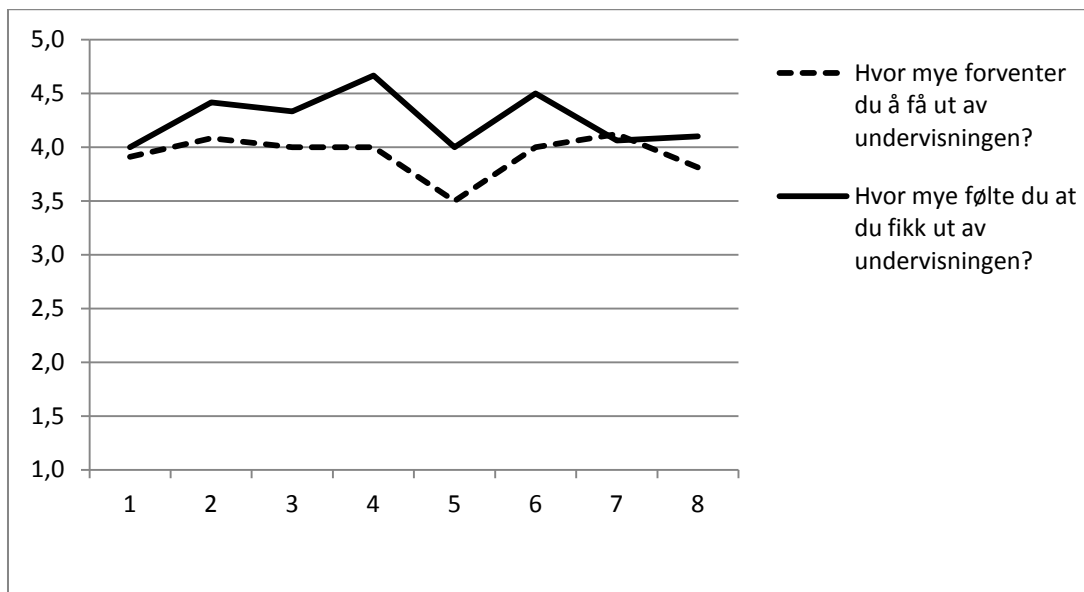
forbedringen av undervisningsopplegget er det en gjennomgående stor forbedring før og etter undervisningsopplegget.

Av Figur 4-1 kan vi se at de tre siste klassene som mottok undervisningen ikke følger den stigende trenden for økt følelse av å kunne løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre. Ut fra figuren ser vi at forkunnskaper i NMR påvirker hvor flinke elevene følte seg til å løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre etter undervisning, men resultatene for de tre siste klassene må også ses i lys av elevenes generelle forkunnskaper i kjemi. Klasse nummer 3 fikk gjennomgå alle oppgavene i undervisningsopplegget i motsetning til de tre siste klassene, og elevene i klasse 3 følte de hadde bedre ferdigheter i å løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre etter undervisningen i forhold til klassene 6, 7 og 8. Avstanden mellom forkunnskap og ferdighet etter foredraget er mye mindre for klasse 3 enn for klasse 6, 7 og 8. I klasse 3 var det en større prosent av elevene som hadde krysset av for 4 og 5 på spørreskjemaet, og prosentvis vesentlig færre elever i klasse 3 som hadde krysset av for 2 og 3 i spørreskjemaet. Ut fra dette kan man slutte at klasse 3 hadde bedre forkunnskaper enn klasse 6, 7 og 8. Felles for de tre siste klassene var at undervisningsopplegget ble kortet ned i et forsøk på å få det tilpasset til 90 minutter. Klasse nummer 3 hadde fått hele undervisningsopplegget undervist på 90 minutter, og rakk å gå igjennom alle oppgavene. Klasse 6 hadde utfordringer med pararbeid slik at undervisningen tok lengre tid og noen oppgaver ble utelatt, og i klassene 7 og 8 var undervisningshastigheten lavere enn for klasse 3, slik at for klasse 7 og 8 ble også noen deloppgaver utelatt.

Tabell 4-1: Prosentvis resultat på spørsmålet: ”Hvordan er dine forkunnskaper i kjemi?”

| | Lav | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | God |
|----------|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| Klasse 3 | | 0 % | 11 % | 22 % | 56 % | 11 % | |
| Klasse 6 | | 0 % | 0 % | 50 % | 50 % | 0 % | |
| Klasse 7 | | 6 % | 6 % | 47 % | 24 % | 18 % | |
| Klasse 8 | | 0 % | 10 % | 57 % | 29 % | 5 % | |

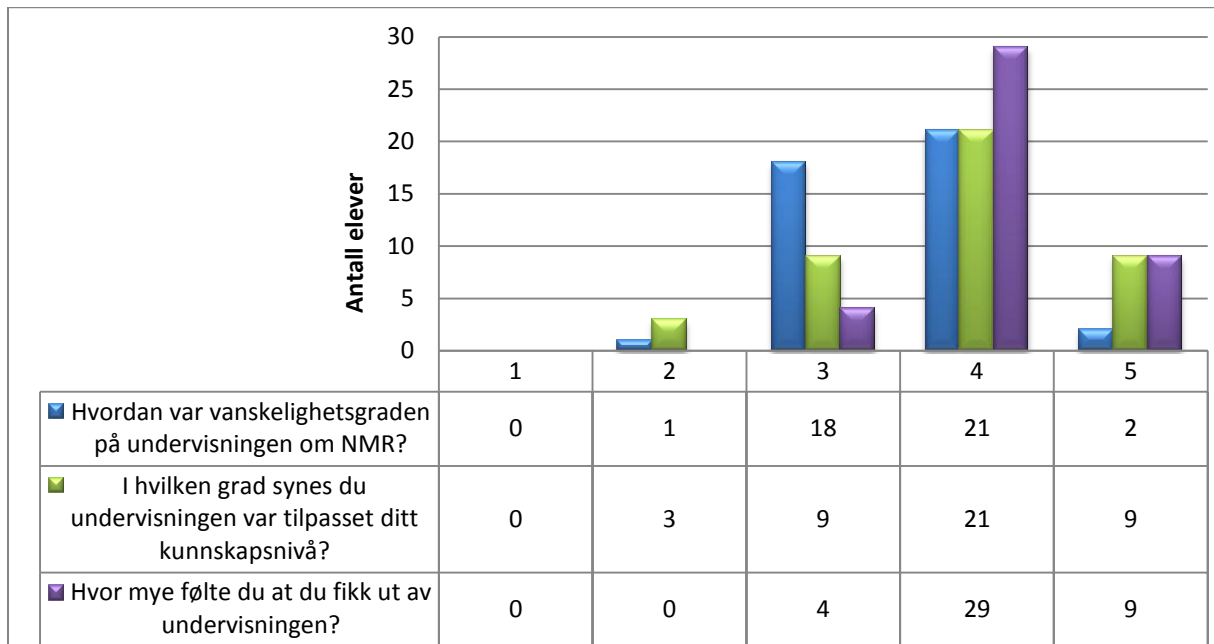
4.2.2. Forventning og utbytte



Figur 4-2: Sammenhengen mellom forventninger og utbytte.

Elevene kunne svare på spørreskjemaet ved å krysse av fra og med 1 til og med 5; hvor 1 er dårlig utbytte, 3 er nøytral og 5 er godt utbytte av undervisningen. I Figur 4-2 er forventningene til undervisningen representert med den stiplede linjen, og utbytte av undervisningen representert med den heltrukne linjen. Her ser man at elevene har hatt høy forventning til foredraget, og at undervisningsopplegget har levd opp til forventningene, men klassene 7 og 8 skiller seg litt ut.

4.2.3. Vanskelighetsgrad og tilpasning



Figur 4-3: Svarene rundt vanskelighetsgrad fra klassene 6, 7 og 8.

På spørsmålene som er representert i Figur 4-3 kunne elevene krysse av for en subjektiv vurdering fra 1 til og med 5; hvor 1 var ytterpunktet for lav og 5 var ytterpunktet for god. For hvordan vanskelighetsgraden på undervisningen var, har halvparten av elevene krysset av på 4 og nesten like mange elever har krysset av på 3. Ut fra dette kan man tolke det som at undervisningsopplegget verken var vanskelig eller lett, men passelig utfordrende. Under utdyping av dette i intervjuene uttrykte både de faglig sterke og de faglig svake elevene at de synes vanskelighetsgraden på foredraget var adekvat, og at den utviklet seg i takt med at de fikk bedre kunnskap: ”Jeg synes mye av det var forklart på en bra måte, men jeg følte at det begynte ganske greit og så ble det vanskeligere og vanskeligere. Også med de oppgavene som vi holdt på med, de ble vanskeligere og vanskeligere”. En av jentene som ikke var så faglig sterk uttalte: ”Teorien gikk veldig greit. Jeg hadde problemer med å forstå alle grafene og løse oppgavene. Men skjønnte det etter hvert. Det gikk bedre på slutten”. At undervisningen var utfordrende, men ikke for vanskelig bekreftet en av de svake elevene med uttalelsen: ”Det løsnet etter hvert når man satte seg litt inn i det og plutselig skjønnte hva et signal var”.

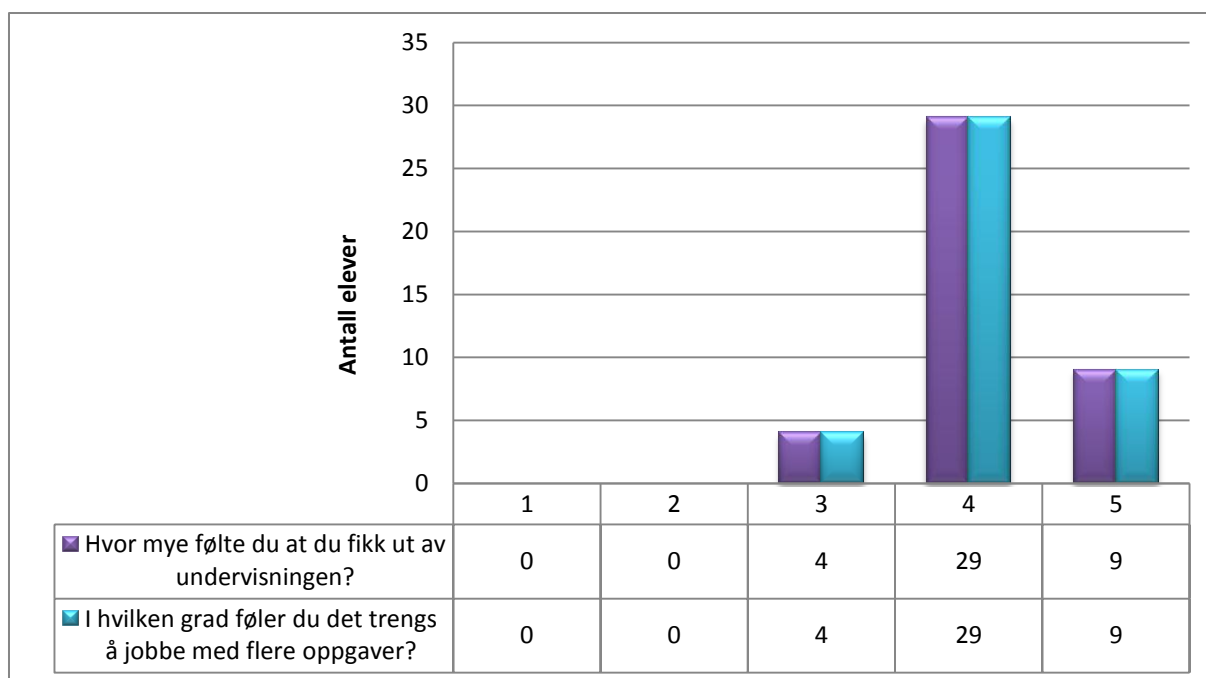
For spørsmålet om elevene synes undervisningen var tilpasset deres nivå krysset halvparten av for 4, og nesten en fjerdedel krysset av for 5 på spørreskjemaet, noe som indikerer at elevene synes at undervisningen var tilpasset deres kunnskapsnivå. Forklaringen på hvorfor så mange elever syntes vanskelighetsnivået traff deres forkunnskaper kom frem under

intervjuene; ”... for min del som er så svak i kjemi så hadde det ikke fungert om jeg skulle sitte alene. Det er veldig greit og få andres synspunkter og da”. En annen elev forklarte at hun syntes det var en god måte å utfordre flinke elever til å forklare ting muntlig for andre elever: ”Hvis en på en måte har rett og du har feil, så lærer den som har rett kjempe mye av å forklare deg hvorfor det den har sagt er rett... For du må ordlegge deg på en helt annen måte for å forklare noen hvorfor du har rett og de ikke har det”. Behovet for å spørre læreren om hjelp ble mindre og samarbeidet økte forståelsen blant elevene: ”Når man jobber i gruppe kan man dra nytte av de andre, man trenger ikke å mase på læreren”.

Skal man tolke resultatene i Figur 4-3 mener elevene at de ikke synes oppgavene var lette, men at undervisningen var tilpasset deres nivå. Et resultat av dette er at elevene mener de hadde et godt utbytte av undervisningen, og dette demonstreres av at 69 % av elevene hadde krysset av for 4 og 21,5 % krysset av for 5 på spørsmålet om hvor mye de følte de fikk ut av undervisningen.

4.2.4. Behov for etterarbeid

Foredraget med elevenes deltakelse har vist seg å vare i cirka 90 - 120 minutter som har vært den tilgjengelige undervisningstiden under gjennomføringen for undervisningsopplegget. Det vil si at det ikke har vært tid tilgjengelig til at elevene løste oppgaver om $^1\text{H-NMR}$ selvstendig i undervisningstiden. Hvordan oppgavene som en del av undervisningen påvirker elevenes behov for etterarbeid er derfor en viktig spørsmålsstilling som må belyses.



Figur 4-4: Elevenes behov for etterarbeid og i hvilken grad elevene følte de hadde utbytte av undervisningen.

Enhetene på x-aksen i Figur 4-4 representerer hvordan elevene har rangert seg selv mot spørsmålene i tabellen. Elevene kunne krysse av på en skala hvor 1 er i liten grad, 3 er nøytral og 5 er i stor grad. Svarene i spørreskjemaet antyder at elevene hadde et godt utbytte av undervisningen. Elevenes behov for etterarbeid i Figur 4-4 var allikevel høyt etter undervisningen, og svarene på spørreskjemaet ble nyansert gjennom intervjuene.

Mange av elevene mente at de fikk kombinert foredrag og oppgaver, og dermed ikke hadde behov for å gjøre oppgaver i like stor grad: *”Vanligvis har man forelesning og gjør oppgaver etterpå, men her fikk man gjøre begge deler. Så jeg følte ikke like stort behov for å gjøre oppgaver som ved vanlig forelesning”*. En annen elev sa: *”Jeg tror jeg ville hatt større behov etter et vanlig undervisningsopplegg hvor du bare får vite at slik fungerer det, og dette skal du se etter. Slik som nå fikk vi gjøre noen småoppgaver underveis hvor vi på en måte kunne prøve ting ut i virkeligheten. Så jeg tror jeg har mindre behov for å gjøre oppgaver nå enn jeg ville ha hatt”*. Ut fra intervjuene fikk jeg inntrykk av at elevene hadde forstått teorien om ¹H-NMR, men at de ønsket å jobbe mer for å få kunnskapen til å feste seg bedre: *”Men jeg vil selvfølgelig gjøre oppgaver uansett for å sette meg bedre inn i det”*. En annen årsak til at elevene følte at de hadde behov for å gjøre flere oppgaver, var for å teste seg selv: *”Jeg ville gjort litt oppgaver på egenhånd for å sørge for at jeg skjønnte det selv. I gruppe er det lett at*

man henger litt med de andre". Disse svarene er representative for alle intervjuene, men det var et av intervjuobjektene, en faglig svak elev, som følte at hun fortsatt hadde like stort behov for å gjøre oppgaver etter et slikt foredrag.

4.2.5. Elevenes vurdering av diskusjon i grupper som undervisningsverktøy

Elevene synes selv at gruppestørrelsen ikke burde være større enn tre personer, og et av intervjuobjektene argumenterte slik for dette: *"Jeg synes også det er viktig og ikke få for store grupper. Jeg synes at tre er sånn maksimum. Fordi at blir man fire stykker så er det veldig lett at to og to... (pause) Da blir det plutselig to par i stedet for en trio. Så det er viktig"*.

Selv om elevene var bevisste på hva som er gunstig størrelse for gruppearbeid, så var det ikke alltid at elevene satte seg sammen i grupper på maks tre personer. Et av intervjuobjektene forklarte hvordan de delte seg inn i grupper og hvordan gruppen fungerte: *"Man setter seg jo med vennene sine, så jeg synes det fungerte bra"*. Ut fra dette kan man tolke at for elevene er det viktig å sitte sammen med noen som man kan prate med. Elevene var også positive til å jobbe i par og små grupper, og benyttet gjerne samarbeid mellom gruppene: *"Jeg synes det (gruppearbeidet) fungerte veldig bra. Fordi at du kan både diskutere med den du sitter sammen med, og høre hva den personen tror om oppgaven, og hvordan den kan løses. Men du kan også på en måte diskutere med de andre gruppene dersom man har fått forskjellig svar. Så, det synes jeg var veldig bra, og så tror jeg man lærer veldig mye av hverandre"*.

Elevene følte at de fikk presentere sin løsning på problemet gjennom gruppearbeid, og i tillegg følte elevene at det var en mye lavere terskel for å delta aktivt og svare høyt i klassen. På spørsmål om hvordan elevene oppfattet det som like bra å svare i grupper som å svare høyt i klassen, svarte en elev: *"Ja, kanskje i større grad. Litt friere til å svare. Flere tør å delta"*. Forklaringen som kom fra en elev var at tilbakemeldingen fra partneren gjorde terskelen for å svare lavere: *"Du har en partner som har sagt at ja det (svaret ditt) virket veldig logisk"*. Alle intervjuobjektene følte at de deltok mye mer aktivt med denne bruken av par- og gruppearbeid i undervisningen enn i forhold til tradisjonell deduktiv tavleundervisning, og at denne formen for undervisning stimulerte til økt deltakelse. Selv om de var mer med i undervisningen, følte de ikke at denne undervisningsmetoden var mer arbeidsbelastende. Elevene erfarte at de fikk god hjelp av medelever og deres resonnement, og at terskelen for å spørre en medelev om forklaring var lavere enn å spørre læreren: *"Da får man se hvordan andre velger å løse ting og hvilken fremgangsmåte de har. Når man jobber i gruppe kan man dra nytte av de andre,*

man trenger ikke å mase på læreren". Elevene som jeg intervjuet foretrakk generelt gruppearbeid. De hadde noen forbehold som: *"Det varierer hvor aktiv gruppen er da"*, og gruppestørrelse gikk igjen. Dette var til en viss grad selvregulerende, men tilfellet hvor pararbeid ikke fungerte blir tatt opp til vurdering i drøftingskapitlet.

Generelt deltok alle elevene aktivt i undervisningen. De fleste elevene var aktive fra undervisningsstart, mens noen elever trengte litt oppfølging for å komme i gang. Ut fra intervjuene med elevene oppdaget jeg at noen av elevene som jeg hadde fulgt noe ekstra opp var litt faglig svake. En jente uttalte: *"Kjemi er i hvert fall ikke mitt sterkeste fag, så jeg kan ikke så mye om det. Med mindre jeg har lært litt før, er det ikke alltid jeg skjønner alt med en gang. Det er vel grunnen til at jeg ikke sa så mye"*.

Etter foredraget i en annen klasse intervjuet jeg to jenter som var veldig sjenerte. På spørsmålene: Var det noen spesiell grunn til at dere ikke deltok aktiv? Er dere kanskje litt sjenerte? Svaret kom med lav og forsiktig stemme: *"Kanskje. Ja. Vet ikke"*. Observasjoner fra undervisningen tilsier at disse to elevene var sjenerte av uvisse grunner, og måtte trekkes litt mer med i undervisningen.

4.2.6. Elevenes tilbakemelding på FPM

Elevenes positive tilbakemeldinger

Elevene var fornøyde med denne undervisningsmetoden fordi de fikk praktisere det som de lærte med en gang etter at teorien var gjennomgått. Tilbakemeldingen som gikk igjen i alle intervjuene var at undervisningsopplegget om $^1\text{H-NMR}$ var mer interessant enn vanlige foredrag med PowerPoint. Gjennom intervjuene ble dette utdypet og forklart nærmere. Spesielt det at undervisningsopplegget varte 90 – 120 minutter uten å virke langtekkelig var en tilbakemelding som gikk igjen: *"Det var det at med gruppearbeid så virket det (undervisningsopplegget) ikke så lenge. Det å høre på foredrag i 40 minutter blir veldig lenge"*. Dette svaret ble fulgt opp med at eleven ble opplyst om at undervisningen hadde vart i 90 minutter, hvor samme elev så responderer: *"Ja, ikke sant. Det sier jo litt da"*. En annen elev i samme intervju uttaler da: *"Vanligvis pleier klassen å mase etter friminutt etter rundt 45 minutter undervisning"*.

En annen elev forklarer hvorfor de synes det er lettere å følge med i undervisning hvor FPM anvendes; *".... fordi det blir avbrekk i teorien og du får tenke litt på det du har fått inn"*. En elev i samme intervju fulgte opp med; *".... hvis læreren bare prater, så sovner elevene. Det*

blir litt kjedelig når man må høre på, men når man gjør noe i tillegg blir det bedre". Generelt i alle intervjuene uttrykte elevene at de syntes det var bra å delta aktivt i undervisningen: *"Du var ikke satt på sidelinjen og var ikke på en måte publikum som på en forelesning"*.

Elevene synes at oppgaver og problemer som de løser underveis var bedre enn vanlig tradisjonell undervisning med lærersentrert foredrag og påfølgende oppgaver: *"Jeg liker når oppgavene kommer med en gang. For da har man liksom nettopp gått gjennom teori, har man teori først i 20 minutter og så gjør oppgaver glemmer man gjerne litt"*. Noen av elevene syntes at oppgavene underveis hjalp veldig på forståelsen: *"Jeg synes det hjalp veldig. Det hjalp i alle fall meg til å skjønne det bedre når det var forklaringer og vi skulle tenke ut selv. Jeg syntes det var veldig bra"*.

I intervjuene kom det også frem at elevene syntes PowerPoint bruken var annerledes og god fordi elevene fikk delta i undervisningen. Den interaktive bruken av PowerPoint til teoriformidling og oppgaveløsning gjorde at elevene ikke følte seg som passive tilskuere: *"Jeg syntes det var bra. Vanligvis er jeg ikke så fan av PowerPoint, men av en eller annen grunn ble det bedre. Fordi det var mye bilder og fordi det var mye dialog mellom elevene"*. I flere av intervjuene kom det frem at elevene hadde dårlig erfaring med lærere som leser av PowerPoint presentasjonene: *"Det var så fint at ikke alt det du sa sto på PowerPointen. At du egentlig bare kunne lese rett av PowerPointen. Da ville det ikke ha noen hensikt å ha den der"*. Bruken av lysbilder og undervisningsopplegget i seg selv kan oppsummeres ganske bra ved å sitere en av elevene: *"Ganske effektivt med interaktivt innhold på PowerPoint"*.

En av elevene hevdet at det var en fordel at de måtte følge med for ikke å gå glipp av noe. Eleven mente at det var lettere å være motivert til å følge med hvis man risikerte å gå glipp av noe viktig eller interessant: *"Du fikk delta mye mer nå og det gjør også at det er lettere å følge med når du blir dratt inn i det, fordi da må du delta, da må du følge med fordi at plutselig så henger du langt, langt etter, på en vanlig forelesning så kan du lese i boka. Men nå så følte jeg at det kom mye tilleggsinformasjon i forhold til hva som stod på PowerPointen, og litt sånn tips til hva man kan se etter også, det syntes jeg var bra"*.

Lærerne som fulgte undervisningen var også fornøyde med gjennomføringen, deres tilbakemeldinger stammer fra uformelle samtaler før og etter gjennomføringen av undervisningsopplegget. Den generelle tilbakemeldingen fra lærerne var at emnet om ¹H-NMR er et av de mest utfordrende emnene å undervise fordi lærerne har liten erfaring med

NMR. Fra lærerne som hadde benyttet UIT som en ressurs i forhold til $^1\text{H-NMR}$ var tilbakemeldingen at dette var det beste undervisningsopplegget om $^1\text{H-NMR}$ de hadde erfart ved UIT til nå. Lærerne mente at nivået på undervisningen var godt tilpasset elevene, og at omfanget dekket pensumet godt.

Tilbakemeldingen fra læreren til den første klassen som mottok undervisningsopplegget var at vedkommende ikke hadde sett kjemiklassen sin så aktiv i en undervisningstime tidligere. Læreren var veldig fornøyd med undervisningsopplegget.

Elevenes negative tilbakemeldinger

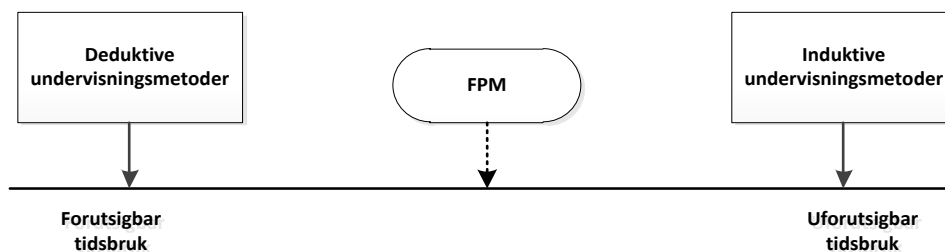
Ved de to siste gjennomføringene av undervisningsopplegget i klasse 7 og 8 tok undervisningen litt lengre tid enn hva undervisningen hadde gjort året før i klasse 3. Dette skjedde på grunn av litt tekniske problemer og det ble derfor avtalt underveis med klassens lærer at elevene skulle bruke den tiden de trengte på undervisningsopplegget, og at noen av deloppgavene skulle utelates slik at hele undervisningsopplegget ble gjennomført. Deloppgavene som ble utelatt ønsket klassens lærer å bruke til repetisjon i undervisningen uken etterpå. Den aller siste delen av undervisningsopplegget som omhandlet splitting av $^1\text{H-NMR}$ -signaler ble vi enige om skulle gjennomføres raskere, så skulle læreren ta akkurat den delen mer detaljert senere. Den raske gjennomgangen på slutten fikk jeg negative tilbakemeldinger på fra elevene: *”Det gikk plutselig litt fort”*. Elevene viste forståelse for at det ble kortere tid på grunn av de tekniske problemene, og at jeg måtte gå gjennom alt i undervisningen på grunn av spørreskjemaet: *”Kanskje at man burde begrense mengden stoff enda mer, slik at man får mindre stoff på en gang. Da vil det gå naturlig saktere. Men igjen så har det jo med at du skal komme igjennom alt”*.

5. Drøfting

5.1. Hvordan rammefaktorene påvirket undervisningen

Tiden tilgjengelig, klassestørrelse og undervisningslokale, er rammefaktorer for undervisningen som læreren har begrenset innflytelse over, men som har betydning for undervisningssituasjonen. Erfaringene fra denne oppgaven er at rammefaktorene må tas hensyn til i planleggingen og utformingen av undervisningen.

En av de viktigste rammefaktorene som påvirker undervisningen er tiden man har til rådighet. Ved gjennomføring av undervisningsopplegget ved UIT var det tre timer tilgjengelig, mens ved gjennomføring ute på skolene var det bare 90 minutter tilgjengelig for undervisning.



Figur 5-1: Sammenheng mellom undervisningsmetode og forutsigbar tidsbruk.

Ved deduktiv undervisning er disponering av tilgjengelig tid veldig forutsigbar, mens på den andre siden av skalaen finner man induktiv undervisning slik som den teknologiske undervisningsmetoden hvor tidsbruken er mer uforutsigbar. FPM som er en mellomting mellom disse to metodene vil havne midt mellom disse ytterpunktene. Erfaringen som ble gjort i denne oppgaven er at estimering av undervisningsoppleggets tidsomfang viste seg å være utfordrende fordi elevenes spredning i undervisningsrom, gruppesammensetning og forkunnskaper påvirket hvor lang tid undervisningsopplegget tok.

Reduseringen av undervisningstiden ned til 90 minutter medførte like stor økning i kunnskap i forhold til forkunnskapen, men kvaliteten på undervisningen gikk ned. Ved de tre siste klassene ble noen av de vanskeligste oppgavene utelatt, og teoridelen som omhandlet splitting av $^1\text{H-NMR}$ -signalet ble gjennomført litt raskere enn planlagt. Erfaringen fra disse tilfellene og elevenes synspunkter fra intervjuene, er at kvaliteten på undervisningen gikk ned når undervisningen ble fremskyndet. Dette mener jeg er fordi at fremdriften i FPM ikke ble naturlig i forhold til elevenes arbeidshastighet. Svarene på spørreskjemaene og intervjuene fra de tre siste klassene tyder på at elevene fikk likt læringsutbytte som de andre klassene på to

tredjedeler av tiden. Allikevel har elevene i intervjuene uttrykt at kvaliteten på undervisning gikk ned i disse tilfellene, og dette kan bety at elevene i disse klassene ikke satt igjen med like høy faglig selvtillit som de elevene som deltok i undervisningsoppleggene hvor alle oppgavene ble gjennomgått.

Erfaringen fra undervisning med FPM er at klassestørrelsen ikke var så avgjørende for kvaliteten på undervisningen, mens elevenes organisering i undervisningsrommet har større betydning. I små klasser hvor elevene satt samlet, var undervisningsopplegget lettere å gjennomføre i forhold til små klasser hvor elevene satt spredt. I større klasser var den beste undervisningsopplevelsen da elevene var samlet i et auditorium hvor elevene satt tett slik at man kunne stå ved første rad og høre resonnementene til elevene på bakerste rad. I større klasser som satt grupperte i et vanlig klasserom, måtte man gå inn mellom gruppene for å få kontakt med alle parene og gruppene, og ved å gjøre dette hadde man nesten alltid ryggen til noen av elevene. Elever i større klasser som har undervisning med FPM i store klasserom burde omorganiseres slik at de sitter tettere for å få den samme gode kontakten og oversikten som ble opplevd da elevene satt tett i auditorier og klasserom. Samarbeidet og diskusjonene på tvers av gruppene gikk også best når gruppene satt tett og kunne kommunisere med hverandre på en enkel måte. Kort oppsummert bør elevene sitte tettest mulig, og et auditorium er å foretrekke framfor klasserom til undervisning med bruk av FPM.

Likevel er det noen punkter ved organisering av klassen man burde ta hensyn til; i små klasser blir enkeltelever veldig synlige, noe som kan være en utfordring for sjenerte elever.

Tilbakemeldingene fra elevene var at de ofte satt seg sammen med vennene sine i pararbeid, noe som kan gi en utfordring i små klasser hvis to personer bare blir plassert sammen. På en annen side burde elever i Kjem2 være så modne at de kan samarbeide med alle medelever.

5.2. Forkunnskap og utbytte knyttet til motivasjon

Resultatet fra spørreskjemaene viser at elevene hadde høye forventninger til undervisningen. Høye forventninger er en god indikasjon på at elevene er motiverte for å lære, og elevenes høye aktivitet gjennom undervisningsopplegget tyder på at lærelysten var til stede under hele undervisningen. Forklaringen på at elevene holdt motivasjonen oppe mener jeg var en kombinasjon av at oppgavene var formativt utformet slik at elevene ble faglig utfordret i ytterkant av sin proksimale utviklingszone, og at undervisningsopplegget var mer elevsentrert enn lærersentrert. I deduktiv undervisning hvor foredrag er mest anvendt, er elevene mer eller

mindre passive tilskuere, og lite aktive elever blir usynlige i klassen. Ved elevsentrerte undervisningsaktiviteter blir derimot passive elever veldig godt synlige, og dermed er det enklere å gjøre intervensjoner mot disse elevene slik at de blir motiverte til å delta. Gjennom pararbeid ble også disse elevene dratt med i undervisningen av medelever. Terskelen for å delta aktivt i undervisningen for faglig svake og sjenerte elever ble også betraktelig lavere når hele klassen deltok aktivt i undervisningen, og pararbeid viste seg å være et godt verktøy for å adressere de utfordringene faglig svake og sjenerte elever måtte ha. Fokuset på konstruktiv bruk av ukorrekte svar kan også ha hindret at denne gruppen følte seg stigmatisert, og erfaringen er at disse elevene ble verbalt aktive i klassen når de erfarte god bruk av ukorrekte svar.

Etter hvert som undervisningsopplegget ble gjennomført i klassene var det en generell trend at elevenes kunnskap etter undervisningsopplegget økte i forhold til hvilke forkunnskaper elevene hadde før undervisningen. Dette indikerer at elevenes utbytte av undervisningen øker i takt med lærerens erfaring med å bruke FPM som undervisningsmetode. Klassene 6, 7 og 8 hadde størst avstand mellom forkunnskap og utbytte av undervisningen noe som er et bra resultat ettersom 50 % eller mer av elevene i disse klassene rangerte seg selv som faglig middels eller svakere i kjemi. Selv om klassene 7 og 8 hadde størst økning i kunnskap skiller de seg ut i Figur 4-2 ved at de ikke fulgte trenden med følelsen av at de fikk mer ut av undervisningen enn de forventet, noe som kan være en følge av oppstartsproblemene og at noen av oppgavene ble utelatt. Ut fra de varierende forkunnskapene internt i klassene, er det rimelig å anta at læringsutbyttet til elevene henger sammen med differensieringsmulighetene som FPM gir. Elevene som ble intervjuet var fra faglig svake til faglig sterke elever, og alle mente at nivået på undervisningen var tilpasset deres faglige nivå og at undervisningen levde opp til forventningene. Dette åpner for spørsmålet; hva hadde resultatet av undervisningen blitt med mer tid tilgjengelig for klassene 6,7 og 8, slik at også de mest utfordrende oppgavene hadde blitt gjennomgått og undervisningen av splittingen til signalene hadde foregått i elevenes tempo? Tilbakemeldingene fra elevene indikerer nettopp at de da hadde fått et enda større utbytte av undervisningen.

5.3. Drøfting av det utviklede undervisningsopplegget

5.3.1. FPM som undervisningsmetode

Et av de didaktiske verktøyene som går igjen i flere elementer av den formative undervisningen er par- og gruppearbeid. Disse arbeidsformene har vist seg å fungere veldig bra til differensiering, oppgaveløsning, par- og egenvurdering, og stimulerer til økt aktivitet i klasserommet. Par- og gruppearbeid har derfor fått en viktig rolle i FPM. Tilbakemeldingen fra både spørreskjemaene og intervjuene stemmer godt overens med at elevene følte at undervisningen var godt tilpasset deres kompetansenivå. Black m. fl. (2003) hadde tilsvarende erfaring i deres forskningsprosjekt som var sentrert rundt formativ undervisning, og dette styrker indikasjonen på at den formative tilnærmingen i FPM fungerer som tiltenkt.

Nivådifferensieringen skjedde i hovedsak på to måter: Enten ved at elevene måtte forklare partneren sin hvordan man løste oppgavene, eller ved at et ukorrekt svar ble valgt ut i plenum, og elevene ble utfordret til å bygge resonnementene sine videre på de korrekte elementene i det ukorrekte svaret. Oppgavene som ble gitt i undervisningsopplegget var av en utfordrende karakter, men utformet slik at alle elevene skulle kunne løse dem så fremt de løste koden for å anvende teorien sammen med deres forkunnskaper. Utfordringen her var ikke bare å løse oppgavene, men også å hjelpe partnerne til å forstå teorien. Gjennom pararbeid skulle elevene utfordres til å forklare hvordan man resonnerer seg frem til løsningen av et $^1\text{H-NMR}$ -spekter. Dette førte også til at elevene fikk mer tilbakemelding i undervisningen, og at de fikk utnyttet sin proksimale utviklingssone i tråd med sosiokulturell læringsteori, gjennom å mediere resonnementet mellom det å lese oppgaveteksten og finne svaret sammen. Både faglig sterke og faglig svake elever ga tilbakemeldinger på at de følte at oppgavene hadde passelig vanskelighetsgrad for dem, noe som igjen bekrefter at pararbeid med oppgaver i undervisningen er differensierende og et egnet verktøy i formativ undervisning. Ut fra dette kan man slutte at elever med faglige utfordringer har et godt læringsutbytte av små teorideler med påfølgende oppgaver, slik at de greier å følge med på hele undervisningen.

Undervisningen med FPM skapte stort engasjement blant elevene og aktivitetsnivået var høyt gjennom hele undervisningen. Ut fra intervjuene ble det klart at oppstykkingen av teorien med etterfølgende oppgaver, hvor elevene fikk drillet inn teorien med å løse oppgaver, var en av årsakene til høy deltakelse i undervisningen. Strategien med å gi lang responstid og det å forvente svar fra alle elevene som Black m. fl. (2003) anbefaler etter analyse av sine resultater, viste seg å fungere svært tilfredsstillende: Oppgavenes struktur hvor det var ett

riktig svar, men mange korrekte fremgangsmåter til svaret, førte til at alle elevene kunne komme med et svar. En annen indikasjon på at alterneringen mellom teori og oppgaver fungerte i undervisningen var at elevene ikke spurte etter friminutt under gjennomføringen av undervisningen. Elevene presiserte i intervjuene at de vanligvis spurte etter friminutt etter 45 minutter med undervisning.

De faglig sterke og de faglig svake elevene skiltes i hovedsak av hvor raffinerte resonnementene deres var, og hvor flinke de var til å forklare seg enkelt og forståelig. Par- og gruppearbeid hadde i oppgaveløsningen en viktig funksjon ved at elevene følte seg tryggere til å delta aktivt, fordi svaret allerede var bekreftet av en medelev før det ble fremført i klassen. Tilbakemeldingen fra medelever gjorde at elevene følte seg tryggere til å svare høyt, og alle elevene som ble intervjuet følte at de fikk gode tilbakemeldinger på alle oppgavene gjennom pararbeid. I undervisningsopplegget hadde elevene ikke noen ren egenvurdering av sine egne svar, men elevene sammenlignet og vurderte sine svar opp mot de andre elevenes svar. Undervisningsopplegget belyser en måte elevene kan få erfare flere måter å løse oppgaver på, gjennom å få innsikt i flere ulike veier til løsningen.

En av undervisningsoppleggets største utfordringer viste seg å være i tilfeller hvor parene eller gruppene ikke fungerte. Dette skjedde ved en av gjennomføringene der to jenter ble plassert sammen uten at de jobbet sammen. I dette tilfellet fungerte ikke par- og gruppearbeid som et formativt verktøy og i slike tilfeller burde læreren aktivt involvere de mer passive elevene og stille formative spørsmål for å få de mer verbalt aktive.

Det var spesielt en positiv erfaring fra undervisningen med FPM som er viktig; som lærer så kan man lettere overhøre parene og gruppenes resonnement, og dermed fange opp elevenes hverdagsforestillinger og misoppfatninger. Disse feilkoblingene i elevenes lærings skjema²⁰ kan fungere som en formativ tilbakemelding til læreren. Læreren kan utnytte dette ved å lytte til elevenes resonnement og forstå deres forkunnskaper og eventuelt avdekke svakheter ved sin egen forklaring. Forkunnskapen i de forskjellige klassene varierte mye, men gjennom å bruke FPM som undervisningsmetode fikk man ikke bare avdekket misoppfatninger, men læreren fikk også innblikk i elevenes forkunnskaper. Med denne kunnskapen om hva elevene kunne om det respektive emnet, ble det erfart at undervisningen lettere kunne justeres etter

²⁰ Konstruktivismen, se kapittel 2.1.1.

elevenes kunnskapsnivå. På denne måten vil læreren få et godt utgangspunkt for å utvikle og forbedre undervisningen av emnet og øke sin erfaring med bruk av FPM.

Som en følge av at elevene løste mange oppgaver sammen underveis i undervisningsopplegget, var det lite tid igjen på slutten av timene til at elevene kunne løse oppgaver på egenhånd. Elevene ga uttrykk for at selv om de hadde løst mange oppgaver i løpet av undervisningen, så hadde de allikevel behov for å løse oppgaver på egenhånd for å erfare at de behersket å løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre uten hjelp. De faglig sterke og faglig gjennomsnittlige elevene følte at de hadde et behov for å løse et mindre antall oppgaver etter undervisning med FPM; i hovedsak ønsket de bare å bevise for seg selv at de kunne løse $^1\text{H-NMR}$ -spektre på egenhånd. Tilbakemeldingen fra de faglig svake elevene var at de fremdeles hadde like stort behov for å gjøre oppgaver etter undervisningen, men at de følte seg bedre forberedt til å arbeide selvstendig. Flere av disse elevene hadde uttrykt at de hadde forstått mer gjennom undervisningen med FPM enn de gjorde til vanlig med tradisjonell deduktiv klasseromsundervisning. Dette tyder på at elevene antakelig lærer mer av å løse oppgaver i felleskap og særlig hvis de må begrunne svarene. Ved videre studier av FPM hadde det vært interessant å følge opp gruppen med svake elever og undersøkt om elevene hadde et reelt behov for like mange oppgaver, eller om elevene var farget av lav faglig selvtillit. Det hadde også vært interessant å sammenligne en gruppe svake elever som fikk undervisning med FPM, med en gruppe som mottok deduktiv undervisning, som er mest vanlig i videregående skole (Thomassen, 2008), for så å sammenligne læringsutbyttet.

I undervisningssituasjoner betyr DDAFL at læreren har ansvar for å legge til rette for undervisning som fører til læring hos den enkelte elev. Dette vil fra elevenes side bety at de aktivt må gå inn for å lære seg det som kreves av læreplanen. I formativ undervisning er det god plass for denne tankegangen, da mye av undervisningen i formative undervisningsopplegg forutsetter et godt samarbeid mellom elev og elev, lærer og elev og lærer og klasse, i tillegg til en god kommunikasjon på alle plan (Valdermo og Eilertsen, 2002). I forhold til formativ undervisning er pararbeid og DDAFL to begreper som går hånd i hånd. Ved å sette elevene sammen i par er det viktig å gjøre klare og tydelige avtaler, og at både lærer og elever følger opp avtalene. I pararbeid har elevene også ansvar for at begge parter bidrar til pararbeidet, at de benytter undervisningstiden på en god måte, samt at de bidrar til å skape et godt læringsmiljø.

En erfaring som ble gjort i denne oppgaven er at undervisningen burde tilpasses tiden som er tilgjengelig fordi FPM blir tilnærmet lik deduktiv undervisning hvis elevene ikke får nok tid til å jobbe med oppgavedelene og få gode tilbakemeldinger. Elevene deltok bare i et undervisningsopplegg med bruk av FPM, og dette kan ha vært for lite grunnlag til å trekke en generell konklusjon om metoden. I tillegg kan undervisningsopplegget ha vært en positiv opplevelse for elevene fordi det var så annerledes i forhold til hva de er vant med, og dette kan ha kamuflert eventuelle negative egenskaper ved FPM.

5.3.2. Innholdet i undervisningen

Undervisningsopplegget som er utviklet for å lære elevene å løse enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre har bakgrunn i et læreplanmål som sier at elevene skal kunne dette etter undervisning. Implisitt sier dette at elevene må ha litt grunnleggende kunnskap om NMR, samt at læreren må tolke hva et enkelt $^1\text{H-NMR}$ -spekter er. For lærere med liten kunnskap eller erfaring med NMR kan dette være en stor utfordring, og selv for lærere med kunnskap om NMR kan det være en utfordring å tolke hva læreplanen mener med ordet “enkle”.

Å produsere et undervisningsopplegg om et læreplanmål som er en del av et større emne kan skape en indre konflikt hos læreren. I dette tilfellet var konflikten mellom å lære elevene tolkningen av enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre, og å lære elevene en akademisk korrekt tolkning av enkle $^1\text{H-NMR}$ -spektre. Når et avansert emne som $^1\text{H-NMR}$ skal forklares med begrenset disponibel tid, så må det inngås noen kompromisser, fordi man ikke har tid til å gjennomgå alt. For å begrense informasjonsmengden slik at den ikke blir for overveldende for elevene, kan en strategi være å utelate begreper som ikke er essensielle for å forstå emnet. Eksempel på begrep som er utelatt i dette undervisningsopplegget er “downfield” og “upfield” som henviser til hvor et signal kommer i spekteret. Elevene kan i dette tilfellet oppnå samme forståelse ved å benytte til høyre eller venstre. Valget har derfor vært å fokusere på å undervise det som er viktig på en hensiktsmessig måte, og utelate det som ikke er essensielt for at elevene skal kunne oppnå læreplanmålet. For at elevene skulle oppleve tolkning av $^1\text{H-NMR}$ -spektre som et oversiktlig emne ble undervisningen strukturert rundt de fire egenskapene ved $^1\text{H-NMR}$ som beskrevet i 2.2.3. Som veiledning til å utvikle undervisningen mener jeg det er lurt å bruke tidligere gitte eksamensoppgaver om $^1\text{H-NMR}$, og benytte disse i undervisningen fordi de representerer en tolkning av læreplanen.

5.4. Drøfting av kjemi i en kontekst

Hensikten med å plassere kjemi i en kontekst er at elevene skal oppleve en nytteverdi ved det de lærer, slik at undervisningen og innholdet gir elevene mening. I forhold til undervisning av $^1\text{H-NMR}$ kan det være inspirerende for elevene å se hvordan $^1\text{H-NMR}$ benyttes i et autentisk eksempel. Bakterier er noe dagligdags som elevene har kjennskap til, og spesielt for elevene som ønsker å studere medisin er eksempelet med LTX 109 interessant. Med forkunnskapen som elevene kan oppnå gjennom undervisningsopplegget som er utviklet i denne oppgaven, burde elevene være i stand til å forstå eksempelet med de nummererte NOESY og ROESY spektrene ved hjelp av den nummererte strukturen til LTX 109. Ved å vise ROESY spektrene (Figur 2-14) sammen med den nummererte strukturen av LTX 109 (Figur 2-12) kan elevene resonnerer seg frem til at det er en kobling mellom de funksjonelle gruppene som er nummererte og har felles signal i ROESY spekteret. Dette burde i alle fall bli åpenbart hvis Figur 2-15 som illustrerer kontakten mellom de funksjonelle gruppene, forklares i tillegg.

Utfordringen for kjemilærere er å finne gode dagsaktuelle eksempler som kan benyttes i undervisningen, uten at de blir for vanskelige eller for tidkrevende å forklare. Dette forutsetter at lærerne har en bred oversikt over kjemi som fagfelt, eller har en god kontakt med et aktivt fagmiljø som kan bidra med relevante eksempler. I dette tilfellet er LTX 109 et godt eksempel, fordi det er en god visuell forklaring på hvordan $^1\text{H-NMR}$ kan benyttes i virkeligheten.

6. Konklusjon

6.1. FPM oppsummert

Som undervisningsmetode kan FPM sammenlignes med metodetrianglering, hvor to undervisningsmetoder og en undervisningsstrategi kombineres for å utnytte fordelene ved metodene og til å utjevne utfordringene de har. I denne oppgaven har denne fremgangsmåten vist seg å bære frukt, og FPM har fått gode tilbakemeldinger både fra elever og lærere.

Kombineringen av metodene fører til en alternering mellom teori og tilhørende oppgaver, og skaper variasjon i undervisningen. Oppstykkningen av teori og komplekse oppgaver fører også til at elevene får mer tilbakemelding noe som skaper motivasjon og et større læringsutbytte. Tilbakemeldingene fra elevene viser at denne tilnærmingen til undervisningen er lettere å følge enn tradisjonell deduktiv tavleundervisning som elevene er mest vant til (Thomassen, 2008). FPM får elevene til å delta aktivt i undervisningen ved å la elevene anvende teorien på en praktisk måte etter en effektiv teori introduksjon.

Sentralt i FPM står strategien med pararbeid som verktøy, noe som har vist seg å ha mange fordeler. Oppstykkningen av teorien etterfulgt av oppgaver gir også elever med faglige utfordringer rom til å få hjelp av andre elever gjennom pararbeid. Å bruke flinke elever som trenger større utfordringer til å hjelpe andre elever er en god måte å differensiere undervisningen på, og tilbakemeldingene viser at elevene føler de får faglige utfordringer som passer deres nivå med bruk av FPM. Elevene opplever at de får verdifulle tilbakemeldinger gjennom pararbeid, og for noen elever fører dette til at de blir tryggere på å delta i undervisningen. Samtalene i pararbeidet kan ofte utvikle seg til faglige samtaler på tvers av gruppene og skaper en god læringsdialog mellom enkeltelev, klasse og lærer, med læring i fokus. Elevenes høye aktivitet i undervisningen henger også sammen med at det blir skapt et godt læringsmiljø hvor ukorrekte svar blir brukt på en god måte, noe som resulterer i at elevene er lite bekymret for å svare galt. Gjennom tilbakemeldingen får elevene også et større læringsutbytte av undervisningen som er helt etter intensjonen med å benytte formative læringsstrategi.

Opgavene i undervisningsopplegget blir lagt inn i PowerPointen rett etter teorien, slik at det blir en naturlig overgang mellom teori og oppgaver. Bruken av PowerPoint blir på denne måten interaktiv, og undervisningen elevaktiviserende. En kombinasjon av at elevene blir

utfordret i ytterkant av sin proksimale utviklingszone og undervisningens høye grad av elevsentrering av undervisningen, bidrar til at elevene beholder motivasjonen og aktiviteten gjennom hele undervisningsopplegget. Forkunnskapen i de forskjellige klassene som deltok i dette studiet varierte mye, men gjennom å bruke FPM som undervisningsmetode får man ikke bare avdekket misoppfatninger, men læreren får også innblikk i elevenes forkunnskaper. Med denne kunnskapen om hva elevene kan om det respektive emnet, viser erfaringen at undervisningen lettere kan justeres etter elevenes kunnskapsnivå. FPM gir på denne måten en god mulighet for å adressere elevens ulike forkunnskaper og ikke bare å bearbeide hverdagsforestillinger. Undervisningstempoet blir styrt av elevenes læringstempo, slik at de elevene som lærer raskt blir utfordret med å forklare elevene som har lavere læringshastighet. På denne måten blir svakheten i DTM med at elever blir ferdig med oppgavene til forskjellig tid, løst på en god måte. Undervisningsopplegget blir veldig likt deduktiv undervisning om undervisningstempoet blir for høyt. En av de tydeligste egenskapene med FPM som forsvinner ved høyt undervisningstempo, er pararbeidet og deloppgavens positive effekt.

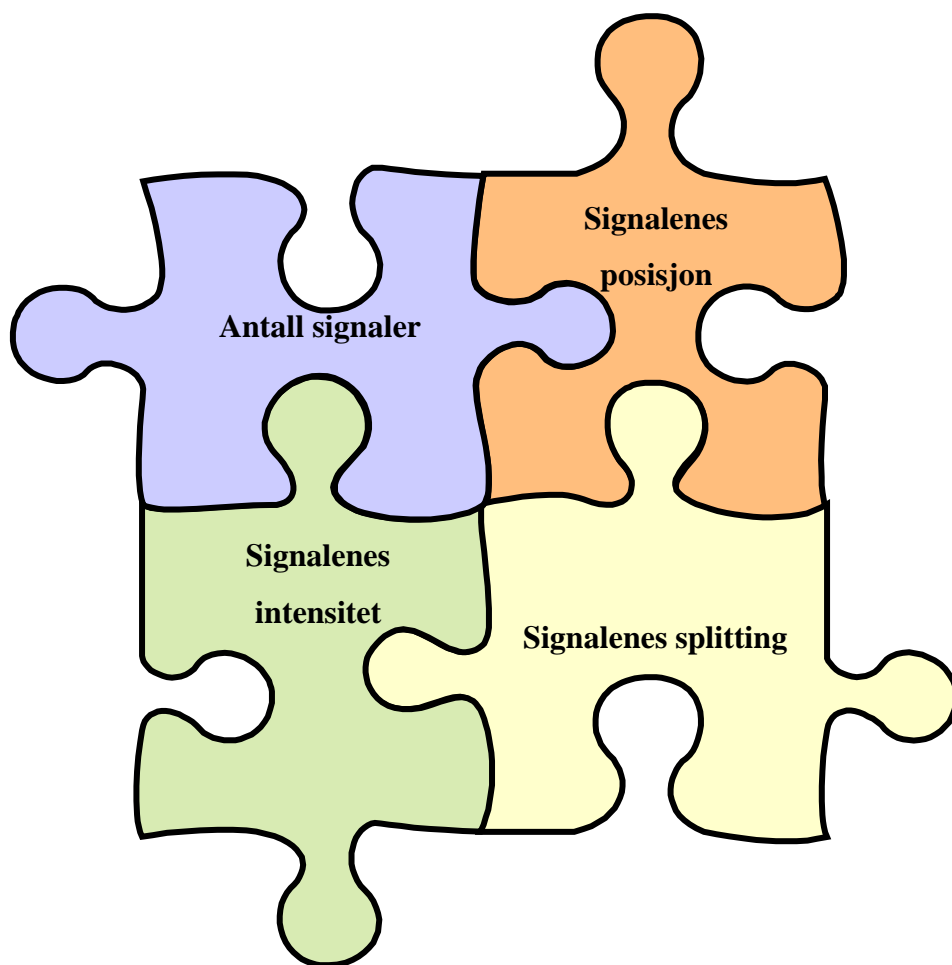
Rammefaktoren som påvirker undervisningen i størst grad er tilgjengelig undervisningstid. Erfaringen gjort i denne oppgaven er at når undervisningen ikke skjer i elevenes tempo går kvaliteten på undervisningen ned, noe som kan forebygges ved bedre planlegging av undervisningen. Undervisning med FPM forutsetter også at elevene er læringsbevisste og deltar i pararbeidet, og at lærer og elever tar felles ansvar for å skape en god læringsopplevelse.

6.2. Svar på problemstilling

6.2.1. Hvordan fungerer formativ problembasert undervisningsmetode til undervisning av $^1\text{H-NMR}$?

Tilbakemeldingen fra elevene og lærerne er at de hadde en positiv erfaring med FPM til undervisning av $^1\text{H-NMR}$. Klassene deltok aktivt og ble så engasjerte at de ikke en gang spurte etter friminutt i undervisningsopplegget. En av de sterkeste og beste indikasjonene på at FPM fungerer optimalt til å undervise om $^1\text{H-NMR}$ er at det ikke var stille i klasserommet når læreren forholdt seg passiv, og at elevene diskuterte $^1\text{H-NMR}$ teori og oppgaver.

Undervisningen var med andre ord lettfattelig, faglig utfordrende og godt strukturert, og dette ledet til godt læringsutbytte.



Figur 6-1: Egenskapene til $^1\text{H-NMR}$ settes sammen som et puslespill for å se det helhetlige bildet.

Den beste beskrivelsen av hvordan FPM fungerer til å undervise $^1\text{H-NMR}$ er at elevene lærer hvilke egenskaper de kan lese av spektrene, og i lys av de andre egenskapene kan elevene plassere de nye egenskapene i en kontekst. Puslespillanalogien er veldig beskrivende for hvordan elevene kan sette sammen kunnskapen på forskjellige måter og finne det samme kunnskapsbilde.

Etter å ha benyttet FPM til å undervise $^1\text{H-NMR}$ sitter jeg igjen med gode erfaringer, og vil fortsette å benytte FPM til undervisning av $^1\text{H-NMR}$. Metoden er velegnet til å undervise i emner hvor det er hensiktsmessig å dele opp undervisningen i mindre elementer, hvor en teoridel blir etterfulgt av oppgaver.

6.2.2. Hvilket utbytte hadde elevene av undervisningsopplegget?

Tilbakemeldingene på undervisningsopplegget er at elevene følte at undervisningsopplegget var godt tilpasset dem. Både faglig sterke og faglig svake elever synes nivået var riktig for dem, og elevene følte de hadde godt utbytte av undervisningen. Erfaringen viser at utbyttet

øker i takt med forbedring av undervisningsopplegget og lærerens erfaring med FPM. FPM resulterer i godt læringsutbytte hos elever med variasjon både i personlighet og kunnskapsnivå. FPM virker også som et godt verktøy for faglig svake elever som muligens tilegner seg kunnskap på en annen måte enn faglig sterke elever.

6.3. Veien videre

Undervisningen med FPM er gjennomført åtte ganger i forskjellige klasser rundt ett emne, og for å trekke en generell konklusjon om FPM som undervisningsmetode er dette et tynt datagrunnlag. Det er derfor nødvendig med ytterligere studier av undervisning med FPM i andre emner før det kan trekkes en generell konklusjon. I første omgang burde FPM forsøkes på andre emner hvor det kan være hensiktsmessig å dele undervisningen opp og undervise emnet del for del, slik at elevene lærer forskjellige egenskaper som kan kombineres til en løsning.

Pararbeid som et verktøy har til undervisning av $^1\text{H-NMR}$ vist seg å være et godt valg av formativ undervisningsstrategi, men det finnes flere gode formative undervisningsstrategier som kan inkorporeres i FPM og som burde utforskes.

Blant pedagoger er det allment kjent at variasjon i undervisningsmetode er nødvendig for å få en god læringseffekt fordi elevene mister interessen av ensformig arbeid. Det hadde derfor vært interessant å undersøke i hvilken grad det er nødvendig å kombinere FPM med andre undervisningsmetoder, med tanke på at FPM fokuserer på stor variasjon mellom teori og oppgaver.

Ved å la elevene anvende teorien på en praktisk måte etter en kort effektiv teoriintroduksjon deltar elevene aktivt i undervisningen. Den gode dialogen og diskusjonene som oppstod gjorde det til en morsom opplevelse å undervise $^1\text{H-NMR}$ med FPM. Bruken av FPM gir motiverte og lærevillige elever, og det er morsomt og utfordrende å benytte metoden.

FPM har gjennom dette studiet vist at metoden har et stort potensial for bruk i undervisningen av eldre elever. Metoden legger opp til stor grad av differensiering, involvering av både faglig sterke og faglig svake elever, skaper et godt læringsmiljø og har stor læringseffekt. Metoden bør derfor utforskes i større grad i den videregående skolen.

7. Referanser

- Black, P. J., Harrison, C., og Lee, C. (2003). *Assessment for Learning : Putting It into Practice*. Berkshire, , GBR: McGraw-Hill Education.
- Coll, R. K., og Taylor, N. (2002). Mental models in chemistry: Senior chemistry students' mental models of chemical bonding. *Chemical Education: Research and Practice in Europe, Vol. 3, No. 2. (2002), 175-184. Key: citeulike:6213116, 3(2), 175-184.*
- Fossåskaret, E. (1997). Ustrukturerte intervjuer med få informanter gir i seg selv ikke noen kvalitativ undersøkelse *Metodisk feltarbeid: Produksjon og tolkning av kvalitative data* (pp. 11-48). Oslo: Universitetsforlaget.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education, 28(9), 957-976. doi: 10.1080/09500690600702470*
- Grønmo, S. (1996). Forholdet mellom kvalitative og kvantitative tilnæringer i samfunnsforskningen, i Harriet Holter og Ragnvald Kalleberg (red.) *Kvalitative metoder i samfunnsforskningen*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Grønneberg, T. (2008). *Kjemien stemmer: kjemi 2 [i.e. 2] grunnbok*. [Oslo]: Cappelen.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Imsen, G. (2005). *Elevens verden: innføring i pedagogisk psykologi*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Isaksson, J., Brandsdal, B. O., Engqvist, M., Flaten, G. E., Svendsen, J. S. M., og Stensen, W. (2011). A Synthetic Antimicrobial Peptidomimetic (LTX 109): Stereochemical Impact on Membrane Disruption. *Journal of Medicinal Chemistry, 54(16), 5786-5795. doi: 10.1021/jm200450h*
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspektive and potential for progress. *Studies in Science Education(45:2), 169-204.*
- Kunnskapsforlaget. (2009). Liposom. *Store Norske Leksikon* Lastet ned 14.05.2012, fra <http://snl.no/liposom>
- Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Ad notam Gyldendal.
- Kvale, S., og Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (T. M. Anderssen og J. Rygge, Trans.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Legemiddelverket. Faser i utprøvning av legemidler Lastet ned 04.05.2012, fra http://www.legemiddelverket.no/templates/InterPage___29006.aspx

- Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., og Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1041-1062. doi: 10.1080/09500690600702512
- Pavia, D. L. (2009). *Introduction to spectroscopy*. Belmont, Calif.: Brooks/Cole.
- Pedersen, B. (2011). 50 år med NMR i Norge Lastet ned fra <http://norsk-kjemisk-selskap.blogspot.com/2010/09/50-ar-med-nmr-i-norge.html>
- Peterson, R. F., og Treagust, D. F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), 459. doi: 10.1021/ed066p459
- Pilot, A., og Bulte, A. M. W. (2006). The Use of "Contexts" as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112. doi: 10.1080/09500690600730737
- Puddephat, M. (2010). Principles of magnetic resonance imaging Lastet ned 07.03.2012, fra <http://www.mikepuddephat.com/Page/1603/Principles-of-magnetic-resonance-imaging>
- Richards, S. A., og Hollerton, J. C. (2011). *Essential practical NMR for organic chemistry*. Chichester: Wiley.
- Ryen, A. (2002). *Det kvalitative Intervju: Fra vitenskapsteori til feltarbeid*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Schwartz, A. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. *International Journal of Science Education*, 28(9), 977-998. doi: 10.1080/09500690600702488
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse: en kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Smith, J. G. (2008). *Organic chemistry*. Boston, Mass.: McGraw-Hill.
- Thomassen, K. (2008). *Undervisningsmetoder*. Tromsø: Univeristetet i Tromsø.
- UDIR. (2006a, 02.04.2012). Evaluering av Realfag, naturligvis! Lastet, fra http://www.udir.no/Upload/Rapporter/5/Evaluering_av_realfag_naturligvis_delrapport_3.pdf?epslanguage=no
- UDIR. (2006b). Læreplan i kjemi - programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram Lastet ned 02.04.2012, fra

<http://www.udir.no/Lareplaner/Grep/Modul/?gmid=0&gmi=19342&v=5&s=2&kmsid=19407>

UIT. (2010). *Søknad om RDA midler for: Skolelaboratorium i realfag og teknologi ved Universitetet i Tromsø - Forprosjekt.*

Valdermo, O., og Eilertsen, T. V. (2002). *En læringsbevisst skole.* Kristiansand: Høyskoleforl.

Yorke, M. (2003). Formative assessment in higher education: Moves towards theory and the enhancement of pedagogic practice. *Higher Education*, 45(4), 477-501. doi: 10.1023/a:1023967026413

Appendiks A: Spørreskjema til utvikling av undervisningsopplegg

Kjønn:

- Kvinne
- Mann

Før undervisning

Sett ett kryss på hver linje, hvor 1 er dårligst, 3 er nøytral og 5 er god.

- | | | | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Hvordan er dine forkunnskaper i kjemi? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Virker analysemetoder spennende? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | Vurderer du videre studier med kjemi? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | Hvor mye kan du om NMR? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | Hvor mye kan du om MS? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | Hvor mye forventer du å få ut av undervisningen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Etter undervisningen

- | | | | | | | |
|----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 7 | Hvordan var vanskelighetsgraden på undervisningen om NMR | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8 | Hvordan var vanskelighetsgraden på undervisningen om MS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9 | Svarte undervisningen til forventningene positivt eller negativt? 1 er negativt og 5 er positivt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | Hvor mye følte du at du fikk ut av undervisningen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11 | Hvor godt føler du at du kan løse et NMR spekter? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12 | Hvor godt føler du at du kan løse et MS spekter? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13 | Hvordan synes du tempoet på undervisningen var? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Hva syntes du var bra og hva syntes du var mindre bra i undervisningen?

Hva ville du ha endret på i undervisningen?

Hva ville du lært mer om?

Burde noe vært forklart bedre?

Appendiks B: Spørreskjema til evaluering av undervisningsopplegg

Kjønn

- Kvinne
- Mann

Før undervisning

Sett ett kryss på hver linje, hvor 1 er dårligst, 3 er nøytral og 5 er god.

- | | | | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Hvordan er dine forkunnskaper i kjemi? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Vurderer du videre studier med kjemi? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | Virker analysemetoder spennende? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | Hvor mye kan du om NMR? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | Tror du NMR er vanskelig? 1 er vanskelig, 5 er lett. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | Hvor mye forventer du å få ut av undervisningen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7 | Hva synes du om samarbeid i små grupper på 2-3 personer? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8 | Hvor viktig er det for deg å få tilbakemelding på hva du gjør? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Etter undervisningen

Sett ett kryss på hver linje, hvor 1 er dårligst, 3 er nøytral og 5 er god.

- | | | | | | | |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 9 | Hvordan var vanskelighetsgraden på undervisningen om NMR | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | Svarte undervisningen til forventningene positivt eller negativt? 1 er negativt og 5 er positivt. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11 | I hvilken grad synes du undervisningen var tilpasset ditt kunnskapsnivå? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12 | Hvor mye følte du at du fikk ut av undervisningen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 13 | Hvor godt føler du at du kan løse et NMR spekter nå? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14 | Kan du NMR så godt at du kan løse oppgaver gitt på tidligere eksamener? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15 | I hvilken grad føler du det trengs å jobbe med flere oppgaver? 1 er liten grad, 3 er nøytral og 5 er stor grad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16 | Synes du det ble gitt gode tilbakemeldinger? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17 | Synes du gale svar ble brukt på en god måte i undervisningen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18 | Hvordan synes du samarbeidet med partneren(e) dine gikk? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20 | Synes du NMR er spennende og utfordrende? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 21 | Kan du tenke deg å jobbe med NMR? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Appendiks C: Intervjuguide

INNLEDNING

- Presentasjon av min undersøkelse (gjentakelse ved behov)
- Forespørsel om diktafon
 - For å sikre mest mulig riktig gjengivelse av samtalen
 - Intervjuet vil skrives ut på bakgrunn av notater og diktafon. Kopi vil sendes til deg senest 2 uke etter intervjuet for gjennomlesning og redigering. Alle notater, transkripsjoner og intervju vil bli slettet når masteroppgaven er levert.
- I løpet av samtalen vil vi stille spørsmål rundt følgende temaer:
 - Innholdet i foredraget
 - Formen og metodene brukt i foredraget
- Intervjuets form
 - Intervjuet vil være samtalepreget og vare i ca. 30 minutter
- Anonymitet
 - Jeg garanterer full anonymitet ved bruk av intervjuene i masteroppgaven. Lærerne får ikke tilgang til intervjuet.

Tilbakemelding på innhold

- Lengde på undervisningen
- Vanskelighetsgrad

Tilbakemelding på metode

- Gruppeinndeling
- Elevene deltar aktivt
- Hvordan denne arbeidsmetoden var i forhold til andre arbeidsmetoder?
- Krevde denne undervisningen mer energi?

- Hva skal du studere til neste år?
- Deltok dere aktivt i undervisningen?
- Krevde denne undervisningsmetoden mer av dere?
- Ble dere mentalt sliten etter foredraget?
- Kan dere greie en hel dag med slik undervisning?
- Hvordan synes du vanskelighetsgraden på undervisningen var?
 - Vanskelig, passe, lett? Utdypning, hvorfor?
- Føler dere at dere har like stort behov for å gjøre oppgaver etter et slikt undervisningsopplegg?
- Hva synes dere om denne undervisningsstilen?
 - Oppgaver til teoridelene
 - Fokus på resonnement, og ikke svar
- Synes dere denne formen for undervisning er bedre en vanlig undervisning med lysbilder hvor læreren holder foredrag? Og hva er bedre/dårligere?
- Hvordan synes dere gruppeinndelingen og diskusjonen i undervisningen fungerte?
 - Var det greit å jobbe 2-3 sammen? Foretrekker dere noen andre inndelinger?
- Hvordan synes du tilbakemeldingene på svarene fra medelevene var i forholdt til læreren, og hvorfor?
- Har du et endret syn på instrumentelle analysemetoder før og etter foredraget?
- Tanken er at alle skal få dele sin refleksjon og tankebane med partner siden alle ikke kan få gi sitt svar til foreleseren.
- Føler dere at dere fikk svare på alle oppgavene som ble gitt i foredraget?
- Synes dere dette er en bra eller dårlig måte å stille spørsmål slik at elevene må diskutere i par før læreren ber om svar?
 - Hvorfor?

Oppsummering av intervjuet

